

Geologische ouderdomsbepaling van premolaren en molaren van *Anancus arvernensis* uit de Oosterschelde



Anancus arvernensis onderkaak met rechter m3 uit de Oosterschelde (Dick Mol)

Scriptie

Student: Sam van Vloten (3025017)

Datum: 24-6-2020

Begeleider school: Bram Knecht

Begeleiders Naturalis: Hansjorg Ahrens en Anne Schulp

Extern: Dick Mol

Voorwoord

In dit onderzoek wil ik bijdragen aan het beantwoorden van vragen over de morfologie van de molaren van de slurfdruager *Anancus arvernensis*. Dit verslag is bedoeld voor zij die zich bezighouden met de evolutie van *Anancus* of de slurfdragers in het algemeen. Verder hoop ik dat dit verslag Naturalis helpt in hun onderzoek naar de molaren van *Anancus* uit de Oosterschelde. Dit onderzoek helpt ook bij het plaatsen van het Oosterschelde *Anancus* materiaal in een bredere context.

Deze eindschrift is geschreven voor de opleiding Toegepaste Biologie, als onderdeel van het afstudeerjaar van de vierjarige opleiding van de Aeres hogeschool Almere. Het onderzoek komt voort uit een project met Naturalis Leiden. De scriptie is tot stand gekomen met hulp van Naturalis, de stagebegeleiders Hansjorg Ahrens en Anne Schulp en mammoetexpert Dick Mol. De uitvoering en het onderzoek hebben veelal vanuit huis plaatsgevonden vanwege de maatregelen rondom het coronavirus. Zo is het fysiek bestuderen van de morfologie van de kiezen bij Naturalis, grotendeels vervangen door een fotovergelijking van twee groepen kiezen uit Dorkovo en de Oosterschelde.

Ik wil Hansjorg Ahrens en Anne Schulp bedanken voor de hulp tijdens de stage bij Naturalis en de hulp die zij hierna geleverd hebben tijdens het schrijven van de scriptie. Verder wil ik Dick Mol bedanken voor het delen van zijn kennis over het onderwerp, ook tijdens de stage en hierna met de scriptie. Lambert van Es wil ik bedanken voor het opsturen van de foto's van zijn collectie. Tot slot wil ik mijn afstudeermentor Bram Knecht bedanken voor zijn hulp en feedback bij het schrijven van deze scriptie.

Sam van Vloten,

24-6-2020

Almere

Abstract

Anancus arvernensis, a European mastodont, is a proboscidean found in fossil sites all across Europe. Among the finds of *Anancus* are its molars. In this research, molars from the Oosterschelde and Dorkovo are compared with each other, both sites have different geological ages, ≈ 2 Ma and ≈ 4.5 Ma respectively. They can therefore tell something about the changes in *Anancus* during its evolution. Most of these molars are stored at the collection of Naturalis Leiden, in total 27 molars or premolars.

Currently it is uncertain what the relative age of the molars is, and if they really belong to the youngest form of *Anancus*. Here, I compare this “younger” ≈ 2 Ma material with older ≈ 4.5 Ma molars from Dorkovo, Bulgaria, with a focus on two characteristics: the degree of deposition of cementum between the different loph(id)s (rows of teeth) as well as the degree of anancoidy (alternate arrangement of the loph(id)s). By looking at these characters the relative phylogenetic age (not the exact age but the difference in geological age between the two samples) of the molars can be determined. This, in turn, can help understand the relative geologic age of the molars. I will also take a look at the individual age of the individuals by looking at the wear pattern of the molars. This provides insight in the median age at which the animals died. In addition to this, the climate and vegetation of the two sites was compared to the results of the molars, to determine the role of climate and vegetation changes on the evolution of *Anancus*. In total seven molars from Dorkovo and twelve molars from the Oosterschelde were assessed. Small morphological differences were visible between the two groups of molars, overall the Oosterschelde molars had more cement between the loph(id)s and had more anancoidy. The ≈ 4.5 Ma Dorkovo vegetation showed the rise of more cold adapted species but contained tropical species as well. The Oosterschelde contained mostly cold-adapted species. The final sub question is about the AEY (African elephant years) of the molars, here the age of the molars was accessed using the age determination based on African elephants and the wear of their molars. The median age of the group was between 20 – 35 years, one exception was a worn m3 that had an age of about 47. In conclusion there was a visible difference between the two groups of molars.

Samenvatting

Anancus arvernensis, een Europese mastodont, is een slurfdrager die gevonden wordt op fossielen vindplaatsen door heel Europa. Tussen de vondsten van *Anancus* zitten molaren. In dit onderzoek worden molaren uit de Oosterschelde en Dorkovo met elkaar vergeleken. Beide vindplaatsen hebben een andere geologische leeftijd, de Oosterschelde van ≈ 2 Ma en Dorkovo ≈ 4.5 Ma. Hierom kunnen deze locaties vertellen over de veranderingen in *Anancus* tijdens zijn evolutie. De meeste molaren liggen opgeslagen bij Naturalis Leiden, in totaal liggen daar 27 molaren of premolaren.

Momenteel is het onzeker wat de relatieve leeftijd van de molaren is en of ze behoren tot de jongste vorm van *Anancus*. In dit onderzoek vergelijk ik deze ≈ 2 Ma molaren met het oudere ≈ 4.5 Ma materiaal uit Dorkovo, Bulgarije. Hierbij ligt de focus op twee eigenschappen: de hoeveelheid afzetting van cement tussen de verschillende lophen (rijen tanden) en de hoeveelheid anancoidie (verschuiving van ordening van de lophen). Door naar deze eigenschappen te kijken kan de fylogenetische leeftijd bepaald worden (niet de exacte leeftijd maar het verschil in de geologische leeftijd tussen de twee locaties). Dit helpt bij het begrijpen van de relatieve geologische leeftijd van de molaren. Er wordt gekeken naar de individuele leeftijd van de molaren door te kijken naar het slijtpatroon van de kiezen. Dit laat zien wat de gemiddelde leeftijd van de dieren was tijdens hun overlijden. Er wordt gekeken naar het klimaat en de vegetatieve veranderingen van de twee locaties, dit wordt vergeleken met de resultaten van het onderzoek naar de molaren. Zo wordt gekeken naar de rol van klimaat en vegetatie in de evolutie van *Anancus*. Er zijn zeven molaren uit Dorkovo en twaalf molaren uit de Oosterschelde onderzocht. Kleine morfologische verschillen waren zichtbaar tussen de twee groepen kiezen. In het algemeen hadden de Oosterschelde molaren meer cement tussen de lophen en hadden deze ook meer anancoidie. De ≈ 4.5 Ma Dorkovo vegetatie liet de opkomst zien van soorten die beter tegen kou kunnen en had tropische soorten. De Oosterschelde bevatte soorten aangepast aan een kouder klimaat. De laatste deelvraag gaat over de AEY (African elephant years) van de molaren, hierbij werd de leeftijd van de molaren gedetermineerd aan de hand van Afrikaanse olifanten en de slijtage van hun molaren. De gemiddelde leeftijd van de groep was tussen de 20 – 35 jaar, een uitzondering hierop was een gebruikte m3 van 47 jaar. Geconcludeerd kon worden dat er een zichtbaar verschil was tussen de twee groepen molaren.

Inhoud

1. Inleiding	1
2. Gebit van <i>Anancus</i>	5
3. Materiaal en methode	8
3.1 Definities	8
3.2 Materiaal	11
3.3 Methode deelvraag 1	13
3.4 Methode deelvraag 2	14
3.5 Methode deelvraag 3	15
4. Resultaten	17
4.1 Deelvraag 1	17
4.2 Deelvraag 2 vegetatiesamenstelling	21
Dorkovo, Bulgarije $\approx$ 4.5 miljoen jaar geleden	21
Oosterschelde, Nederland $\approx$ 2 miljoen jaar geleden	22
4.3 Deelvraag 3 AEY (African Elephant Years)	24
5. Discussie	26
5.1 Verschillen tussen de twee groepen kiezen (subvraag een)	26
5.2 Veranderingen in klimaat en flora (subvraag twee)	28
5.3 leeftijd aan de hand van AEY (subvraag drie)	29
6. Conclusie en aanbevelingen	30
Bibliografie	31
Bijlagen	34
Bijlage 1 standaard formulier	34

1. Inleiding

Anancus arvernensis is een slurfdragers bekend van vindplaatsen verspreid over Europa. Bij deze vondsten worden onder andere, molaren aangetroffen. Deze molaren kunnen veel vertellen over de levensstijl van het dier. Dit onderzoek zal interessant zijn voor paleontologen die zich bezig houden met onderzoek naar de slurfdragers. Verder kan het ook gebruikt worden door paleontologen die onderzoek doen naar de periodes tussen het Mioceen en Holoceen in, of voor onderzoekers die zich bezig houden met de vondsten uit de Kor en Bot tochten. Het onderzoek zal een aspect uit de evolutie van *Anancus* proberen te beantwoorden, namelijk de verandering in de kiezen van het dier en wat hiertoe heeft geleid. Er is specifiek gekeken naar twee verschillende groepen van *Anancus* molaren. Dit onderzoek zou kunnen dienen als basis voor grotere onderzoeken naar de molaren van *Anancus* waarbij nog meer vindplaatsen worden betrokken. De veranderingen in de molaren van *Anancus* kunnen wat vertellen over de veranderingen in molaren van andere slurfdragers tijdens deze of andere periodes uit de geschiedenis.

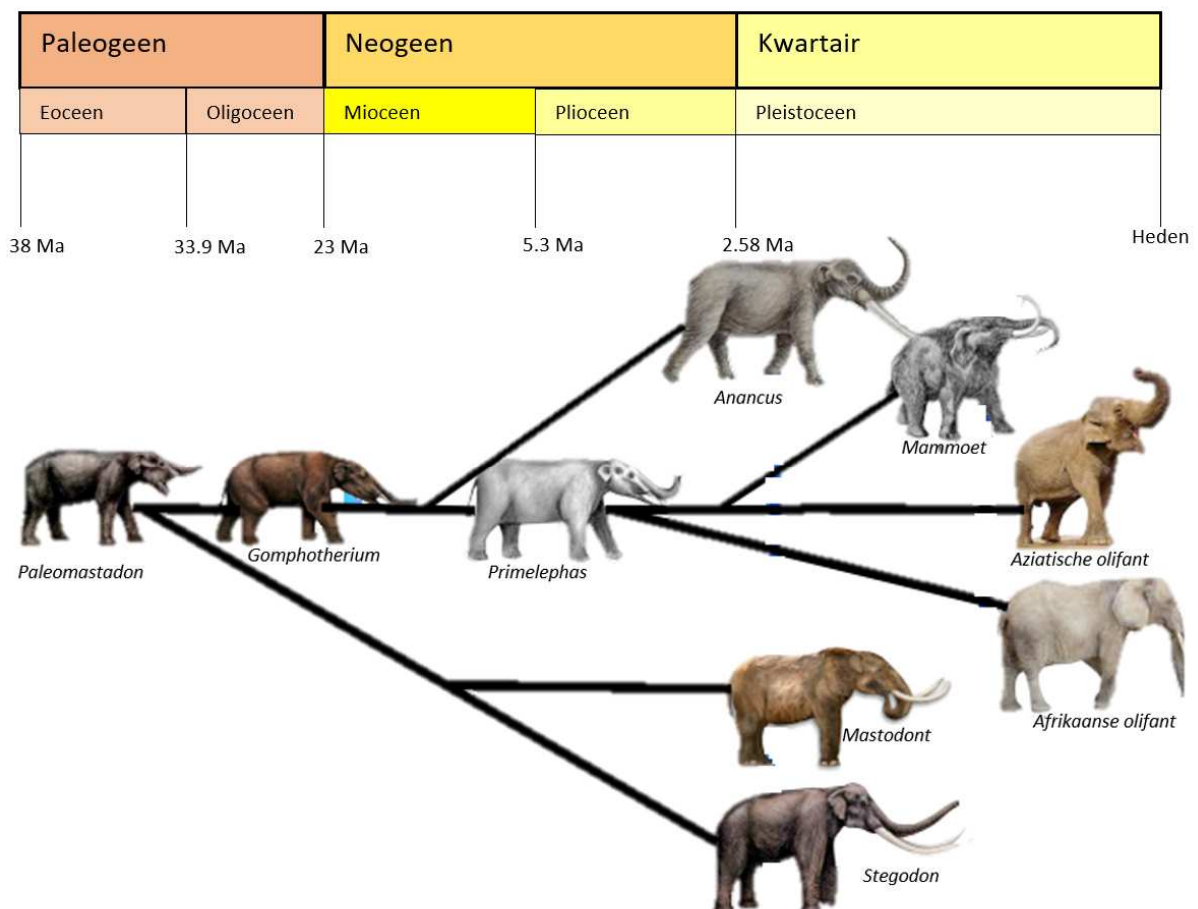
De Oosterschelde is een van de plaatsen in Europa waar *Anancus* gevonden wordt. Hier wordt tijdens een jaarlijkse vistocht op fossielen, de Kor en Bot tocht, ook regelmatig een molaar van *Anancus* gevonden (Heuff, 2010). Na 70 jaar Kor en Bot zijn er inmiddels al meer dan 2100 fossielen opgevist (Scager et al., 2017). Er zijn veel Pleistocene fossielen gevonden die behoren tot een aantal groepen dieren. Daaronder zijn een aantal herten, knaagdieren, paarden, hyena's, enzovoort en drie soorten slurfdragers bij. Dit zijn *Anancus arvernensis*, *Mammuthus meridionalis* en *Mammuthus primigenius* (Scager & et al., 2017). De hypothese uit de literatuur is dan ook dat dit een van de laatst bekende plekken is waar *Anancus* gevonden wordt, omdat deze ook ongeveer tot het vroege Pleistoceen geleefd heeft en in jongere bodemlagen niet meer wordt gevonden. De fauna uit de Oosterschelde is ook vergeleken met die uit Chilhac, Frankrijk, deze kwamen overeen en verschilde beiden met de latere fauna uit Tegelen (Mol, et al. 1999).

Een andere locatie waar veel vondsten van *Anancus* worden gedaan is in Dorkovo, Bulgarije. Hier worden vondsten uit het Pliocene gedaan. Het is ook één van de rijkste vindplaatsen van *Anancus* en een van de vroegste (geologisch gezien) uit Europa (Georgi, 2004). Naast *Anancus* zijn hier ook vondsten gedaan van primaten, beren, hyena's, herten en *Mammuthus borsoni*. Over Dorkovo wordt dan gezegd dat het in die tijd voor een groot gedeelte bestond uit bossen, afgaand op eerder genoemde fauna (Delson, et al. 2005).

Dit onderzoek is deel van een groter onderzoek uitgevoerd door Naturalis Leiden. Tijdens dit onderzoek werden alle bekende kiezen van *Anancus arvernensis* bekeken en gemeten. De metingen hebben geholpen om de collectie van Naturalis te inventariseren en om te bepalen wat de positie van de verschillende kiezen in de kaak was. Vanuit dit onderzoek is ook nog een proteoomonderzoek en een microwear-analyse uitgevoerd op de kiezen, aan de hand van deze microwear-analyse wordt een ecosysteemreconstructie gemaakt. Alle gegevens uit deze onderzoeken zouden worden gedigitaliseerd voor de database van Naturalis. Van de kiezen zijn foto's en 3D scans gemaakt voor later onderzoek en ter herkenning van de kies. De twee vervolgonderzoeken kunnen op hun beurt ook weer wat zeggen over de omgeving waar de dieren hebben geleefd. Zo vertelt dit onderzoek niet alleen over de veranderingen in *Anancus* maar ook die in het klimaat en de vegetatiesamenstelling.

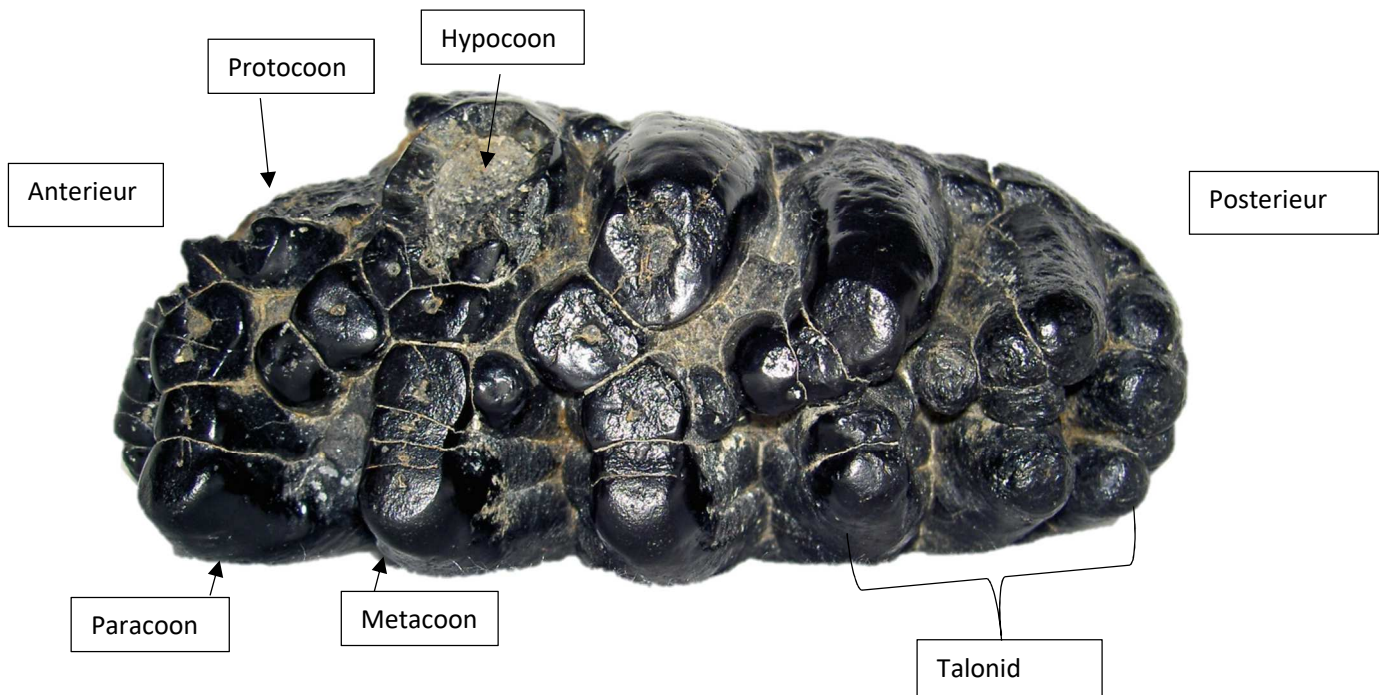
Tijdens het Plioceen en Vroeg-Pleistoceen veranderde de vegetatiesamenstelling. De vegetatiesamenstelling uit het begin van de evolutie van *Anancus* (onder-Plioceen) bestond uit loofbossen en andere zachtere plantdelen. Er waren nog geen uitgestrekte steppes (Jansen & Gregor, 1999). De *Anancus* molaren uit de Oosterschelde komen uit de laatste periode van het bestaan van *Anancus*, zo'n ≈ 2 miljoen jaar geleden (1999; Braber, Mol, & de Vos, 1999). Tegen die tijd was de vegetatiesamenstelling sterk veranderd in Nederland, ten opzichte van de loofbossen waarin de vroege *Anancus* leefde: de loofbossen waren vervangen door een open steppevegetatie (Jansen & Gregor, 1999).

Anancus arvernensis dankt zijn naam aan de Auvergne waar het holotype ook gevonden is (Wildschut, 2010). *Anancus* betekent: "zonder kromming", dit verwijst naar de bijna rechte slagstanden die het dier had. Deze mastodont heeft geleefd van het onder Plioceen (Zanclien, 5.3 Ma) tot het begin Pleistoceen (≈ 5.3 Ma - ≈ 2 Ma) en kwam voor in Eurazië (Croizet & Jobert, 1828). Hij behoort tot de familie van de Gomphotheriidae in de orde van de Proboscidea (figuur 1).



Figuur 1 Geologische tijdschaal met de familieboom van de Proboscidea (werkgroepgeologie.nl) (Chounard)

Anancus arvernensis had een bunodont gebit (knobbels zoals de mens), links in figuur 2 is de voorzijde (anterior), rechts is de achterzijde (posterior). De voorzijde bestaat uit de 4 hoofdknobbels net zoals bij de basisbouw van een primitieve zoogdierkies (paracoon, protocoon, metacoon en hypocoon voor een bovenkies (bij deze kies ontbreekt de protocoon). In een onderkies heten deze protoconid, metaconid, hypoconid en entoconid. De rijen (lamellen) die volgen behoren tot het talonid (achterdeel) en zijn eigenlijk een verlenging/uitbreiding van de kies en dus het kauwvlak (figuur 2).



Figuur 2 Bovenkaaks M3 van *Anancus arvernensis* waarbij de verschillende rijen en knobbels goed zichtbaar zijn (Foto: collectie naturalis)

De tandformule van *Anancus* is (boven) 1.0.3D.3 en (onder) 0.0.3D.3, snijtand (slagtand), hoektand, premolaar en molaar (Peters, et al. 1991). Deze tandformule duidt op een sterk gereduceerd gebit ten opzichte van het oorspronkelijke zoogdier gebit (Peters, et al. 1991). Het gebit van *Anancus arvernensis* wijst op een dieet van bladeren, twijgen en ander zacht plantmateriaal (Braber, et al. 1999), in tegenstelling tot bijvoorbeeld de kiezen van mammoeten zoals *M. primigenius* die veel grassen aten en hierom steeds meer lamellen ontwikkelden in de kiezen. *Anancus* leefde oorspronkelijk waarschijnlijk in vochtige bossen. Dit is te zien aan de morfologie van het gebit, in combinatie met de brede bouw van hand en voet (Braber, et al. 1999).

In dit onderzoek vergelijk ik de jongste molaren van *Anancus* uit de Oosterschelde met oudere molaren van *Anancus* uit Dorkovo. De molaren uit Dorkovo worden gedateerd op ≈ 4.5 miljoen jaar oud en behoren dan ook tot een oudere vorm van *Anancus*. Deze molaren zijn gevonden bij het Rhodope berggebied in de buurt van het dorp Dorkovo (zuid-west Bulgarije) en bevinden zich in de collectie van Lambert van Es (Mol, 2020). Om te zien of er veranderingen zichtbaar zijn tussen de kiezen, heb ik bij beide collecties gekeken naar het patroon van ordening van de knobbels en de hoeveelheid/aanwezigheid van cement tussen de rijen van de kies.

De hoofdvraag in dit onderzoek is:

“Vertonen vroege en late vormen van *Anancus* zichtbare verschillen in de morfologische opbouw van de kiezen?”

Deze hoofdvraag zal beantwoord worden met behulp van de volgende deelvragen.

1 Wat zijn de morfologische verschillen tussen de 1.8 tot 2 miljoen jaar oude (Oosterschelde) en ≈ 4.5 miljoen jaar oude (Dorkovo) molaren (figuur 3)? Mijn hypothesen zijn dat er enerzijds een duidelijk verschil zal zijn waar te nemen in de mate waarin de conulen verschuiven (anancoidie), en anderzijds dat een toename van cementdepositie tussen de loph(id)s wel zichtbaar zal zijn bij de kiezen uit de Oosterschelde, Nederland maar niet bij de kiezen uit Dorkovo, Bulgarije. Dit wordt ook verwacht omdat soortgelijke veranderingen te zien zijn in andere slurfdragers zoals *M. primigenius*, een vermeerdering van de rijen en toename van cement (Shoshani & Teskel, 1996).

2 Past de verandering van de kiezen van *Anancus* bij de veranderende vegetatie? Verwacht wordt dat er een verschuiving is te zien in zowel de veranderende vegetatie aan de ene kant en aan de andere kant een verandering in de kiezen van *Anancus*. Aan de hand van literatuuronderzoek kijk ik naar de vegetatiesamenstelling in Bulgarije en omstreken van ≈ 4.5 miljoen jaar oud en die van Nederland en omstreken van ≈ 2 miljoen jaar oud.

3 Wat is de leeftijd geweest van de dieren op het moment van overlijden, gebaseerd op het slijtpatroon van de molaren en premolaren? Een leeftijdsbepaling kan worden gemaakt aan de hand van een methode voor leeftijdsbepaling bij hedendaagse Afrikaanse olifanten op basis van kiesverbruik, slijtage en het aantal zichtbare lamellen (Laws, 1966). Mogelijk kan gezien worden dat de molaren uit de Oosterschelde of Dorkovo van oplopende leeftijden zijn of kan gezien worden wat de gemiddelde leeftijd van de dieren was.

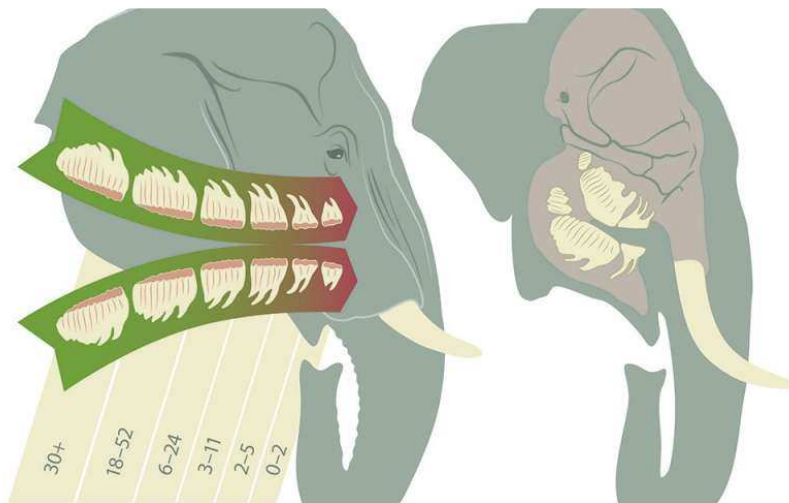


Figuur 3 Locatie van de Oosterschelde en Dorkovo (wikipedia)

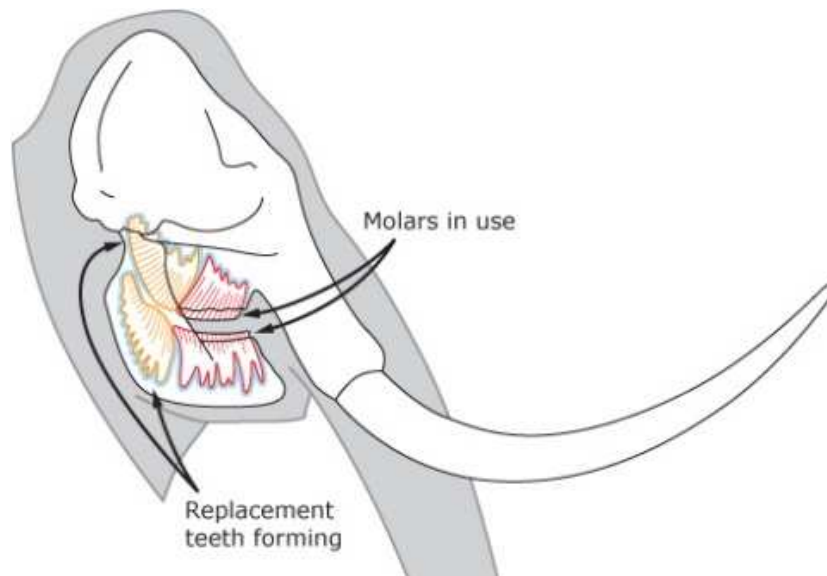
2. Gebit van *Anancus*

Om de onderzoeksvraag goed te kunnen begrijpen is het noodzakelijk eerst meer context te geven over het gebit van *Anancus* en de vegetatie waarin de soort leefde.

Het gebit van *Anancus* werd net zoals dat van hedendaagse olifanten door het leven heen vernieuwd. Een pasgeboren dier begint met een DP/dp2 en DP/dp3 (premolaren), de DP/dp1 komt nooit tot uitdrukking (Shoshani & Teskel, 1996). Hierna zal het dier naarmate hij ouder wordt en de kiezen beginnen te slijten een nieuwe kies aanmaken achter in de kaak. Dit wordt gedaan door het glazuurorgaan (enamel organ), dit orgaan levert de olifant gedurende zijn leven nieuwe kiezen. Na de DP/dp2 en gedeeltelijk de DP/dp3 komt de DP/dp4 deze duwt de voorgaande kies uit de kaak (Shoshani & Teskel, 1996). Veel van de wortel wordt hergebruikt voor nieuwe kiezen. Dit wordt dan geresorbeerd en weer opgenomen in de bloedbaan waardoor het kan worden hergebruikt. De molaar zelf kan worden ingeslikt maar kan ook worden uitgespuugd. Na de DP/dp4 komt de M/m1 de eerste echte molaar, deze wordt opgevolgd door de M/m2 en als laatste de M/m3. Als de M/m3 is versleten is de olifant al erg oud, oudere olifanten sterven meestal dan ook aan ondervoeding (figuur 4) (Shoshani & Teskel, 1996). De kiezen worden van achter naar voor vervangen, dus niet zoals andere zoogdieren van onder naar boven. Versleten kiezen worden langzaam vervangen door de nieuwe achterliggende kiezen die tevoorschijn komen achter in de kaak vanuit het glazuurorgaan. (figuur 5) (Shoshani & Teskel, 1996).



Figuur 4 Opeenvolging van de premolaren en molaren (phys.org)



Figuur 5 (National Science Museum)

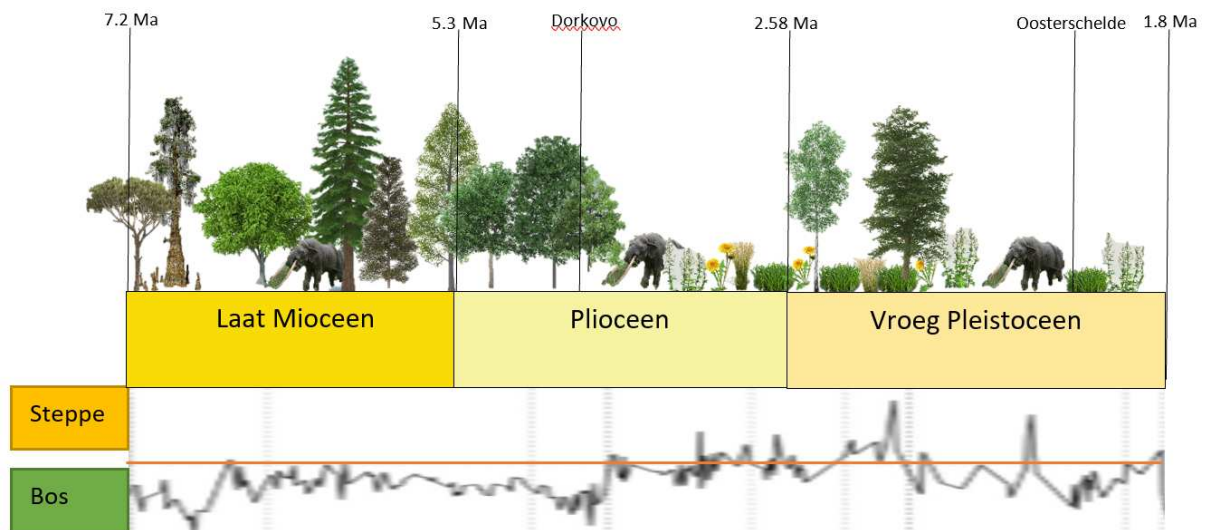
De kiezen kunnen ook wat vertellen over de leeftijd van het dier, zowel van het individu zelf als van de geologische leeftijd. Grassen bevatten fytolieten of kiezelzuur (SiO_2 , siliciumdioxide) waardoor het gebit van grazers snel slijt, dit is als afweermecanisme tegen begrazing. De bunodonte kiezen van het dier kregen in de evolutie steeds meer lamellen en cement tussen de lamellen. Dit om net zoals bijvoorbeeld de mammoet beter grassen te kunnen eten, cement en extra kroonhoogte zorgen voor een langere slijtage tijd en de lamellen vergroten het kauwvlak (Braber, et al. 1999). Het gebit dat was aangepast aan zachte vegetatie zou niet lang meegaan en snel slijten wanneer het dier gras zou eten.

De omgeving veranderde van bos naar open steppe gedurende de evolutie van *Anancus*. De bossen van toen zijn te vergelijken met de huidige Europese flora. Bekende soorten zoals eik (*Quercus*), beuk (*Fagus*) en haagbeuk (*Carpinus*) worden gevonden. Ook loofboomsoorten die nu gevonden worden in Azië en Noord-Amerika kwamen hier voor tijdens het Pliocene. Tijdens het Pliocene was Europa dan ook een bebost en redelijk warm gebied (Birks & Tinner, 2016). Onderzoek naar het percentage bos tegenover percentage steppe en bijbehorende flora laten zien dat er geen constant klimaat was. De bossen werden eerst vervangen door steeds meer kruidachtige, hierna ging het richting een steppegebied. Dit werd kort weer een warm vochtig bos, waarna het weer langzaam richting meer kruidachtige vegetatie gaat en uiteindelijk weer steppe. Er waren dus veel schommelingen in klimaat tussen het Pliocene en Pleistoocene, met een trend naar een kouder en drogere omgeving (figuur 6) (Popescu & et al, 2010).

In Noord-Brabant bij Liessel is een premolaar van *Anancus* gevonden. Er wordt vanuit gegaan dat deze *Anancus* heeft geleefd in een moerasbos, pollenonderzoek van deze vindplaats wijst ook op een vochtige bosomgeving. Deze vindplaats wordt gedateerd op laat Tiglien 2.4 – 1.8 Ma geleden. De kies zelf wordt door de auteurs vroeger gedateerd, sinds het Tiglien ook tegen het einde van het voorkomen van *Anancus* is (Peters, et al. 1991). Tegen het einde van de evolutie van *Anancus* zag de omgeving er heel anders uit. Uit het Pleistoocene worden fossiele resten gevonden van rendieren samen met andere zoogdierfossielen (Jansen & Gregor, 1999). Rendieren worden beschouwd als indicatoren van toendra-omstandigheden, de aanwezigheid van dit fossiel duidt dan ook op een opener landschap (Roman, 2018). In de rest van Europa was ook een duidelijk trend richting een meer open landschap zichtbaar, tegen het Pleistoocene werd Europa kouder en droger. Veel van de voorgenoemde boomsoorten verdwenen, enkele overleefden op plaatselijke nattere gebieden.

Geslachten als den (*Pinus*) en lariks (*Larix*) maar ook berk (*Betula*) en wilg (*Salix*) zijn lokaal in kleine aantallen nog aangetroffen. Laag blijvende flora als heide (*Ericaceae*) en alsem (*Artemisia*) kwamen voor in de pollenzones (Westerhoff, 2009).

Het kouder en droger wordende klimaat veranderde de vochtige, warme loofbossen in een meer open, drogere steppe (Birks & Tinner, 2016). Onderstaand figuur 6 laat zien hoe de omgeving van *Anancus* veranderde door de tijd heen. De oranje lijn geeft aan wat de scheiding is tussen bos en steppe.



Figuur 6 Verandering van bosstructuur naar open landschap, de oranje lijn geeft de scheiding aan tussen bos en steppe landschap (Birks & Tinner, 2016) (Popescu & et al, 2010) (turbosquid.com) (Bakker).

3. Materiaal en methode

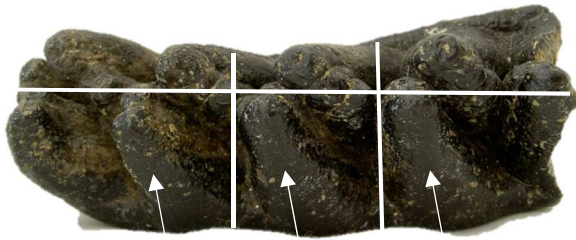
Dit onderzoek is uitgevoerd bij Naturalis Biodiversity Center, waarbij gebruik is gemaakt van de collectie molaren die daar aanwezig zijn. De molaren uit Bulgarije zijn van een privéverzamelaar uit Groningen. Vanwege de coronavirus-maatregelen is een groter deel van dit onderzoek als literatuur/thuiswerk uitgevoerd dan eerst gepland was. Daardoor is ook gewerkt aan de hand van foto's van de kiezen. Dit betekent dan ook dat het niet mogelijk was om de afstanden of hoeveelheden cement op te meten en in te vullen in het standaardformulier dat hier voor bedoeld was.

Ik begin eerst met een uitleg over de verschillende belangrijke definities. Hierna behandel ik elke deelvraag apart.

3.1 Definities

In dit onderzoek wordt gewerkt met termen die belangrijk zijn om te kennen en te begrijpen waarnaar is gekeken. Er wordt in de literatuur gesproken over anacoïdie, dit houdt in dat de verschillende knobbels op de kies van een dier niet in mooie rechte lijnen staan. De kegels staan dan alternerend geordend, een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 7. Wat ook voorkomt is dat de hoofdknobbels wel enigszins in een rij staan maar dat de conules en coneletten 'verdrukt' worden door de hoofdknobbels en zo tussen de rijen in komen te staan (figuur 8). Dit is wat wordt bedoeld met anacoïdie, wanneer dit dus niet (minder) voorkomt wordt gesproken van een primitieve vorm van *Anancus* (Mol, 2020). Andere begrippen die belangrijk zijn om te kennen zijn cement, glazuur en dentine. Cement is het materiaal dat tussen de verschillende rijen van de knobbels zit en helpt bij de slijtage duur van de kiezen, verder zorgt dit voor een gelijkmatiger kauwvlak. Dit is duidelijk te zien bij een hedendaagse olifant (figuur 9) bij de gefossiliseerde kiezen is het wat lastiger te zien. Op figuur 10 is te zien hoe het cement eruitziet bij een molaar van *Anancus*, de extra laag die te zien is aan de buitenkant van de knobbel en tussen de knobbels in. Glazuur en dentine zijn beide onderdelen/lagen van de opbouw van een tand. Het glazuur zit aan de buitenkant van de tand en vormt een harde beschermende laag. Onder deze harde laag glazuur zit het dentine dat ook het grootste gedeelte van de tandwortel vormt (figuur 11).

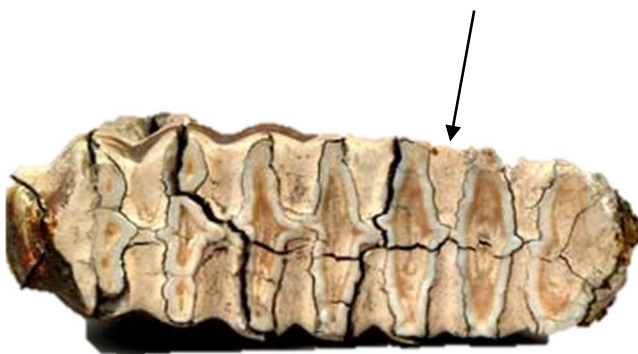
Zowel glazuur als dentine bestaan voor een groot gedeelte uit mineralen. Dentine bestaat verder ook voor een gedeelte uit organisch materiaal waaronder collageen (Kleter, 2003). Daarom is dentine minder hard dan glazuur, glazuur is meteen ook het hardste dat geproduceerd wordt door vertebraten. Dentine bestaat uit; 45% hydroxyapatiet, 33% organisch materiaal (collageen) en voor 22% uit water. Glazuur bestaat voor wel 90% uit hydroxyapatiet en voor maar 10% uit water en organisch materiaal (Berkovitz, et al. 2017).



Figuur 7 Duidelijk zichtbare afwisseling of anacoëdie van de rijen (aangegeven met de pijlen voor de verschuiving en rechte lijnen om de middenlijn en de niet verschoven positie te laten zien) (naturalis)



Figuur 8 Minder zichtbare afwisseling of anacoëdie van de rijen. Wel is te zien dat de middelste knobbels uit de rij worden gedrukt (pijl). (Naturalis)



Figuur 9 Cement bij de kies van een Afrikaanse olifant, aangegeven met de pijl (darwincountry.org)



Figuur 10 Cement tussen de knobbels van een *Anancus*-molaar, aangegeven met de pijl (Naturalis)



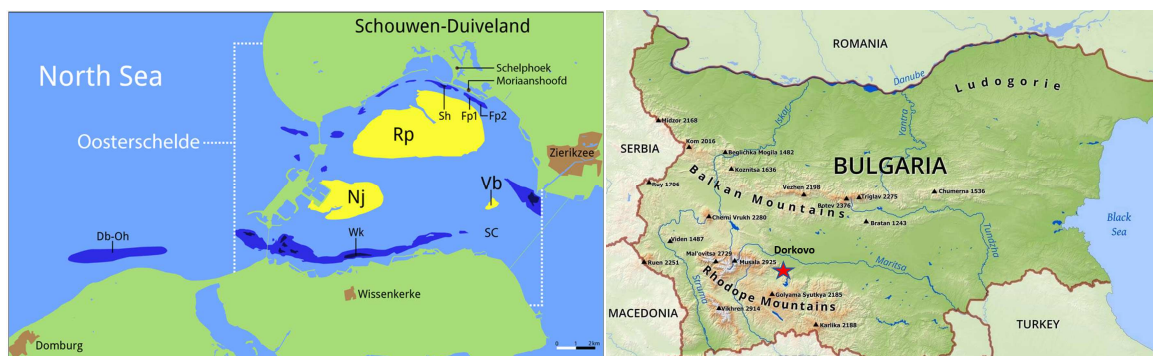
Figuur 11 Doorsnede menselijke tand, met het glazuur aan de buitenkant en hieronder dentine (tandartspraktijkbertens-ruffino.nl)

3.2 Materiaal

In 1950 ging de Zeeuwse visser Benjamin Willem Schot vissen met zijn kotter de ZZ8 op mossellarven, ook wel bekend als zwart goud, vanwege de waarde. Toen hij zijn netten ophaalde kwamen er verschillende zwarte botten naar boven, waarvan hij er een toen aanzag voor een speerpunt. (Heuff, 2010). Deze “speerpunt” liet de visser zien aan zijn vriend Piet van Beveren, een conservator aan het Stedelijk museum van Vlissingen en aan schoolmeester J.M. De Nooier. Beiden waren correspondent voor de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek. Hieruit bleek dat de speerpunt geen speerpunt was, maar de fossiele tand van een *Megalodon* haai. Met deze ontdekking werd de interesse van een aantal paleontologen gewekt, al helemaal toen de ZZ8 later dat jaar in de Oosterschelde ook botten ving. De botten werden van daaruit naar het Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie in Leiden gebracht, vandaag de dag beter bekend als Naturalis Biodiversity Center Leiden (Heuff, 2010).

De tochten waren zo’n succes dat vanaf dat jaar 1951, (bijna) elk jaar een Kor en Bot tocht op de Oosterschelde wordt gehouden.

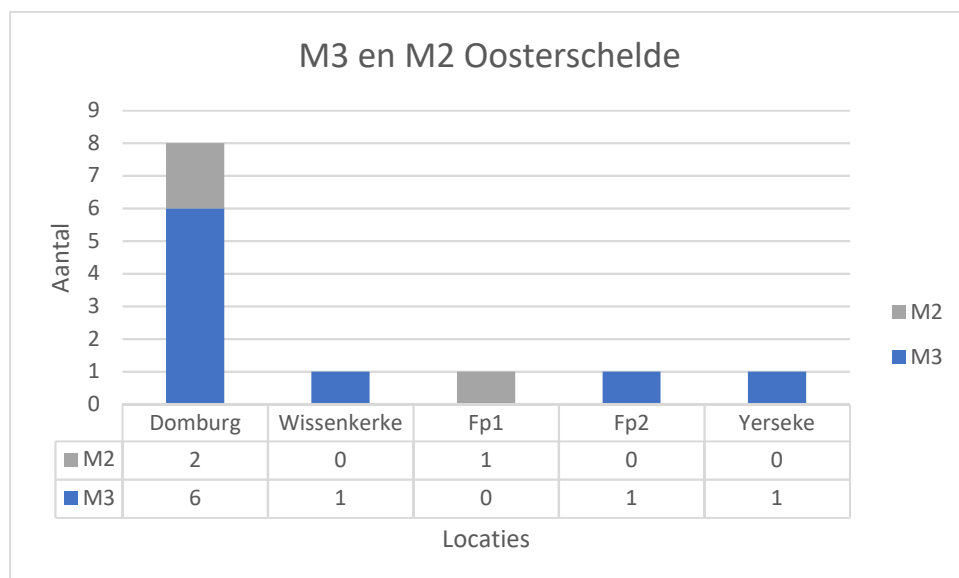
Zoals eerder is genoemd komen de foto’s van de kiezen die zijn gebruikt in dit onderzoek vanuit Naturalis en een privé collectie uit Groningen van Lambert van Es. Onderstaand een figuur met een aantal van de vind locaties uit de Oosterschelde. Hierbij zijn de gele en blauwe plekken in de afbeelding van de Oosterschelde, de locaties waar vondsten gedaan worden (figuur 12).



Figuur 12 Vindplaats van een aantal van de *Anancus* molaren uit de Oosterschelde (Heuff, 2010) en Dorkovo (rode ster), Bulgarije (freeworldmaps).

De oudere kiezen uit Groningen komen uit Dorkovo, Bulgarije. Dit is een locatie die bekend staat om de nabij gelegen paleontologische vindplaats. De locatie van Dorkovo is te zien in figuur 12. Hier zijn onder andere fossielen van *Anancus* gevonden. Deze fossielen worden gerekend tot de oudst bekende vindplaats van de soort in Europa en ook een van de talrijkste (Georgi, 2004). Dit zijn mooie molaren om te vergelijken met de veel jongere molaren uit de Noordzee en de Oosterschelde. In totaal is er gekeken naar 7 molaren uit Dorkovo, hierbij ging het om 3 m2 molaren, 2 uit de bovenkaak en 1 uit de onderkaak. De andere 4 molaren waren m3 molaren, hierbij ging het om 1 uit de onderkaak en 3 uit de bovenkaak. Uit de Naturalis collectie zijn molaren geselecteerd die hiermee vergeleken konden worden, dus m2 en m3 molaren. In totaal is hierbij gekeken naar 12 molaren, hierbij waren 3 m2 molaren en 9 m3 molaren. Alle m2 molaren kwamen uit de onderkaak, deze molaren waren ook niet in dezelfde conditie als die uit Dorkovo. De m2 molaren bestonden uit fragmenten en waren dan ook beschreven als m2 of m1 of als m2 of m3. De m3 molaren bestonden uit 3 bovenkaak kiezen en 6 onderkaak kiezen. Van de kiezen uit Dorkovo is alleen bekend dat ze uit Dorkovo zelf komen, maar geen verschillende locaties zoals de Oosterschelde. De vindplaatsen van de Oosterschelde zijn te zien in tabel 1.

Tabel 1 Locaties en aantallen M2 en M3 molaren



In de grafieken is te zien dat de meeste molaren gevonden zijn voor de kust van Domburg (Db-Oh). Er zijn ook nog molaren gevonden bij de Flauwer polder, put 1 (Fp-1) en 2 (Fp-2) en bij de kust van Wissenkerke (Wk). Bij Yerseke is ook een molaar gevonden, dit ligt verder landinwaarts bij de Oosterschelde en is daarom ook niet te zien in figuur 12.

3.3 Methode deelvraag 1

Cement tussen de verschillende rijen zorgt voor meer materiaal op de molaar waardoor deze er ook langer over doet om te verslijten en zorgt voor een uniformer kauwvlak. In de primitieve vorm van *Anancus* zou er geen tot minder cement aanwezig moeten zijn, omdat het dier oorspronkelijk aangepast was aan zachte vegetatie (vruchten, bladeren en jonge twijgen). In figuur 10 is cement te zien bij een kies van *Anancus* uit de Oosterschelde, in figuur 9 is een foto te zien van de Afrikaanse olifant met duidelijk zichtbaar cement. Een mooi voorbeeld zijn de molaren van *Mammuth borsoni*, deze soort at ook zachte vegetatie en mist duidelijk cement tussen de rijen (figuur 13). De M/m3 oftewel de laatste molaar van *Anancus* is het grootst en moet ook het langste meegaan. Er wordt extra aandacht naar de m3 molaren worden gekeken, hier zijn de kenmerken het beste zichtbaar. De anancoïdie is hier het beste zichtbaar door de manier waarop de kiezen verwisselen. De m3 komt als laatste in de kaak tevoorschijn en heeft dus meer ruimte om te groeien, hierdoor zou de verschuiving van de knobbels ook meer naar voren komen in de M/m3 (Mol, 2020). Bij de knobbels van *Anancus* is gekeken naar de verschuiving van de rijen en de tussenliggende knobbels. Bij een primitievere vorm zou dit in rechte rijen moeten staan, te vergelijken met de kiezen van *Mammuth borsoni* (figuur 14) (Mol, et al. 1999). Bij een latere vorm van *Anancus* zou dit verschoven moeten zijn, zoals te zien bij de kiezen uit de Oosterschelde en Noordzee (Mol, et al. 1999). Om de onderzoeksvragen te beantwoorden werd er gekeken naar de verschillen in de hoeveelheden cement tussen de 2 groepen kiezen. Meer cement, wat werd verwacht bij de kiezen uit Nederland duidt op een dieet van harder materiaal (meer grassen). Dit is gedaan op basis van verschillende foto's van zowel de kiezen uit Naturalis en de kiezen uit Groningen. Van het materiaal uit Naturalis is een aantal exemplaren wel met het oog bekeken, deze kiezen zijn ook al opgemeten vanuit het grotere onderzoek dat gedaan werd voor Naturalis. Tijdens deze metingen werd gebruik gemaakt van een digitale schuifmaat en weegschaal voor de metingen. Alle verzamelde data werd genoteerd op het daarvoor gemaakte formulier (bijlage 1). Data van dit onderzoek had goed gebruikt kunnen worden voor dit onderzoek, aangezien er hiervoor ook werd gekeken naar de anancoïdie en het cement. Helaas waren er pas 4 kiezen opgemeten ten tijde van de quarantainemaatregelen i.v.m. corona. Deze data kon dus niet betekenisvol gebruikt worden voor dit onderzoek.



Figuur 13 Molaar van *Mammuth borsoni* zonder cement tussen de rijen (en ook geen anancoïdie) (faopalfossils.com)

3.4 Methode deelvraag 2

Dit onderzoek is voor een groot gedeelte gedaan aan de hand van literatuuronderzoek. Er is veel gebruikt gemaakt van de zoekmachines Google Scholar, Google, Ecosia, hierbij werden de zoektermen en digitale bronnen gebruikt uit tabel 2. Naast het digitale literatuuronderzoek is er ook veel gehaald uit boeken aanwezig bij Naturalis Leiden. Informatie van de stagebegeleiders en Dick Mol heeft ook bijgedragen. De informatie met betrekking tot de plantensamenstelling en pollen zones komt uitsluitend van online literatuurbronnen. Hiervoor is gezocht op Natuurtijdschriften en Google Scholar met de termen uit tabel 2.

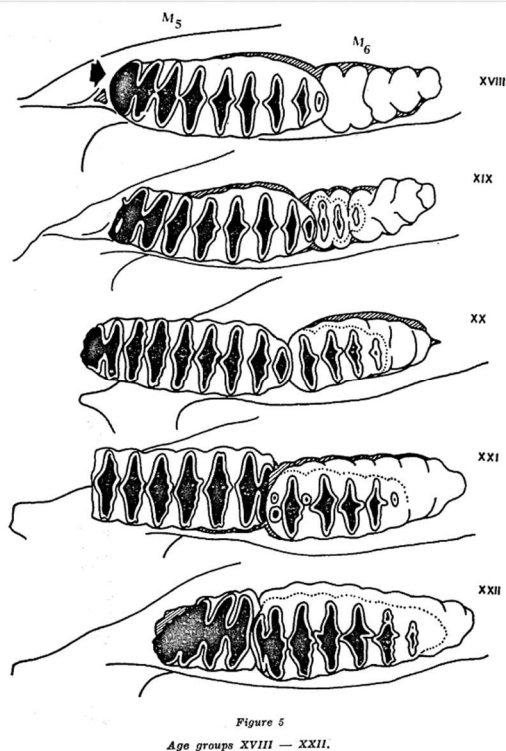
Tabel 2 Gebruikte digitale bronnen, zoektermen en boeken

Gebruikte digitale bronnen	Gebruikte termen	Boeken Naturalis
Natuurtijdschriften	Flora during the Pleistocene, Pliocene, Miocene of Europe	Proboscidea deel 1 H. Fairfield Osborn, 1935
Natuurhistorisch museum Rotterdam	Anancus, Anancus arvernensis	Proboscidea deel 2 H. Fairfield Osborn, 1935
Biodiversity heritage library	Anancus Molars, Dorkovo	A guide to measurements of animal bones from archaeological sites Van den Driesch, 1976
Google scholar	Kor en Bot	The Proboscidea Shoshany & Tassy, 1996
Google	Proboscidea	

Wanneer ik een bron had gevonden die, afgaand op de titel, relevant leek las ik de inleiding/abstract en globaal de rest van de tekst om te zien of het voor mij belangrijke informatie bevatte. Denk hierbij aan een goede beschrijving van de kies en de leeftijd hiervan met een duidelijke afbeelding. Voor de flora ging ik op zoek naar de voor mij belangrijke tijdsvlakken onder anderen de flora samenstelling van ≈ 4.5 miljoen jaar (Bulgarije) en dat van ≈ 2 miljoen jaar (Oosterschelde) geleden. In het beschrijven van de trend van een warmer en vochtiger klimaat naar een kouder en droger klimaat keek ik naar het voorkomen van *Anancus*, tussen vroeg Pliocene en vroeg Pleistoceen in. Hiervoor keek ik vooral naar de literatuur die naast de verandering in klimaat en algemene flora ook beschreef welke soorten dit waren. Zo kon ik ook kijken naar de vegetatiesamenstelling en dus wat *Anancus* at op bepaalde momenten in de geschiedenis. Hiervoor probeerde ik ook per locatie te kijken naar literatuur uit de nabije omgeving, maar ook voor Europa in zijn geheel. Een van de bronnen gaf aan dat klimaat en vegetatie vergelijkbaar was van Noord-West Europa tot aan de Zwarte zee.

3.5 Methode deelvraag 3

Toen de kiezen werden bekeken voor de geschatte geologische leeftijd/de verschillen in de evolutie van *Anancus*, kon er worden gekeken naar de leeftijd van de individuele dieren. Dit is gedaan met behulp van het werk van Laws (1966) en zijn werk over het moment van overlijden van Afrikaanse olifanten afgeleid van hun kiezen. Door te kijken naar het slijtpatroon van de molaren kan wat gezegd worden over de leeftijd van het dier. Het werk gebruikt hiervoor de slijtage van de onderkies, deze is altijd wat meer afgesleten dan de bovenkies (hierbij is de rechter kies ook weer meer versleten als links omdat deze eerder tevoorschijn komt). Dit komt uit wat in hedendaagse olifanten wordt gezien, de bovenkies is groter en zwaarder dan de onderkies waardoor deze sneller slijt. Hierom zal bij een bovenkies slijtage een factor extra gerekend worden om hem zo met de juiste onderkies te kunnen vergelijken. Bijvoorbeeld: wanneer de laatste molaar (de m3) voor een bepaalde hoeveelheid is versleten (aan de hand van afbeeldingen) wordt dit aangeduid met een klasse (XVII, XVI enz) (figuur 14) hieruit kan dan weer worden afgelezen wat de bijbehorende leeftijd is in AEY (African Elephant Years) (tabel 3). Dit kan per kies of kiezen bekeken worden en geeft een duidelijke inschatting van de leeftijd. Vergelijkbaar onderzoek is al gedaan voor de Wolharige mammoet *Mammuthus primigenius*, deze kiezen zijn beter te vergelijken met die van de Afrikaanse olifant (Mol, 2020). Omdat deze dieren dichterbij elkaar staan in de evolutie en de kiezen ook vergelijkbaarder zijn als die van *Anancus*. Het inschatten van de tijd van overlijden van de *Anancus* molaren is dan ook een beargumenteerde extrapolatie, die wellicht wat kan vertellen over de leeftijdsklasse van de verschillende molaren.



Figuur 14 Slijtage klassen voor de kiezen (Laws 1966)

Tabel 3 Tabel van leeftijdsklasse gebaseerd op slijtage van de verschillende molaren vanuit het werk van Laws (Laws 1966)

Group	Mean age (years)	Probable range $\pm$	Group	Mean age (years)	Probable range $\pm$
I	0	—	XVI	26	2
II	$\frac{1}{2}$	—	XVII	28	2
III	1	—	XVIII	30	2
IV	2	$<\frac{1}{2}$	XIX	32	2
V	3	$<\frac{1}{2}$	XX	34	2
VI	4	<1	XXI	36	2
VII	6	1	XXII	39	2
VIII	8	1	XXIII	43	2
IX	10	1	XXIV	45	2
X	13	1	XXV	47	2
XI	15	1	XXVI	49	2
XII	18	1	XXVII	53	2
XIII	20	2	XXVIII	55	4
XIV	22	2	XXIX	57	4
XV	24	2	XXX	60	4

4. Resultaten

In dit hoofdstuk zal ik per deelvraag de resultaten beschrijven. Aan het einde van de resultaten komt mijn discussie.

4.1 Deelvraag 1

Voor deelvraag 1 werd gekeken naar het verschil in de verschuiving van de knobbels en de hoeveelheid cement tussen de twee groepen kiezen. Hierbij was de verwachting dat er goed zichtbare verschillen zouden zijn, aan de hand van de literatuur die is gelezen. Om deze deelvraag te beantwoorden is gekeken naar de m/M2 en m/M3 molaren uit Dorkovo en de Oosterschelde en is aan de hand van de beschikbare foto's vastgesteld wat de zichtbare verschillen waren. De m/M2 molaren werden vergeleken met de m/M2 molaren, dit gold ook voor de m/M3 molaren. Onderstaand staan foto's van m/M3 molaren waarbij de verschillen het best zichtbaar waren, deze zijn hierom ook gebruikt als voorbeelden. In tabel 4 wordt per kies beschreven hoe duidelijk zichtbaar het cement of de anancoidie was (niet, gedeeltelijk, veel) wanneer een * wordt gegeven was er te weinig materiaal om het goed te kunnen beoordelen.

Tabel 4 Molaren uit de Oosterschelde en Dorkovo met de hoeveelheid verschuiving of cementafzetting

Dorkovo (Naam / nummer)	Cement	Anancoidie	Oosterschelde (Naam / nummer)	Cement	Anancoidie
m2			m2		
MLB	Gedeeltelijk	Gedeeltelijk	507	Gedeeltelijk	Veel
MRB	Gedeeltelijk	Gedeeltelijk	413	*	Veel
mO	Niet	Gedeeltelijk	508	*	*
m3			m3		
MLB	Gedeeltelijk	Gedeeltelijk	326	Gedeeltelijk	Veel
MRB	Gedeeltelijk	Gedeeltelijk	274	Niet	Veel
mO1	Niet	Veel	536	Veel	Veel
MB1	Gedeeltelijk	Gedeeltelijk	509	Veel	Veel
			343	*	*
			986	*	Gedeeltelijk
			226	Niet	Veel
			478	Veel	Veel
			590	Veel	Veel

Aan de twee groepen kiezen uit Dorkovo (7) en de Oosterschelde (12) was te zien dat er een verschil was in de hoeveelheid cement en de verschuiving van de knobbels. Dit was niet bij elke kies even goed te zien, zo was het cement beter te zien bij de bovenkaak molaren en de verschuiving van de knobbels was weer beter te zien bij de molaren uit de onderkaak. Hier geef ik bij de molaar uit Dorkovo met een lijn aan hoe de knobbels zouden staan zonder verschuiving en bij de Oosterschelde molaar staat een pijl bij een restant van cement (figuur 15 & 16).



Figuur 15 Een m3 (m01) uit de onderkaak (lijn geeft de stand zonder verschuiving aan) (Dorkovo)



Figuur 16 Een m3 (274) molaar uit de Oosterschelde (pijl wijst cement aan)

Verwacht werd dat er grote verschillen te zien waren, dit bleek niet zo te zijn en de verschillen tussen de twee kiezen was dus subtieler dan werd verwacht. Te zien was dus ook dat binnen de twee locaties de molaren ook van elkaar verschillen. Bij de Dorkovo molaren was te zien dat de onderkaak kies duidelijke verschuiving had van de knobbels, bij de bovenkaakmolaren uit Dorkovo was dit bijna niet zichtbaar. Dit was ook het geval bij de Oosterschelde, daar had de onderkaak ook beter zichtbare anancoidie. Uit de Oosterschelde komt een onderkaakmolaar die wel duidelijk zichtbaar cement had (figuur 17).



Figuur 17 Nog een m3 (590) (met duidelijk zichtbaar cement (pijl) (Oosterschelde)

De bovenkaakmolaren van Dorkovo hadden een lichte verschuiving in de knobbels, de middelste conelet werd verdrukt en kwam zo tussen de rijen in te staan. Cement was bij deze molaren in een kleine hoeveelheid aanwezig en alleen aan de achterkant van de kies (het talon-deel) en hier was het ook maar in kleine hoeveelheid zoals te zien in het voorbeeld van figuur 18.



Figuur 18 Een rechter M3 (MRB) molaar (met kleine hoeveelheid cement aan de achterzijde (rechts, pijl) (Dorkovo).

De Oosterschelde-bovenkaakmolaren hadden wel degelijk cement tussen de rijen, deze waren ook bijna tot de top van de knobbels gevuld met cement. De verschuiving van de knobbels was hier ook duidelijker zichtbaar, vooral het niet in een rechte lijn staan van de rijen (figuur 19).



Figuur 19 Een rechter M3 (536) molaar met duidelijk cement (pijl) (Oosterschelde).

4.2 Deelvraag 2 vegetatiesamenstelling

Deze deelvraag verdeel ik over de twee gebieden waarvoor ik naar de vegetatie samenstelling heb gekeken. Ik heb dit gedaan voor de Oosterschelde en Dorkovo. Bij beide gebieden is er zoveel mogelijk naar de vegetatie gekeken uit dat gebied of gebieden dicht in de buurt.

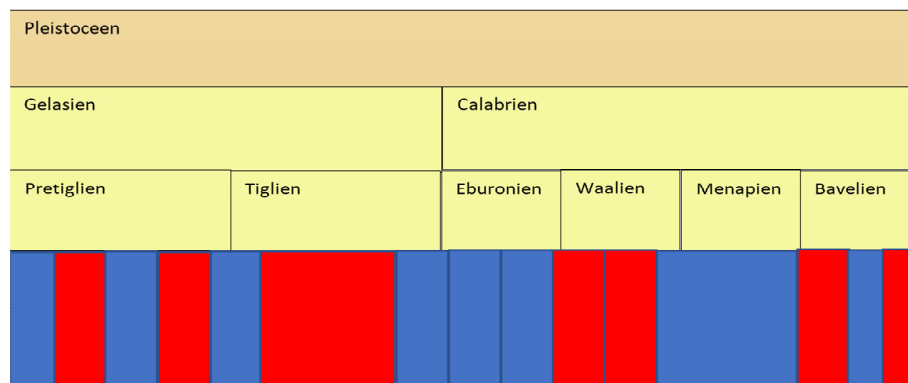
Dorkovo, Bulgarije ≈4.5 miljoen jaar geleden

Voor Dorkovo is gekeken naar het klimaat en bijbehorende flora van MN (Mammal Neogene) zone 14, dit ligt tussen de 4.9 en 4.2 miljoen jaar geleden (Agusti, 2001). De MN zone datering is opgesteld voor grondlagen uit het Mioceen en Pliocene van Europa die zoogdieren bevatten. Deze periode uit het vroege Pliocene wordt ook wel het Zanclean genoemd, net zoals dat het Tiglien een periode uit het Pleistoceen is. In Dorkovo zijn fossielen gevonden van niet alleen *Anancus*, maar ook paarden, beren, hyena's, herten, apen en *Mammuthus borsoni* gedaan. De verhoudingen in aantal tussen deze verschillende groepen geven aan dat Dorkovo ≈4.5 miljoen jaar geleden bestond uit een open bos landschap (Delson, et al. 2005). De periode tegen het einde van het Mioceen en het begin van het vroege Pliocene is het Messinian. Hier kan bekeken worden hoe de omgeving er uitzag vlak voor het vroeg Pliocene tot en met het vroeg Pliocene. Uit deze periode zijn flora samenstellingen bekend uit het zuiden van Bulgarije. Het klimaat van toen was warm tot subtropisch. De gemiddelde temperatuur lag tussen de 14 en 15 graden, de warmste maanden waren gemiddeld 25 tot 26 graden, de koudste waren gemiddeld 3 tot 5 graden. De plantsamenstelling komt al wel overeen met die uit de warmere periodes van het Pleistoceen en het late Pliocene. Wel zijn er nog sporen van de flora zoals de van het midden Mioceen, Amerikaanse en Aziatische flora die later geheel uit Europa verdwenen is. Ook zijn er soorten die inmiddels uitgestorven zijn, zoals de *Daphnogene*. Een aantal van de plantensoorten gevonden uit deze periode zijn: magnolia (*Magnolia*) koortsstruik (*Lindera*), laurier (*Daphnogene*, *Lauraceae*), laurier (Ishpink) (*Ocotea*), eik (*Quercus*), okkernoot (*Juglans*) (*Carya*), esdoorn (*Acer*), iep (*Ulmus*), zerkova (*Zelkova*), blauweweg (*Wisteria*), amberboom (*Liquidambar*), gagel (*Myrica*), bamboe (*Bambusoideae*). Naast deze boomsoorten, waarvan er veel worden beschouwd als tropisch, werden er in hetzelfde gebied ook steppe-achtige kruiden gevonden. Dit wordt verklaard door de nabij gelegen berggebieden waardoor er gebieden waren die droger waren dan de rest van de omgeving en ongeschikt voor bomen (Ivanov, et al. 2007).

Een onderzoek uit het westen van Bulgarije laat hetzelfde zien als bovenstaand onderzoek. Dezelfde plantsoorten als in Zuid-Bulgarije kwamen hier voor, maar ook worden er soorten beschreven die typisch zijn voor een moerasbos. De volgende moerasbossoorten zijn gevonden: naaldbomen (geen specifieke soort) (*Taxodiaceae*) Tupeloboom (*Nyssa*) Gagel (*Myrica*) Els (*Alnus*) en Cipres (*Glyptostrobus*). Veel van deze moerassoorten komen nu niet meer voor in Europa maar nog wel in Azië en Amerika, hoewel soms ook daar nog maar beperkt. In het westen van Bulgarije was dus net zoals in het zuiden een flora samenstelling te zien die bestond uit de nieuwe minder tropische soorten, die steeds dominanter zouden worden tegen het einde van het Pliocene, en de nog subtropische overblijfselen van het Mioceen. De temperaturen komen ook overeen met die uit Zuid-Bulgarije. De gemiddelde temperatuur was tussen de 13 en 16 graden, de koudste gemiddelde temperatuur lag tussen de 3 tot 6 graden en de warmste gemiddelde temperatuur lag tussen de 23 tot 27 graden (Hristova & Ivanov, 2014).

Oosterschelde, Nederland ≈2 miljoen jaar geleden

Zoals in de materiaal en methode is beschreven voor Europa in het algemeen, veranderde het klimaat van vochtig en warm naar koud en droog. Dit was niet constant, er waren dus veel warme en vochtige periodes tussen de koudere ijstijden in (Slupik, et al. 2016). Dit zorgde ook voor een wisseling van dieren en planten soorten, die de koude of warme klimaten volgden. Nederland zag er in het Vroeg-Pleistoceen niet uit zoals het er nu uit ziet. Het grootste gedeelte van het land lag onder water, maar dit verschoof ook aan de hand van het klimaat. In de korte warme tussenperiodes bestond Nederland uit bossen. In de koudere periodes veranderde dit weer terug in steppes en toendra's. In het begin van het Pleistoceen was de zogeheten ijstijdcyclus (de cyclus van een ijstijd en een tussenijstijd) zo'n 40.000 jaar (Vervoort-Kerkhoff & van Kolfschoten, 1987) (natuurinformatie, 2020). Dit werd met de tijd steeds langer waardoor tegen het einde van het Vroege-Pleistoceen de cyclus 100.000 jaar duurde. Hieruit kan een figuur gemaakt worden met een overzicht van (ongeveer) de verschillende koude en warme periodes. Rood is hierbij een interglaciaal en blauw een glaciaal (figuur 20).



Figuur 20 Glaciale en interglaciale periodes in het Pleistoceen

Tijdens het begin van het Vroeg-Pleistoceen kwamen er boomgeslachten voor als eik (*Quercus*), iep (*Ulmus*), linde (*Tilia*) maar ook tropische soorten als vleugelnoot (*Pterocarya*) en gomboom (*Eucalyptus*) voor (Slupik, Wesselingh, Janse, & Reumer, 2016). In de klei van Tegelen (Noord-Limburg) zijn veel fossielen planten en dieren gevonden van ≈2 miljoen jaar geleden. Op dat moment zag Nederland er ongeveer hetzelfde uit als nu, het viel binnen een interglaciaal. Er zijn echter ook pollen gevonden van grassen en van andere plantensoorten die wijzen op koelere omstandigheden, zoals berk (*Betula*) en den (*Pinus*). Dit wijst erop dat het landschap bestond uit bos en meer open grasland. Beide met een bijbehorende fauna. In de bossen leefden herten, zwijnen, eekhoorns en de apensoort *Macaca sylvanus florentina*. Op de open vlaktes graasden kuddes paarden, olifanten, runderen en neushoorns. Roofdieren als hyena's en leeuwen hebben waarschijnlijk gebruik gemaakt van zowel het bos als de graslanden. *Anancus* is niet gevonden in deze fossiel laag (Vervoort-Kerkhoff & van Kolfschoten, 1987). Dit gedeelte van het Tegelen was dus een van de warmere periodes uit het vroege Pleistoceen.

Een andere tijdvak is het Pretegelen, dit was het tijdvak voor het Tegelen, aan het begin van het Pleistoceen. Het Pretegelen was een koelere periode. Tijdens het Pretegelen worden de eerste dalingen in temperatuur gezien en werden de ijskappen op Antarctica en het Noordelijk-Halfrond groter. Dit gaat samen met een verandering van de flora samenstelling in Noord-West Europa. Een onderzoek uit Lieth, Duitsland (in de buurt van Hamburg) onderzocht en toonde de koudste en warmste maanden uit het Pretegelen en Tegelen. Dit wordt ondersteund en vergeleken met data uit Nederland uit diezelfde periode.

Te zien is dat het in Duitsland vaak warmer was dan in Nederland. De gemiddelde temperatuur in de maand juli voor het Pretegelen was dan ook maar 6 tot 8 graden, in Duitsland was dit 12.5 tot 18 graden (Pross & Klotz, 2002). Het verschil in seizoenen werd ook steeds groter met dus koudere winters en warmere zomers. Dit zorgt voor het verdwijnen van veel tropische soorten die voor het Pleistoceen nog aanwezig waren (Pross & Klotz, 2002). Voor en tijdens het Pretegelen veranderde het gemengde mesofyt (planten van vochtige biotopen) bos naar een boreaal (planten van koud en droge biotopen) bos en uiteindelijk naar een toendra vegetatie. Tijdens het Tiglien herstelde dit weer naar een bosrijkere en warmere omgeving (Tegelen A) om vervolgens weer terug te vallen naar een koude periode, glaciaal en interglaciaal.

Het Tiglien B werd weer een stuk kouder, temperaturen uit Duitsland lagen toen in de wintermaanden tussen de -7.5 en -12 graden (Pross & Klotz, 2002). Bijzonder is dat de eerder genoemde vondst van *Anancus* uit de groeve bij Liessel wordt geschat op een ouderdom van Tiglien B (Peters, et al. 1991). Omdat de winters en ijstijden steeds kouder en langer duurden kan het wellicht zijn dat *Anancus* de eerste koelere periodes heeft kunnen doorkomen maar uiteindelijk niet meer paste in het steeds koudere en opener landschap.

Samengevat kan gezegd worden dat *Anancus* uit de periode van Dorkovo leefde in een sub-tropisch klimaat met nog veel (loof)bossen en geen echte winters. Tegen de tijd van de Oosterschelde zijn er flinke veranderingen in zowel klimaat als vegetatie geweest, in deze periodes waren er echt koude winters en werden open landschappen en steppes steeds dominanter.

Aan de hand van bovenstaand literatuur onderzoek is te zien dat de vegetatie is veranderd in de periode van Dorkovo tot aan de periode van de Oosterschelde. Een trend naar koudere periodes met bijbehorende vegetatie is te zien. Dit betekende dat er steeds meer “harde” planten voorkwamen zoals grasachtige. Dit zou ertoe geleid hebben dat *Anancus* als een loofeter zich moest gaan aanpassen aan de veranderende omgeving. Dit in de vorm van een veranderende molaar, een met meer afwisseling voor het vergroten van het kauwvlak en met extra cement om slijtage tegen te gaan.

4.3 Deelvraag 3 AEY (African Elephant Years)

De molaren uit Dorkovo en de Oosterschelde heb ik meteen bekeken voor de mogelijke leeftijd van de dieren op het moment van overlijden. Dit is gedaan voor de kiezen die zijn gebruikt in dit onderzoek, dus de m2 en m3 molaren uit Dorkovo en de Oosterschelde. Omdat deze kiezen veel verschillen van de kiezen van de Afrikaanse olifant, heb ik niet gekeken naar het aantal lamellen dat is versleten maar naar het percentage van de kies dat is versleten. Hieronder staan de resultaten in een tabel. De Oosterschelde molaren staan aangegeven met hun ID nummer vanuit Naturalis. De Dorkovo molaren staan aangegeven met de soort kies, dus M3 of m3, links of rechts. Dit is gedaan aan de hand van de foto's die voor mij beschikbaar waren, wat het ook lastig maakt omdat deze niet altijd goed alle slijtage laten zien. Alle kiezen met een * bestonden uit een fragment van een kies, hier is een poging gedaan tot het schatten van de AEY als dit mogelijk was (tabel 5).

Tabel 5 AEY voor de molaren uit Dorkovo en de Oosterschelde met de leeftijd gebaseerd op de AEY en het aantal overgebleven richels.

Dorkovo (Naam / nummer)	AEY	Leeftijd	Aantal Richels	Oosterschelde (Naam / nummer)	AEY	Leeftijd	Aantal richels
m2 Afrikaanse olifant			9	m2			
MLB	XIV	22	4	507	*XIII	20	2
MRB	XIV	22	4	413	*XVII	28	2
mO	XVIII	30	4	508	*		1
m3 Afrikaanse olifant			14-16	m3			
MLB	XIV	22	6	326	*XIII	20	4
MRB	XIV	22	6	274	*XVIII	30	4
mO1	XVIII	30	6	536	XIX	32	6
MB1	XX	34	5	509	XIX	32	6
				343	*XVIII of XIX	30 of 32	2
				986	*XVIII of XIX	30 of 32	2
				226	*XVIII of XIX	30 of 32	2
				478	XX	34	5
				590	*XXV	47	3

In het werk van Laws worden de AEY omgerekend naar leeftijdsklasse. Zoals te zien is in de tabel zit de leeftijd voor de molaren tussen de 20 tot 35 jaar oud. Er is een enkele uitschieter die 47 jaar oud was. Deze leeftijd schattingen zijn te verklaren door de molaren waarnaar is gekeken. Zoals eerder al is genoemd is er gekeken naar m2 en m3 molaren van *Anancus* omdat de enige molaren uit Dorkovo m2 of m3 molaren waren. De kiezen uit zowel Naturalis als Dorkovo, die bruikbaar waren voor dit onderzoek, waren nog niet veel gebruikt en versleten. Hierdoor ligt de leeftijdsklasse tussen de 20 tot 35 jaar. De m3 molaren uit Dorkovo en de Oosterschelde waren niet tot licht gebruikt, de enige uitzondering hierop is het individu dat 47 als geschatte leeftijd heeft. Als er meer gebruikte m3 molaren waren geweest had de gemiddelde leeftijd een stuk hoger gelegen. Tot slot waren 4 van de 7 molaren uit Dorkovo van één individu. Daarom komt de leeftijd 22 vier keer voor in Dorkovo, opnieuw was de m3 van dit dier nog niet gebruikt.

5. Discussie

De hoofdvraag van dit onderzoek was als volgt: *Vertonen vroege en late vormen van Anancus zichtbare verschillen in de opbouw van de kiezen?*

In de discussie zal ik eerst reflecteren op het proces van het schrijven van deze scriptie. Hierna zullen de 3 sub vragen en als laatste hoofdvraag behandeld worden.

- 1) Wat zijn de verschillen tussen de 1.8 tot 2 miljoen jaar oude (Oosterschelde) en $\approx 4,5$ miljoen jaar oude (Dorkovo) molaren?
- 2) Past de verandering van de kiezen van *Anancus* bij de veranderende vegetatie?
- 3) Wat is de leeftijd geweest van de dieren op het moment van overlijden, gebaseerd op het slijtpatroon van de molaren en premolaren?

5.1 Verschillen tussen de twee groepen kiezen (subvraag een)

Wat zijn de verschillen tussen de 1.8 tot 2 miljoen jaar oude (Oosterschelde) en ≈ 4.5 miljoen jaar oude (Dorkovo) molaren?

De verwachting van deze deelvraag was dat er een zichtbaar verschil was tussen de twee groepen kiezen. Dit is uiteindelijk gebleken in dit onderzoek, aan de hand van de vergelijking tussen de molaren uit Dorkovo en de Oosterschelde. Het verschil in cement was tussen de twee groepen groter en duidelijker dan het verschil in verschuiving van de knobbels. Omdat cement van de kiezen snel verslijt zou het kunnen zijn dat deze hierom niet zo goed zichtbaar is in de Dorkovo molaren. Dit zou betekenen dat het cement aan de voorkant van de kies als eerste verdwijnt omdat dit gedeelte als eerste in kauwfunctie is. In het geval van de Dorkovo molaren kan het niet zijn dat het cement weg is door gebruik, dit is omdat de M3 molaren uit een individu komen die ook nog M2 molaren had die niet volledig versleten waren maar pas voor een klein gedeelte gebruikt waren. Het verschil in anancoidie zat hem naast de verschillen tussen de twee groepen vooral in de verschillen binnen de twee groepen. Hier was te zien dat de verschuiving van de knobbels in de onderkiezen beter zichtbaar was als in de bovenkiezen.

Het kleine verschil, of soms het verschil binnen de groep kiezen kan voor een gedeelte verklaard worden door de literatuur. Hier wordt namelijk vaker beschreven dat er binnen populaties van *Anancus* of zelfs binnen een individu vaak een combinatie gevonden kan worden van aan de ene kant primitieve kenmerken en aan de andere kant geavanceerde kenmerken (Konidares & Roussiakis, 2018). Dit kan er ook voor zorgen dat er (toevallig) geen hele grote verschillen zichtbaar zijn. Of dit ook geldt voor specifiek deze groep kiezen is dan de vraag. Dit kan wellicht ook beïnvloed worden door het beschikbare voedsel, klimaat of andere externe factoren. Waardoor de kiezen zich wellicht anders ontwikkelen aan de hand van de omgeving of wat het dier binnenkrijgt.

Tijdens dit onderzoek is vanwege het corona virus gebruik gemaakt van foto's van de verschillende molaren. Daarom is er een beperkte blik en mogelijkheid van onderzoek, vergeleken met het meermaals en van dichtbij kunnen bekijken en vergelijken van de kiezen. Dit zorgt ervoor dat deelvraag 1 (vergelijking van de molaren) en deelvraag 3 (AEY) en de resultaten hiervan kunnen verschillen met de resultaten wanneer er niet van alleen foto's gewerkt zou worden. Als deze wel van dichtbij bekeken konden worden hadden er ook nog metingen van het cement of van de verschuiving gebruikt kunnen worden om de resultaten betrouwbaarder maar ook meetbaar te maken. In totaal zijn er vanuit Dorkovo 7 kiezen bekeken, allemaal M2 of M3 molaren.

Door de coronamaatregelen ben ik niet in staat geweest om de molaren uit Dorkovo, in bezit van Dick Mol, fysiek te onderzoeken. Hierom is het materiaal uit Dorkovo redelijk klein in hoeveelheid vergeleken met dat van Naturalis. Wellicht had Dick Mol nog premolaren of M1 molaren waardoor er meer met de Naturalis collectie vergeleken kon worden.

Door het vroegtijdig beëindigen van de metingen bij Naturalis kon er in dit verslag niet gewerkt worden met gewogen en gemeten hoeveelheden cement enz. Dit ontbrak ook bij de molaren uit Dorkovo. Als dit er wel was geweest had dit een mooie toevoeging en bevestiging kunnen zijn van de uiteindelijke resultaten.

5.2 Veranderingen in klimaat en flora (subvraag twee)

Past de verandering van de kiesen van Anancus bij de veranderende vegetatie?

Deze deelvraag komt voor uit het literatuuronderzoek dat is gedaan. De verwachting was dat het gebit van *Anancus* onder invloed was van de veranderende omgeving, dus dat het dier zich aanpaste aan een nieuw dieet. Uit literatuuronderzoek bleek dat de flora en klimaatverandering (Jansen & Gregor, 1999) hebben geleid tot de veranderingen in *Anancus* en zijn uiteindelijke verdwijning (Croizet & Jobert, 1828). Dit is te zien aan de veranderingen in het klimaat, de temperatuur door het jaar heen en dan vooral de winter maanden. De verandering in vegetatie sloot hierop aan; van een bosrijk gebied naar een open landschap. Dit betekent dat *Anancus* moest overstappen van een “zacht” dieet bestaande uit bladeren en twijgen, naar een “hard” dieet bestaande uit meer grassen. Daarom zouden de kiesen moeten veranderen, zodat deze niet snel zouden verslijten door de “harde” grassen. De verandering die te zien is in de molaren van *Anancus* zou dus verklaard kunnen worden aan de hand van de veranderingen in de vegetatie. Doordat deze van zachte vegetatie langzaam overging in hardere vegetatie, zouden er dus aanpassingen in het gebit nodig zijn geweest. In het geval van *Anancus* betekent dit een vermeerdering van het cement en van de verschuiving van de knobbels.

Wat moeilijk was bij deze deelvraag was het precies dateren van de resultaten uit de literatuur. Veelal worden (natuurlijk) tijdvlakken gebruikt, dus tussen de 2.5 en 2.0 miljoen jaar geleden. Dit is een groot verschil, al helemaal als je bedenkt dat er ook wordt gesproken over ijstijdcycli die maar 40.000 jaar of 100.000 jaar duurden. Binnen zo’n ruime tijd kunnen dus meerdere ijstijdcycli of andere veranderingen hebben gezeten. Voor de vergelijking tussen *Anancus* en deze florasamenstellingen gold hetzelfde, *Anancus* uit Dorkovo werd gedateerd op de periode van 4.9 tot 4.2 miljoen jaar geleden. Hierom is bij deze florasamenstelling ook gekeken naar een groter tijdsvlak, en opnieuw gebruik gemaakt van meerdere bronnen om zo een compleet mogelijk verhaal te krijgen. Dit is gedaan door naar meerdere bronnen te kijken om zo een duidelijk beeld te krijgen van een periode. Door meerdere bronnen te gebruiken konden de verschillende benamingen van tijdvlakken ook gelijkgetrokken worden.

5.3 leeftijd aan de hand van AEY (subvraag drie)

Wat is de leeftijd geweest van de dieren op het moment van overlijden, gebaseerd op het slijtpatroon van de molaren en premolaren?

De methode die is gebruikt voor deelvraag 3 is zoals al eerder is genoemd een “schatting van”. Dit is gebaseerd op de molaren van Afrikaanse olifanten, daarom is er niet gekeken naar het aantal richels maar naar het percentage van de kies die nog niet was gebruikt. Het sneller verslijten van de onderkiezen is hierin ook meegenomen, de bovenkiezen werd dus altijd een klasse extra gerekend. Deze methode is oorspronkelijk gebruikt voor de leeftijdsbepaling van Afrikaanse olifanten, later is deze methode overgenomen om de “leeftijd” van de mammoet (*Mammuthus primigenius*) te schatten. Dit kon nog met enige zekerheid gedaan worden doordat beide dieren vergelijkbare kiezen hadden, en een ongeveer zelfde dieet. Voor *Anancus* is dit niet het geval, want zowel het dieet als de opbouw van de kies is op een aantal punten niet te vergelijken met de van de hedendaagse Afrikaanse olifant. De overeenkomsten blijven dan ook beperkt tot dat de dieren beide slurfdragers zijn en dat deze wellicht een zelfde levensverwachting hadden of gebruik van kiezen door hun leven heen. Dit wordt ondersteund door Shoshani & Teskel (1996) waarin *Anancus* ook in verschillende leeftijdsklasse wordt geplaatst aan de hand van de aanwezige kiezen in de kaak. Zoals eerder al is benoemd bestonden de kiezen uit Dorkovo alleen uit M3 en M2 molaren, hierom zijn ook alleen gelijkwaardige kiezen uit de Oosterschelde bekeken. De gemiddelde leeftijd had er dan waarschijnlijk anders uitgezien als alle premolaren en molaren van Naturalis bestudeert waren en als er meer kiezen uit Dorkovo beschikbaar waren geweest. Dit had het uiteindelijke gemiddelde van het onderzoek ook betrouwbaarder gemaakt.

6. Conclusie en aanbevelingen

Het verwachte verschil tussen de verschuiving van de knobbels en hoeveelheid cement tussen de Dorkovo en Oosterscheldekiezen is enigszins te zien. De verschillen zijn vooral zichtbaar tussen de M/m 3 molaren uit de twee groepen. Hiernaast verschilt dit ook weer per kies/individu, uit de Oosterscheldekiezen is in het algemeen meer cement en verschuiving zichtbaar. De veranderingen in de kiezen worden ondersteund door de resultaten uit het onderzoek naar de flora en het klimaat van beide locaties, met bijbehorend geologische tijdvlakken. Te zien is een verandering van tropisch, bebost gebied naar een steeds kouder worden en opener landschap. Dit gebeurde niet in een keer, maar meerdere keren waarbij de koude periodes steeds langer en vaker voorkwamen. Uit de beschikbare kiezen komt een leeftijd naar voren van tussen de 20 en 35 jaar gemiddeld, dit geldt voor beide groepen. Tussen de twee groepen kan dus niet gezegd worden dat er een verschil is door de leeftijd van de individuen. Om dit te onderzoeken zouden er meer molaren beschikbaar moeten zijn en molaren van de Dp2 tot aan de M3. In de literatuur wordt genoemd dat de veranderingen in de molaren van *Anancus* (de toename van cement en verschuiving van de knobbels) dient als een manier op het oppervlakte van de kiezen te vergroten. Op deze manier gaan de kiezen langer mee en wordt het kauwvlak ook vergroot, wat zou helpen om de last van het kauwen meer te verdelen. De kiezen met meer cement en verschuiving zijn hierom dan ook zichtbaarder bij de jongere vormen van *Anancus*, deze leefden immers in een meer open gebied, met meer “harde” vegetatie.

Hoewel de molaren van *Anancus* vaak beschreven worden, is er geen onderzoek dat zich focust op de molaren en de veranderingen hieraan met duidelijke beschrijvingen en vooral duidelijke afbeeldingen. Verder wordt gesproken over de mogelijkheid dat er een grote variatie is binnen groepen van *Anancus* maar zelfs ook binnen individuen. Een mogelijk vervolg op dit onderzoek zou dan ook kunnen zijn om het huidige onderzoek uit te breiden, maar dan op een grotere schaal. Door te kijken naar kiezen van het begin van *Anancus* tot aan het einde van zijn bestaan, te kijken naar de verschillende vindlocaties en deze te vergelijken met elkaar. Zo is het ook mogelijk om veel meer materiaal met elkaar te vergelijken. Tegelijkertijd kan er dan gekeken worden naar de florasamenstellingen en het klimaat van de verschillende vindlocaties. Wellicht dat hier uiteindelijk een duidelijke beschrijving van de veranderingen in de molaren naar boven komt, een die geleidelijk van de oudste tot de jongste vorm van *Anancus* kan beschrijven.

De soms beperkte, verouderde of incomplete literatuur laat zien dat er nog veel te leren valt over het verleden van *Anancus* en onze aarde.

Bibliografie

- Agusti, J. (2001). A calibrated mammal scale for the neogene of western europe. *Earth science reviews*(52), 247-260.
- Bakker, R. (sd). model van een Anancus avernensis. *model van een Anancus arvernensis*. Manimal works, Auvergne. Opgeroepen op juni 24, 2020, van <https://www.manimalworks.com/paginas/kaartenreconstructie/kaartanancus.html>
- Berkovitz, B. K., Holland, G. R., & Moxham, B. J. (2017). *Oral Anatomy, Histology and Embryology*. Cardiff: Elsevier health sciences.
- Birks, H., & Tinner, W. (2016). Past forests of Europe. In H. Birks, & W. Tinner, *European Atlas of Forest Tree Species* (pp. 37-39). Luxembourg: European commision.
- Boscato, P., Mauro, C., & Reggiani, P. (2008). Pliocene Anancus arvernensis (Croizet & Jobert, 1828) remains from Cetona (Siena): stratigraphy, chronology and paleoenvironment. *Bolletino-societa geologica italiana*(127), 151-162.
- Braber, F., Mol, D., & de Vos, J. (1999). On mastodon remains from the Netherlands: an overview. *Deinsea*(7), 55-66.
- Chouinard, V. (sd). éléphant. *éléphant*. Emaze, . Opgeroepen op juni 24, 2020, van <https://app.emaze.com/user/vveerroonniiqueuee>
- Croizet, & Jobert. (1828, januari 1). *Anancus arvernensis (Croizet & Jobert, 1828)*. Opgeroepen op juni 24, 2020, van Geologie van Nederland: <https://www.geologievannederland.nl/fossielen/zoogdier-register/anancus-arvernensis-croizet-jobert-1828>
- Delson, E., Herbert, T., & Spassov, N. (2005). Fossil old world monkeys (primates, cercopithecidea) from the pliocene of Dorkovo. *Geodiversitas*(27), 159-166.
- Fiarfield Osborn, H. (1936). *Proboscidea*. New York: The American museum press.
- freeworldmaps. (sd). bulgaria-physical-map. *bulgaria-physical-map*. IAStoppers, Gujarat. Opgeroepen op juni 24, 2020, van <https://www.freeworldmaps.net/europe/bulgaria/map.html>
- Georgi, N. M. (2004). The fossil proboscideans of Bulgaria and the importance of some Bulgarian finds—a brief review. *Historia naturalis bulgarica*(16), 139-150.
- Guimor, G., & Garribas, G. (2014). The last iberian gomphotere (Mammalia Proboscidea). *Palaeontol*(17), 1-16.
- Heuff, I. (2010). Hoe oud is de Oosterschelde fauna. *Straatgras*(3), 68-70.
- Heuff, I. (2010, Januari 1). Kor en Bot. *Straatgras*(3), pp. 51-52.
- Hristova, V., & Ivanov, D. (2014). Late Miocene vegetation and climate reconstruction based on pollen data from the sofia basin (west bulgaria). *Paleoworld*(23), 357-396.
- Ivanov, D., Koleva-Rekalova, E., & Bozukov, V. (2007). Late Miocene flora from SE Bulgaria: vegetation, landscape and climate reconstruction. *Phytologica Balcanica*(13), 281-292.
- Jansen, H., & Gregor, H. (1999). Eerste vondst van een laat-tertiaire boomzwam (Trametes sp.) met begeleidende flora en fauna uit de omgeving van Almelo. *Grondboor en Hamer*(53), 4-10.
- Kleter, G. (2003). *Reactions of the organic matrix in dentin caries*. Amsterdam: Amsterdam University Press.

- Konidares, G., & Roussiakis, S. (2018). The first record of *Anancus* (Mammalia, Proboscidea) in the late Miocene of Greece and reappraisal of the primitive anancines from Europe. *Journal of vertebrate paleontology*(38), .
- Konidaris, G., & Roussiakis, S. (2017). *Anancus* (Proboscidea, Mammalia) from Chomateri - The first record of the genus in the late Miocene of Greece. *Exploring a "physical laboratory": The Mediterranean Basin* (pp. 1-19). Athene: RCMNS. Opgeroepen op juni 24, 2020, van https://www.researchgate.net/publication/319480526_Anancus_Proboscidea_Mammalia_from_Chomateri_-_The_first_record_of_the_genus_in_the_late_Miocene_of_Greece
- Laws, R. M. (1966). Age criteria for the African elephant *Loxodonta africana*. *East African wildlife journal*, 1-37.
- Mayda, S. &. (2014). *Anancus* in Turkey. *Anancus in Turkey* (pp. 127-128). Thessaloniki, Greece: School of Geology, Aristotle University. Opgeroepen op juni 24, 2020, van https://www.researchgate.net/publication/262187285_Anancus_in_Turkey
- Mol, D. (2020, Maart 25). Informatie over *Anancus* Molaren. (S. van Vloten, Interviewer)
- Mol, D., van den Bergh, G., & de Vos, J. (1999). Fossil proboscideans from the Netherlands, The North Sea and the Oosterschelde Estuary. *Deanse*(6), 119-146.
- natuurinformatie. (2020). *Het Vroeg-Pleistoceen*. Opgeroepen op juni 24, 2020, van natuurinformatie: <http://www.natuurinformatie.nl/ndb.mcp/natuurdatabase.nl/i000399.html#Pretiglien>
- Peters, A., Lammers, T., & Mol, D. (1991). Mastodonten-kiezen uit Liessel (Noord-Brabant). *Cranium*(8), 89-96.
- Popescu, S., & et al, .. (2010). Pliocene and Lower Pleistocene vegetation and climate changes at the European scale: Long pollen records and climatostratigraphy. *Quaternary international*(219), 152-167.
- Pross, J., & Klotz, S. (2002). Palaeotemperature calculations from the Praetiglian/Tiglian (Plio–Pleistocene) pollen record of Lieth, northern Germany: implications for the climatic evolution of NW Europe. *Global and Planetary Change*(34), 253-267.
- Roman, C. (2018). Paleobiology as a clue to Paleolithic taphonomy: the case of reindeer hunting in Moldova. *Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*(29), 81-86.
- Scager, D., & et al., .. (2017). The Kor & Bot collection revisited, with a biostratigraphic interpretation of the Early Pleistocene Oosterschelde Fauna (Oosterschelde Estuary, The Netherlands). *Deinsea*(17), 16-31.
- Shoshani, J., & Teskel, T. (1996). *The Proboscidea Evolution and Paleoecology of Elephants and Their Relatives*. Oxford: Oxford Science Publications.
- Slupik, A., Wesselingh, F., Janse, A., & Reumer, J. (2016). The stratigraphy of the Neogene-Quaternary succession in the southwest Netherlands from the Schelphoek borehole (42G4-22/42G0022) - a sequence-stratigraphic approach. *Netherlands journal of geosciences*(95), 317-332.
- Tsoukala, E., & Mol, D. (2014). The Proboscidea of the early Villafranchian site of Milia (Grevena, Macedonia, Greece). *Quaternary International*(406), 2-21.
- turbosquid.com. (sd). 3D models. *3D tree models*. turbosquid, New Orleans. Opgeroepen op juni 24, 2020, van <https://www.turbosquid.com/3d-model/nature>
- Vervoort-Kerkhoff, Y., & van Kolfschoten, T. (1987). Tegelen. *Cranium*(4), 20-23.
- von den Driesch, A. (1978). *A guide to the measurement of animal bones*. Munich: University of Munich.

- Wesselingh, F., van den Hoek Ostende, L., & van Konijnenburg, H. (2020, 1 1). *Vroeg-Pleistoceen*.
Opgeroepen op juni 24, 2020, van geologievannederland:
<https://www.geologievannederland.nl/tijd/reconstructies-tijdvakken/vroeg-pleistoceen>
- Westerhoff, W. (2009). *Stratigraphy and sedimentary evolution: the lower Rhine-Meuse system during the late Pliocene and Early Pleistocene (southern North Sea Basin)*. Amsterdam: VU Amsterdam.
- Wikipedia. (sd). Dorkovo. *Location of Dorkovo*. Wikipedia, San Francisco. Opgeroepen op juni 24, 2020,
van <https://en.wikipedia.org/wiki/Dorkovo>
- Wildschut, H. (2010). Mammouths & Mastodontes de Haute-Loire/Mammoths and Mastodons of Haute-Loire. *Cranium*(27), 79.

Bijlagen

Bijlage 1 standaard formulier

Anancus arvernensis

Name(s) of observer(s): _____

Date: __/__/__

Specimen: _____

Location of specimen: _____

Molar or Pre-Molar: _____

Location in jaw: _____

Preserved part: _____

Findspot: _____

Age of specimen: _____

Weight in grams: _____

Alternation Cusp: _____

Wear stage: _____

Measurements in millimetres

Max Cement height: _____

Max length: _____ Max width: _____

Loph(ids)

Conule F/B, Po/P

Conelet F/B, Po/P

<i>Loph(ids)</i>	<i>Max Height</i>	<i>Max Width</i>
Pa		
Pr		
Me		
Hy		
Prd		
Med		
Hyd		
End		

<i>Conule</i>	<i>Max Height</i>	<i>Max Width</i>
Cr1		
Cr2		
Cr3		
Cr4		
Cr5		
Cr6		

<i>Conelet</i>	<i>Max Height</i>	<i>Max width</i>
Cl1		
Cl2		
Cl3		
Cl4		
Cl5		
Cl6		

Cement

<i>Crown Height</i>	<i>Lingual</i>	<i>Buccal</i>
Loph(id) 1		
Loph(id) 2		
Loph(id) 3		
Loph(id) 4		
Loph(id) 5		
Loph(id) 6		

Enamel thickness and wear stage per conus

<i>Loph(id)/Conule/Conelet</i>	<i>Max enamel thickness</i>	<i>Min enamel thickness</i>	<i>Wear Stage</i>

Further information:

Schematic Drawing(s):

Location	Quality	Height