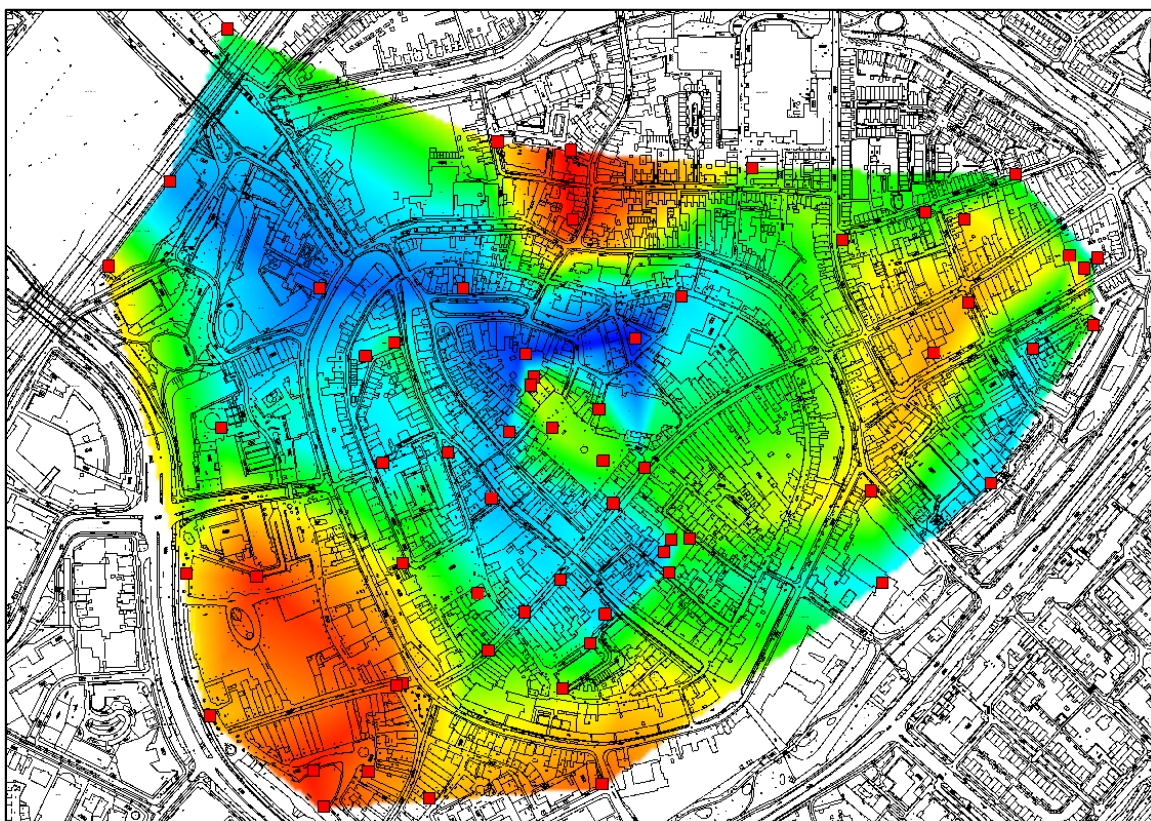


# Het dekzand van Amersfoort

## Een blik in het Pleistoceen



Afstudeerwerkstuk

Jop Reffeltrath

423501

14-11-2022

*Opdrachtgever*

Mattijs Wijker

*Begeleider*

Ronald Visser

# Voorwoord

Dit project geldt als de afsluiting van mijn studie archeologie aan hogeschool Saxion. Ik kijk terug op een leuke en leerzame stage. Ondanks de problemen van corona ben ik enorm trots op het eindproduct dat ik hier heb neergezet.

Allereerst wil ik Ronald Visser bedanken voor de steun door de jaren heen tijdens dit project en voor de feedback tijdens dit project.

Ten tweede wil ik de mensen van de dienst archeologie in Amersfoort bedanken die mij hebben geholpen tijdens dit project. In het bijzonder bedank ik Mattijs Wijker, die mij met zijn kennis sturing heeft gegeven tijdens het onderzoek.

Ten slotte wil ik mijn familie bedanken voor het helpen door de slotfase te komen.

Veel plezier met lezen.

## Samenvatting

Er is veel bekend over de ondergrond van de omgeving Amersfoort, maar hoe het oorspronkelijke landschap in Amersfoort er uit zag is een vraagstuk waar maar weinig over bekend is. Door de jaren heen hebben verschillende archeologische onderzoeken plaatsgevonden in Amersfoort, echter zijn de ondergrondgegevens van deze onderzoeken nooit samengebracht in een overzicht. Dit afstudeerwerkstuk onderzoekt hoe het landschap in en rondom Amersfoort er uit zag tijdens het Laat-Pleistoceen, met als doel zowel archeologen en ook het algemene publiek meer inzicht te geven in de geschiedenis van Amersfoort en omgeving.

Het doel van dit onderzoek is het maken van een 3D-paleoreliëfmodel van de binnenstad van Amersfoort, om de onderzoeksvraag “Hoe zag het reliëf van het Laat-Pleistocene landschap in en rond het centrum van Amersfoort eruit?” te kunnen beantwoorden. Om deze hoofdvraag goed te kunnen beantwoorden zijn deelvragen opgesteld, welke zijn onderverdeeld in drie niveaus. Dit zijn macro-, meso- en microniveau.

Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden zijn opgravingsgegevens uit opgravingsrapporten verzameld en in een Access database opgeslagen. Met deze informatie en bronnen over het maken van 3D-paleoreliëfmodellen, zijn meerdere modellen gecreëerd met het softwarepakket Mapinfo Pro 17.0, waarbij verschillende interpolatietechnieken zijn gebruikt om uiteindelijk een beter beeld van het reliëf van het landschap te genereren.

Voor het onderzoek zijn 3D-hoogtemodellen gecreëerd met dezelfde interpolatietechnieken als de 3D-paleoreliëfmodellen. Vervolgens zijn deze modellen met elkaar vergeleken om te bepalen hoe de hoogtes en de laagtes in deze modellen zich tot elkaar verhouden. Om de 3D-hoogtemodellen te testen zijn deze modellen vergeleken met het AHN3.

Dit onderzoek toont, op basis van een gelimiteerde hoeveelheid data, aan dat deze methodiek in staat is om een reliëf te creëren van Amersfoort en omgeving tijdens het Laat-Pleistocene landschap. Dit onderzoek opent de deuren voor vervolgonderzoek naar de oorspronkelijke karakteristieken van het Amersfoortse landschap. Op basis van dit onderzoek wordt aanbevolen om meer datapunten te verzamelen, om zo de database, en daarmee de modellen, te updaten om het model te verbeteren en betrouwbaarder te maken. Op deze manier kan er in

mogelijk vervolgonderzoek een accuraat beeld worden geschetst van het paleoreliëf waar de archeologen van Amersfoort veel waarde uit kunnen halen.

Het onderzoek sluit af met een discussie en aanbevelingen waarin teruggekeken wordt op het onderzoek en bekeken wordt wat in de toekomst gedaan kan worden om het onderzoek uit te breiden.

# Inhoudsopgave

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| Voorwoord .....                          | 1  |
| Samenvatting.....                        | 2  |
| 1. Inleiding.....                        | 5  |
| 2. Methoden en verantwoording.....       | 10 |
| 3. Resultaten bronnenonderzoek .....     | 15 |
| 4. Van gegevens naar model.....          | 34 |
| 5. Conclusie .....                       | 45 |
| 6. Discussie.....                        | 50 |
| 7. Aanbevelingen.....                    | 53 |
| Literatuurlijst.....                     | 55 |
| Bijlage 1: Verklarende woordenlijst..... | 1  |
| Bijlage 2: Metadata .....                | 1  |
| Bijlage 3: Overzicht opgravingen.....    | 1  |
| Bijlage 4: Handleiding.....              | 1  |

# 1. Inleiding

Landschappen veranderen door zowel natuurlijke processen als door menselijke activiteiten. De historische stad Amersfoort is gelegen in de Gelderse Vallei. Deze vallei is ontstaan tijdens de voorlaatste ijstijd (Saalien) toen het landijs tot in Nederland reikte. Het ijs stuwde zand en grind op waardoor de Utrechtse heuvelrug en het Veluwe-massief ontstonden. Tussen deze stuwwallen vormden zich bekken dat de basis vormt van de Gelderse Vallei.<sup>1</sup> Tijdens de laatste ijstijd (Weichselien) was Nederland een poolwoestijn. Poolwinden brachten in de Gelderse Vallei reliëf aan in het zand. Hierdoor ontstonden paraboolvormige duinen (dekzandruggen).<sup>2</sup> Na de laatste ijstijd, in het Holoceen, werden de laagtes opgevuld met veen.<sup>3</sup> Dit landschap is over lange tijd veranderd en het oorspronkelijke Pleistocene landschap is nauwelijks meer te herkennen.

Wanneer het oorspronkelijke landschap gevisualiseerd wordt door middel van een driedimensionaal model (3D-model) is het mogelijk om structuren en vondsten, die aangetroffen zijn tijdens een opgraving, in het oorspronkelijke landschap te plaatsen. Dit kan veel informatie bieden aan de archeologen en het publiek. Deze reconstructie kan gedaan worden door middel van een 3D-paleoreliëfmodel. Het onderzoek is gedaan in opdracht van de archeoloog Mattijs Wijker, hij is een archeoloog bij het Centrum voor Archeologie (CAR). Het CAR functioneert als de archeologische dienst van de gemeente Amersfoort en voert verschillende werkzaamheden uit zoals:

- Het toetsen van plannen
- Het opstellen van Programma van Eisen
- Archeologisch onderzoek
- Bodemonderzoeken
- Verwerking van vondsten
- Deponering/depotbeheer
- Rapporten schrijven
- Geven advies
- Publieksbereik in de vorm van lezingen, lessen, exposities en publicaties

Verdere informatie is te vinden op de website van het CAR: <https://archeologischcentrum.nl/>. Het hier beschreven onderzoek kan het CAR ondersteunen bij verschillende werkzaamheden

---

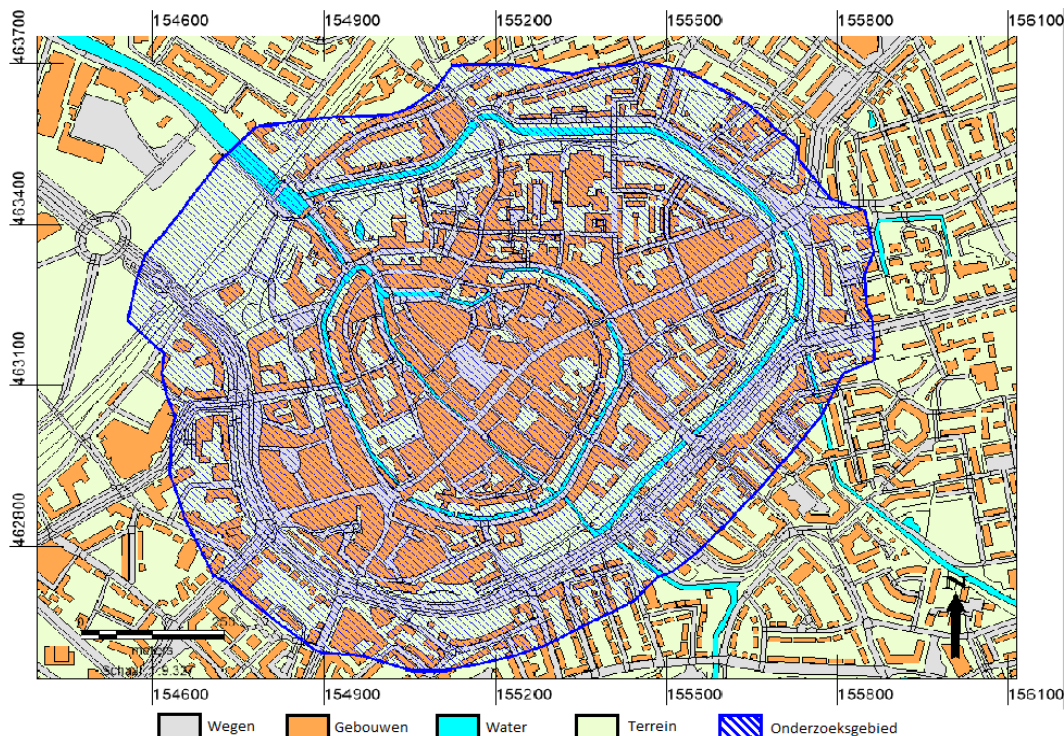
<sup>1</sup> Scholte Lubberink *et al.* 2015, 17.

<sup>2</sup> *idem*, 19-22.

<sup>3</sup> *idem*, 22-27.

zoals: Het opstellen van een Plan van Eisen, publieksbereik, bodemonderzoeken, archeologisch onderzoek en het schrijven van rapporten. Bij archeologisch onderzoek behoort het uitvoeren van bureauonderzoeken, IVO-P, DO en het schrijven van een OS15. Het gecreëerde model kan in archeologisch onderzoek gebruikt worden door de locatie op het model op te zoeken en daarbij een idee te krijgen van de hoogte van het dekzand. Bij Publiekbereik en het schrijven van rapporten kan het model gebruikt worden als een visueel beeld voor het publiek. Niet ieder persoon heeft een ruim voorstellingsvermogen en niet iedereen kan even goed ruimtelijk denken, waardoor het lastig kan zijn om bepaalde informatie over te brengen en met een (3D-)model kan deze informatie duidelijk overgebracht worden. Met dit model krijgt het publiek een beter beeld van de informatie dat de schrijver probeert over te brengen en daarmee kan de overdacht van deze informatie beter plaatsvinden.

Het onderzoek is uitgevoerd onder de begeleiding van Mattijs Wijker van het CAR en Ronald Visser van de opleiding Archeologie van Saxion. Het onderzoeksgebied betreft de historische binnenstad van Amersfoort en 100 meter daarbuiten (zie figuur 1). De keuze voor deze 100 meter is gemaakt zodat de hoogtemetingen die net buiten de grens van de binnenstad liggen ook het model kunnen aanvullen.



Figuur 1: Onderzoeksgebied van project.

### **1.1. Probleemstelling en doelstelling**

Het paleoreliëf van de binnenstad van Amersfoort is in het verleden niet uitgebreid onderzocht. Dit heeft als gevolg dat het oorspronkelijke landschap van Amersfoort alleen op grootschalig niveau bekend is met de verschillende afzettingen en de nauwkeurige vorm van het landschap grotendeels onbekend is. Informatie over de ondergrond is over de jaren heen verzameld, echter is deze informatie nu verspreid over veel verschillende rapporten. Hierdoor is niet alle informatie goed toegankelijk terwijl het wel gebruikt kan worden voor archeologisch onderzoek, bijvoorbeeld voor het uitwerken van opgravingen. Door het samenbrengen en inventariseren van de data kan een overzicht gemaakt worden. Archeologen kunnen vervolgens de data van een locatie opzoeken en gelijk de data van de omliggende gebieden zien. Deze data kunnen vervolgens makkelijker in een onderzoek verwerkt worden, indien deze relevant zijn voor het onderzoek. Zonder dit overzicht kost het meer tijd en moeite voor de archeologen om deze data op te zoeken en te verwerken in een onderzoek. Een mogelijke oplossing hiervoor is de creatie van een 3D-paleoreliëfmodel.

Dit 3D-model kan archeologen helpen met het visualiseren van het oorspronkelijke landschap tijdens een archeologisch onderzoek. Het kan ook gebruikt worden voor het publiek als een visueel product om de geschiedenis van het landschap te begrijpen. Het model kan gebruikt worden in archeologische onderzoek om structuren die tijdens opgravingen gevonden zijn in het bijhorend landschap te visualiseren en daarmee een beter beeld te creëren van de context. Om dit model te maken is de hoofdvraag opgesteld ‘Hoe zag het reliëf van het Laat-Pleistocene landschap in en rond het centrum van Amersfoort eruit?’. Vervolgens zijn deelvragen opgesteld om te helpen met het beantwoorden van de hoofdvraag. De deelvragen gaan over onderwerpen zoals bronnen, hoe een betrouwbaar model gemaakt kan worden en wat de meerwaarde van een 3D-paleoreliëfmodel is. Deze deelvragen ondersteunen de hoofdvraag omdat de informatie bruikbaar en nodig zijn om een accuraat en betrouwbaar model te maken en met het model de hoofdvraag beantwoord kan worden.

Het doel van het onderzoek is het visualiseren van de gegevens over de ondergrond van Amersfoort. Dit doel wordt gerealiseerd in de vorm van een 3D-paleoreliëfmodel in combinatie met een verantwoording en een bestand met alle gegevens. Een persoonlijk doel van het onderzoek is om te leren hoe een 3D-hoogtemodel gemaakt kan worden en wat de toegevoegde waarde van een 3D-paleoreliëfmodel kan zijn bij archeologisch onderzoek. Voor



het oplossen van de probleemstelling zijn onderzoeksvragen opgesteld met als doel om een betrouwbaar 3D-paleoreliëfmodel te kunnen maken.

## **1.2. Onderzoeksvragen**

### *Hoofdvraag*

Hoe zag het reliëf van het Laat-Pleistocene landschap in en rond het centrum van Amersfoort eruit?

### *Deelvragen*

#### Microniveau

1. Welke bronnen zijn beschikbaar over de opbouw van het paleoreliëf van Amersfoort?
2. Welke bronnen zijn beschikbaar over het maken van een 3D-paleoreliëfmodel?
3. Welke andere 3D-modellen van paleoreliëf zijn gemaakt?

#### Mesoniveau

4. Hoe kan de betrouwbaarheid van een 3D-paleoreliëfmodel geborgd worden?
5. Hoe kunnen de bronnen gebruikt worden om een betrouwbaar en accuraat 3D-paleoreliëfmodel te maken?
6. Welke interpolatietechniek is het meest geschikt voor het maken van een 3D-paleoreliëfmodel?

#### Macroniveau

7. Welke meerwaarde heeft een 3D-paleoreliëfmodel voor het begrip van de ondergrond van Amersfoort in relatie tot het archeologische werkgebied, beleid en uitwerking?

### **Micro-, meso- en macroniveau**

Het onderzoek en de deelvragen zijn opgedeeld in drie niveaus: Macroniveau, mesoniveau en microniveau. Het microniveau gaat over de brongegevens. Het mesoniveau gaat over het produceren van een model gebaseerd op de bronnen en over de betrouwbaarheid van het model. Het macroniveau gaat over de wetenschappelijke meerwaarde van een 3D-paleoreliëfmodel in het archeologische werkgebied, beleid en uitwerking.

### **1.3. Leeswijzer**

De opbouw van het document is als volgt:

- In hoofdstuk 1 worden het project, het onderzoekskader en de onderzoeksvragen uitgelegd.
- In hoofdstuk 2 worden de methoden en de verantwoording van de gebruikte methodes behandeld.
- In hoofdstuk 3 worden de brongegevens, de database en welke keuzes hierin zijn gemaakt behandeld.
- In hoofdstuk 4 wordt het eindresultaat van het model behandeld.
- In hoofdstuk 5 wordt de conclusie van het onderzoek getrokken en de onderzoeksvragen beantwoordt.
- In hoofdstuk 6 wordt gereflecteerd over hoe het onderzoek verlopen is, de validiteit van het project en welke problemen tegengekomen zijn tijdens het onderzoek.
- In hoofdstuk 7 worden aanbevelingen voor een mogelijk vervolgonderzoek beschreven.
- Na de hoofdstukken staat de literatuurlijst.
- Aan het einde van het document staan de bijlagen.

## **2. Methoden en verantwoording**

Voor het project is gebruik gemaakt van twee onderzoeksmethoden. Voor het verzamelen van de gegevens is een literatuuronderzoek uitgevoerd en voor het verwerken van de gegevens naar een functioneel 3D-model is een digitaal ruimtelijk onderzoek uitgevoerd. Hieronder zal per onderzoeksmethode uitgelegd worden hoe elke methode gebruikt is.

### **2.1. Methodiek per deelvraag**

Door middel van de verschillende onderzoeksmethoden worden de deelvragen beantwoord. Om deelvraag 1 t/m 7 te beantwoorden worden bronnen uit het literatuuronderzoek gebruikt. Het digitale onderzoek wordt gebruikt om deelvraag 3 t/m 7 te beantwoorden.

### **2.2. Literatuuronderzoek**

Voor het literatuuronderzoek zijn verschillende opgravingsrapporten van het CAR gebruikt. Deze zijn afkomstig uit het digitale rapport-database van gemeente Amersfoort. In deze rapporten is gezocht naar NAP-hoogtes van het dekzand of mogelijk aanwezige bodemhorizonten. De bodemhorizonten zijn de A-, E- en B-horizonten als één of meerdere aanwezig zijn.

Voor de bronnen voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen zijn de digitale bestanden van het CAR gebruikt en is op het internet gezocht naar overige relevante informatie. Deze bronnen behandelen het paleoreliëf van Amersfoort, de geologie van Amersfoort, informatie over het maken van een 3D-paleoreliëfmodel, informatie over de mogelijke interpolatietechnieken voor het maken van een 3D-paleoreliëfmodel en informatie over al eerder gemaakte 3D-paleoreliëfmodellen.

Voor beide soort bronnen zijn bepaalde eisen gesteld waar aan voldoen moesten worden om gebruikt te worden voor dit onderzoek. Deze eisen zijn opgesteld om de betrouwbaarheid van het onderzoek te waarborgen. De eisen van de bronnen voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen bestaan uit de volgende onderdelen: de bron moet een wetenschappelijke publicatie zijn met alle juiste informatie om de betrouwbaarheid te achterhalen: auteur(s), jaartal van publicatie, uitgever en/of plaats van publicatie. Onder wetenschappelijke publicaties vallen rapporten, gepubliceerde boeken en artikelen uit vaktijdschriften. Voor

bronnen afkomstig van websites zijn de volgende eisen gesteld: alleen van officiële websites en wanneer mogelijk met auteur en jaartal van publicatie.

Voor het opslaan van de gegevens is het softwarepakket Microsoft Access 2010 gebruikt. Met dit pakket is een database aangemaakt waarin alle gegevens die nodig zijn voor het onderzoek, ingevoerd zijn. De onderdelen van deze database worden in hoofdstuk 3 verder uitgelegd.

De beslissing is gemaakt om DINOluket niet te gebruiken voor het bronnenonderzoek. De reden is dat deze gegevens niet duidelijk en concreet genoeg zijn om de betrouwbaarheid van het model te waarborgen. De gegevens zijn niet duidelijk genoeg omdat niet aangegeven is welke laag bij welke horizon hoort en daarmee ook niet aangegeven wordt welke laag het dekzand is. Verder zijn er geen foto's van de profielen aanwezig waardoor het niet mogelijk is om zelf de verschillende lagen te interpreteren. De opdrachtgever had zelf de beslissing genomen om vanwege deze reden de gegevens van DINOluket niet te gebruiken. DANS EASY is ook niet gebruikt omdat de gegevens van de binnenstad van Amersfoort op DANS EASY van het CAR zelf zijn en geen nieuwe informatie bieden.

De gebruikte bronnen voor dit onderzoek zijn gekozen omdat deze diverse en relevante informatie bieden. De verschillende bronnen bieden verschillende technieken voor het maken van modellen en noemen verschillende aspecten waar rekening mee gehouden moet worden om een accuraat en betrouwbaar model te maken. Voor de informatie over de bewoningsgeschiedenis en het ontstaan van het landschap zijn voor de gebruikte bronnen gekozen omdat hiermee een allesomvattend beeld geschetst kan worden van beide onderwerpen. Aanvullende bronnen kunnen mogelijk andere technieken voor het maken van modellen geven, echter zal dit minder relevant zijn voor dit onderzoek omdat de data bestaat uit onregelmatig verspreide booronderzoeken in plaats van meer grondige onderzoeken zoals LIDAR en remote sensing. En dit zorgt ervoor dat sommige technieken niet mogelijk zullen zijn. Om het onderzoek niet onnodig te vullen met minder relevante informatie en daardoor het meer omslachtig te maken is ervoor gekozen om het aantal bronnen te behouden tot de huidige hoeveelheid.

### **2.3. Digitale onderzoek**

Voor het digitale onderzoek is gebruik gemaakt van drie soorten softwarepakketten. Voor het opslaan van de gegevens is gebruik gemaakt van Microsoft Access 2010. Voor het achterhalen van de coördinaten per punt is het softwarepakket AutoCAD 2015 gebruikt. Met deze software zijn de gedigitaliseerde puttekeningen van de opgravingen geopend en de coördinaten van het gebruikte bodemprofiel achterhaald. Voor het maken van het 3D-hoogtemodel is gebruik gemaakt van het GIS-softwarepakket Mapinfo Pro versie 17.0. Hiervoor is gekozen omdat dit softwarepakket door de archeologen van het CAR wordt gebruikt en door de opdrachtgever beschikbaar was gemaakt om te gebruiken voor dit onderzoek.

Om de coördinaten uit de database om te zetten naar zichtbare punten in Mapinfo wordt gebruik gemaakt van de 'Create Points' functie. Vervolgens wordt een thematische kaart gemaakt. Er is voor gekozen om te interpoleren via deze functie in plaats van de functie 'Raster maken' vanwege het feit dat deze tweede functie alleen beschikbaar is voor de Advanced versie van Mapinfo pro 17. Door het gebruik van deze functie kan later het model door de opdrachtgever aangepast worden als nieuwe data beschikbaar komt. Om te controleren of de coördinaten/locatie van de punten in de database juist zijn is een GIS-bestand van de binnenstad van Amersfoort gebruikt. Hiermee is gecontroleerd of de punten op de juiste locatie liggen ten opzichte van het archeologische rapport. Door het gebruik van de 'Thema toevoegen'-functie zijn de enige twee beschikbare interpolatiemethoden: Triangular Irregular Network (TIN) en Inverse Distance Weighted (IDW).

De voordelen van het gebruik van de 'Thema toevoegen'-functie is dat de opdrachtgever ook toegang heeft tot deze functie en deze simpel en makkelijk gebruikt kan worden om nieuwe modellen te creëren als nieuwe data toegevoegd kan worden. De nadelen van deze functie is dat het beperkte instellingen heeft en minder interpolatietechnieken heeft dan de 'Raster maken'-functie. De interpolatietechnieken van de 'Raster maken'-functie zijn: IDW, TIN, Minimum kromme, Dichtstbijzijnde, Natuurlijke buur, Dichtheid Hotspots, Afstand en Stempel.

De TIN methode is een simpele interpolatietechniek. De meest gebruikte TIN methode is de Delaunay methode. Het werkt door drie punten te nemen en daar lijnen tussen plaatsen die de vorm van een driehoek maken. Deze driehoeken worden gemaakt om niet met elkaar te overlappen. TIN 'smoothes' de data niet, niet in de manier waarop andere methoden doen,

waardoor het resultaat een hoekig model is (zie figuur 8). De nauwkeurigheid van de methode hangt af van de hoeveelheid punten rondom een punt. Clusters van punten zijn nauwkeuriger dan losse punten vanwege de grootte van de driehoeken. Een voordeel van TIN is dat het snel werkt en weinig geheugen gebruikt.<sup>4</sup> Voor TIN zijn de volgende instellingen die bepaald moeten worden voor het interpoleren: celgrootte, tolerantie, afstand en hoofdhoek. De gridafmetingen worden bepaald door de gekozen celgrootte. De celgrootte bepaald zowel de hoogte als de breedte van de cel. De tolerantie bepaalt of punten die dichtbij liggen genegeerd worden.<sup>5</sup> De afstand bepaalt de maximale afstand tussen punten. De hoofdhoek bepaalt de hoek in graden wat als een ‘scherpe rand’ telt. Wanneer een hoek tussen naburige polygonen groter is dan de waarde van de hoofdhoek telt deze als ‘scherp’. Deze laatste instelling wordt gebruikt om het grid te ‘smoothen’.<sup>6</sup>

Met de interpolatietechniek IDW gaat de techniek er van uit dat een ingevoerd punt een invloed heeft dat afneemt over afstand. Het weegt punten dicht bij een bepaalde locatie op de kaart sterker dan punten die verder weg liggen. De techniek gebruikt een gespecificeerd aantal punten of alle punten in een aangegeven radius om de output waarde voor een locatie te bepalen. Het algoritme van deze techniek is in principe een bewegende gemiddelde interpolator. De geïnterpoleerde data zijn altijd lager dan de hoogste ingevoerde waarde en hoger dan de laagste ingevoerde waarde. De voordelen van deze interpolatietechniek zijn: het kan extreme veranderingen in terrein berekeningen, het werkt goed met even verspreide punten die dicht op elkaar liggen, en het kan de hoeveelheid van proefpunten verhogen of verlagen om de cel-waardes te beïnvloeden. Er zijn echter ook nadelen aan deze interpolatietechniek. Deze zijn: de techniek kan niet boven de maximale en onder de minimale waarde inschatten/berekenen, en het is niet een goede techniek voor bergachtig terrein.<sup>7</sup> Voor IDW zijn de volgende instellingen die bepaald moeten worden voor het interpoleren: celgrootte, exponent, ‘straal zoeken’ en roosterrand. In plaats van gridafmetingen werkt IDW met Roosterafmetingen, deze worden ook bepaald door de gekozen celgrootte. Verder moet bij IDW bepaald worden op welke wijze samenvallende punten samengevoegd worden: gemiddelde, aantal, som, min en max. De exponent bepaald hoeveel invloed elk punt heeft op het resultaat, des te hoger de waarde des te meer invloed het

---

<sup>4</sup> <https://www.aspexit.com/en/spatial-data-interpolation-tin-idw-kriging-block-kriging-co-kriging-what-are-the-differences/>

<sup>5</sup> Conolly & Lake 2006, 107.

<sup>6</sup> Gillings *et al.* 2020, 121-122.

<sup>7</sup> [Types of Interpolation - Advantages and Disadvantages \(gisresources.com\)](#)

punt heeft op de waarde van de cel. ‘Straal zoeken’ bepaalt de maximale afstand in de gridcellen tussen een gridcel en het naburige punt. De roosterrand kan gebruikt worden om het grid uit te breiden buiten de aangegeven data.<sup>8</sup>

Uiteindelijk zijn beide technieken vergeleken en is ervoor gekozen om beide technieken te gebruiken in dit onderzoek. Hierna zullen deze modellen met elkaar vergeleken worden op de volgende punten: Verschillen in interpolatietechnieken, overeenkomsten tussen modellen, en herkenbare locaties. Verder zal het onderzoek bestaan uit meerdere sub-onderzoeken, in tegenstelling tot een enkel systematisch onderzoek. Hierdoor is de verwachting dat de verdeling van de punten erg onregelmatig zal zijn. Het interpoleren zal aan de hand van de volgende instellingen gaan. Voor het TIN-model zijn de volgende instellingen gekozen: Celgrootte is 4m<sup>2</sup>, gridafmetingen is 239 bij 188, tolerantie is 0.005, afstand is 63.5 en hoofdhoek 25 graden. Voor het IDW-model zijn de volgende instellingen gekozen: celgrootte is 4m<sup>2</sup>, roosterafmetingen is 239 bij 188, exponent is 2, ‘straal zoeken’ is 400 meter, roosterrand is 0 en samenvallende punten worden samengevoegd gebaseerd op het gemiddelde.

---

<sup>8</sup> Gillings *et al.* 2020, 121.

## 3. Resultaten bronnenonderzoek

### 3.1. Achtergrond

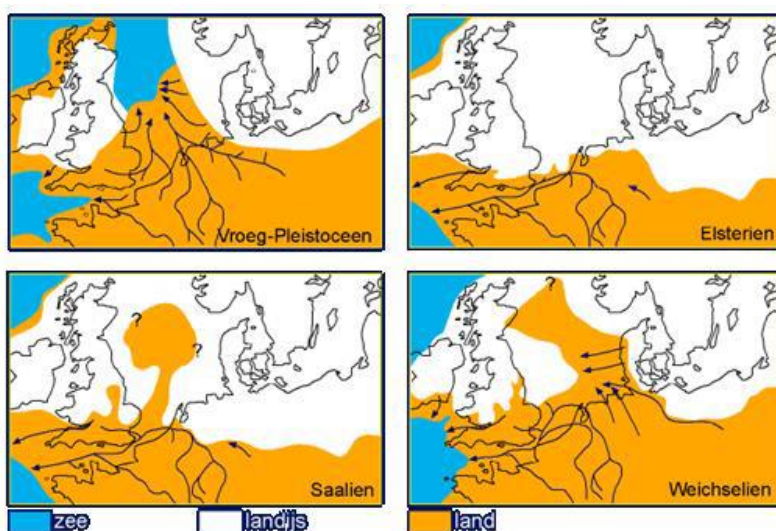
Voor de gegevens van het onderzoek zijn twee type bronnen onderzocht: opgravingsgegevens voor de database en literatuur om de onderzoeksvragen te beantwoorden. Voor het literatuuronderzoek zijn bronnen uit het plan van aanpak en bronnen die tijdens het onderzoek verzameld zijn gebruikt.<sup>9</sup>

### 3.2. Literatuur

#### 3.2.1. Ontstaan van het landschap

Het prehistorische landschap van Amersfoort is gedurende de twee afgelopen ijstijden ontstaan. In deze paragraaf volgt een uitgebreidere tekst van deze informatie.

Tijdens de voorlaatste ijstijd (Saalien), ruim 150.000 jaar geleden, reikte het landijs tot in Nederland (zie figuur 2). De gletsjers stuwden toen het aanwezige zand en grind naar voren. Op deze manier ontstonden de Utrechtse Heuvelrug en het Veluwe-massief.<sup>10</sup> De Amersfoortse Berg, waar Amersfoort gedeeltelijk op gebouwd is, is onderdeel van de Utrechtse Heuvelrug in het noordoostelijke gedeelte en is specifiek een uitloper van de stuwwal van Woudenberg.<sup>11</sup> Tussen deze stuwwallen vormde zich een bekken dat de basis vormt van de Gelderse Vallei.<sup>12</sup>



Figuur 2: Landijs over verschillende tijdsperiodes. Bron: Berendsen 2008.

<sup>9</sup> Conolly & Lake 2006, Scholte Lubberink et al. 2015 en Snieder & Krauwer 1994.

<sup>10</sup> Scholte Lubberink et al. 2015, 17.

<sup>11</sup> Mulder et al. 2003.

<sup>12</sup> idem, 17.



Na het Laat-Saalien brak het Eemien aan, een lange en warme periode. De terugkeer van de zee na het Laat-Saalien wordt aangeduid door de 15 meter dikke afzettingen in de Bekkens van Amersfoort. Door het smelten van het landijs kon de zee uiteindelijk ook de glaciële bekkens en de diepe rivierdalen binnendringen.<sup>13</sup> De eerste Eemafzettingen in de Vallei zijn gevormd in ondiepe subarctische meertjes.<sup>14</sup> Deze afzettingen worden opgevolgd door wijder verbreide brakwaterafzettingen (gyttja en klei) en mariene afzettingen (zand en klei).<sup>15</sup> Op dat moment bestond het centrale en noordelijke deel van de Gelderse Vallei uit een ondiepe zee met strandwallen en strandvlakten met in de zuidelijke vallei een lagunair/estuair waddenmilieu met kwelders en veen moerassen.<sup>16</sup>

In het Vroeg-Weichselien (Weichselien, 116.000 tot 11.500 jaar geleden) was al sprake van permafrostcondities en was het vegetatiedek getransformeerd in een boomloze toendra.<sup>17</sup> Omdat de grond permanent bevroren was kon maar weinig bodemwater in de grond trekken. Het vlakke toendralandschap bestond, vanwege de koele en natte fasen, uit drassige en moerasachtige vlakten en wat hoger gelegen droge zandgronden, doorsneden door talrijke beken en kleine riviertjes.<sup>18</sup>

In het Laat Pleniglaciaal (28.000 jaar geleden) was het koud en droog.<sup>19</sup> Het droge Laat Pleniglaciële zandlandschap vormde een grote bron voor stuifzand, dat in uitgestrekte delen van de vallei en in de luwte van de heuvels als een dikke, zwak golvende deken over het landschap werd verspreid. Het resultaat van deze vorming van stuifzand wordt dekzanden genoemd. Over het algemeen zijn de dekzandafzettingen relatief vlak, maar komen ook in lage duinvormen voor.<sup>20</sup> De Midden en Laat Pleniglaciële dekzanden zijn in minstens twee fasen afgezet en zijn soms van elkaar gescheiden door één of meerdere grindsnoertjes (afstuiwingsniveaus).<sup>21</sup> In de laatste paar duizend jaar van het Laat Pleniglaciaal werd het klimaat wat milder en ontstond een dun vegetatiedek.<sup>22</sup> De combinatie van stuifzand en de

---

<sup>13</sup> Scholte Lubberink *et al.* 2015, 18.

<sup>14</sup> Cleveringa *et al.* 2000, 197-216.; Van Leeuwen *et al.* 2000, 177.

<sup>15</sup> Zagwijn 1961, 15-45.; Cleveringa *et al.* 2000, 197-216.

<sup>16</sup> Van der Vlerk & Florschütz 1953, 1-58.; Van Voorthuysen 1958, 27-30.; Zagwijn 1961, 15-45.

<sup>17</sup> Zagwijn 1961, 15-45.; Cleveringa *et al.* 2000, 197-216.

<sup>18</sup> Ran 1990, 139-203.

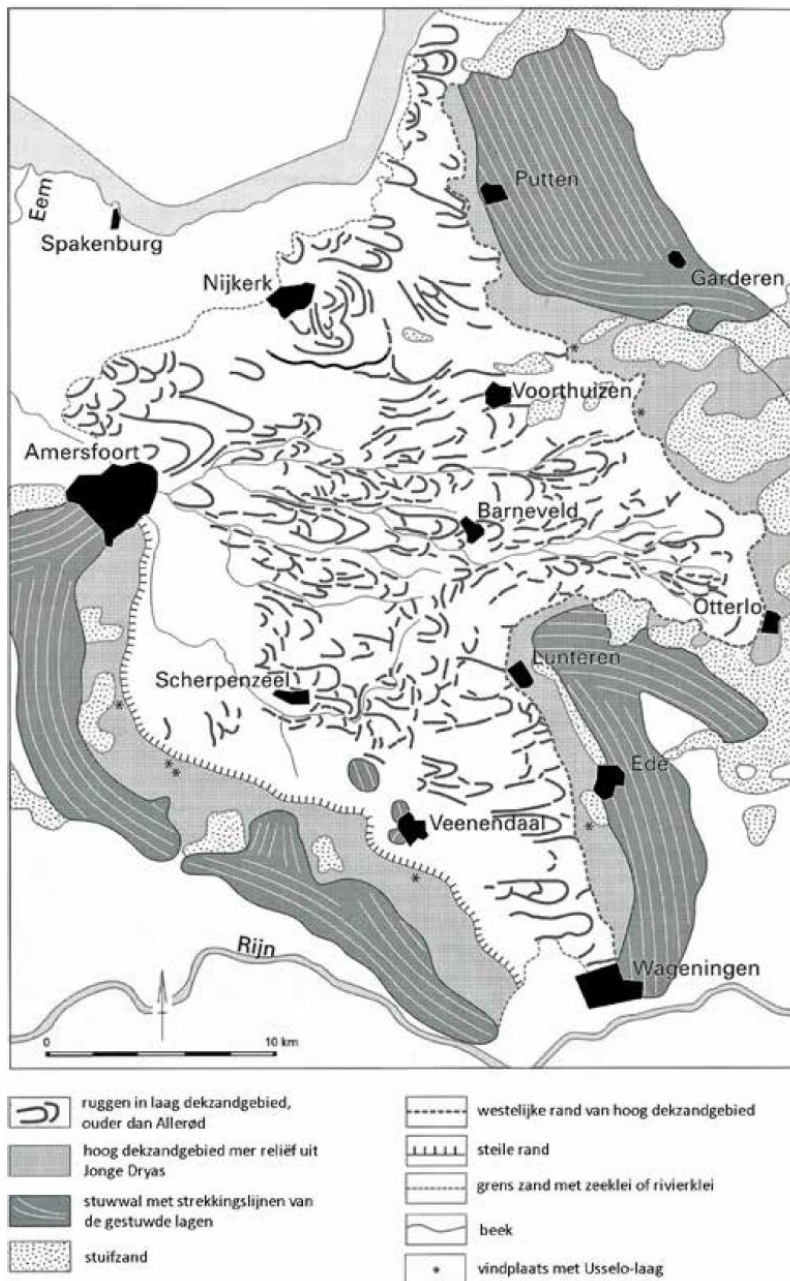
<sup>19</sup> Van der Hammen *et al.* 1967, 55-213.

<sup>20</sup> Verbraeck 1984, 135.

<sup>21</sup> Koster 1982, 121-129.; Kasse 2002, 507-532.

<sup>22</sup> Scholte Lubberink *et al.* 2015, 22.

dunne vegetatie leidde tot paraboolduinvorming. Dit vond voornamelijk plaats in het vlakkere centrale dekzandgebied van de Gelderse Vallei, dwars op de lengterichting van het bekken.<sup>23</sup> Dit heeft in grote delen van de Vallei een belangrijke rol gespeeld in de vorming van de huidige landschapsstructuur (zie figuur 3).<sup>24</sup>



Figuur 3: Verbreiding van lage dekzandruggen in de Gelderse Vallei. Bron: Maarleveld & Van der Schans 1961 en Verbraeck 1984, fig. 46).

<sup>23</sup> Maarleveld & Van der Schans 1961, 22-34.

<sup>24</sup> Scholte Lubberink *et al.* 2015, 22.

De laatste periode van het Weichselien wordt Laat-Glaciaal (15.000 tot 11.700 jaar geleden) genoemd en wordt gekenmerkt door klimaatwisselingen die snel op elkaar volgde. Het laat-glaciaal was van tijd tot tijd veel warmer en natter dan de interstadialen van het Midden-Pleniglaciaal. Hierdoor ontstond een organisch sediment met plantaardige resten en ingespoeld en ingewaaid klastisch sediment. Hiervan is het meest karakteristieke element de vorming van bladmosveen.<sup>25</sup> In de Late Dryas (13.000 jaar geleden), keerde het klimaat van Europa terug naar arctische omstandigheden.<sup>26</sup> De gesloten bossen veranderden in een open taiga-achtig landschap en op grote schaal trad verstuiving op. Over uitgestrekte oppervlakten werd fijn stuifzand neergelegd, wat onder invloed van de dunne vegetatie leidde tot de vorming van lage duinen. In en langs de dichter begroeide dalvlakten vormden zich grootschalige duincomplexen.<sup>27</sup> Omstreeks 11.700 jaar geleden stegen de zomertemperaturen binnen zeer korte tijd naar waarden tot 17°C, waardoor het zandlandschap langzaam begroeid raakte, eerst met typische toendravegetatie en daarna met cypergrassen.<sup>28</sup>

Omdat de kustlijn ver weg lag, bleef het klimaat droog en schraal. In de Vallei waren alleen de Eem en de aantakende laaglandbeken als drainagesysteem aanwezig. Omdat het water niet meer wegvloede uit het gebied en met de combinatie van goed doorlatende zandbodems, kweldruk vanuit de omliggende heuvels, een langzame toename van neerslag en een vlak bekkengebied, steeg de grondwaterspiegel vrij snel. Tijdens het Vroeg- en Midden-Holoceen was de zeespiegel zover gestegen dat de Eem vervlakt was en het grondwater gestegen was, wat leidde tot grootschalige vernatting.<sup>29</sup>

### 3.2.2. Bewoningsgeschiedenis

#### Steentijd

Tijdens een warmere periode in de laatste IJstijd tot ongeveer 15.000 jaar geleden, werd de regio van de Gelderse Vallei bezocht door Neanderthalers. De Neanderthalers jaagden op grote grazers als mammoeten, wolharige neushoorns en reuzenherten die door het toendra-achtige landschap trokken. Ongeveer 15.000 jaar geleden (het Laat Paleolithicum) kwamen de eerste moderne mensen naar deze regio; zij trokken achter rendieren aan die ze jaagden en

---

<sup>25</sup> Scholte Lubberink *et al.* 2015, 22.

<sup>26</sup> Rooth 1982, 131-149.; Broecker *et al.* 1989, 318-321.; Renssen 1997, 19-30.

<sup>27</sup> Maarleveld & Van der Schans 1961, 22-34.

<sup>28</sup> Walker *et al.* 2008, 3-17.

<sup>29</sup> Scholte Lubberink *et al.* 2015, 24-25.

sloegen tijdelijke kampementen op.<sup>30</sup> Archeologisch bewijs van deze bewoning is in de vorm van vuurstenen werktuigen die gevonden zijn op plaatsen waar oude grondlagen aan het oppervlakte komen, zoals in een gestuwde rivierafzetting. Hiernaast zijn soortgelijke gereedschappen gevonden op de Leusderheide en nabij Soesterberg.<sup>31</sup>

Rond 8.800 v. Chr., (het Mesolithicum) werd het klimaat warmer en bracht het veranderingen in het landschap. In de zomer werd de Gelderse Vallei door rondtrekkende mensen bezocht die jaagden, visten en verzamelden. Deze mensen verbleven in basiskampen van waaruit ze op expedities gingen naar tijdelijke activiteitenkampen. Archeologisch bewijs van deze mensen is teruggevonden in de vorm van vuurstenen artefacten, haardplaatsen/haardkuilen en afval.<sup>32</sup>

Rond 5.300 v. Chr. (het Neolithicum) vestigden de eerste boeren zich in deze regio. Hierdoor veranderde de bestaanswijze van de mens langzaam meer van jager naar boer. Deze boeren verbouwden gewassen zoals: emmertarwe, gerst, vlas, gierst en boekweit. Verder hielden deze boeren vee zoals: runderen, schapen, geiten en varkens.<sup>33</sup> Met de komst van de boeren ontstonden kleine, (semi-) permanente nederzettingen van houten boerderijen. Verdere veranderingen zijn het gebruik van aardewerk, metaalbewerking (koper), het wiel en het gebruik van grafheuvels om overledenen te begraven. Vele van deze grafheuvels komen voor op de stuwwallen rond de Gelderse Vallei. Sporen van nederzettingen zijn terug te vinden op de dekzandruggen van de omgeving.<sup>34</sup>

### Metaaltijden en Romeinse tijd

Vanaf 2.000 v. Chr. (de Bronstijd) ging men brons gebruiken. Rond 1.200 v. Chr. worden het gebruik van grafheuvels vervangen door het gebruik van urnenvelden waar crematieresten in urnen begraven werden en afgedekt werden met een heuveltje, met daaromheen een greppel. Vanaf 800 v. Chr. ging men gebruik maken van ijzer. Archeologisch bewijs uit deze periode is gevonden in de vorm van sporen van boerenerven en sporen van urnenvelden.

---

<sup>30</sup> Kooijmans *et al.* 2005, 105.

<sup>31</sup> Hulst *et al.* 2013, 15.

<sup>32</sup> Hulst *et al.* 2013, 15-16.

<sup>33</sup> De Boer *et al.* 2009, 53.

<sup>34</sup> Hulst *et al.* 2013, 16-17.

Rond 12 v. Chr. trekken de Romeinen ons land binnen en eindigt de Prehistorie. De samenleving rond Amersfoort blijft vrijwel onveranderd tegenover de IJzertijd. Door de vondst van Romeinse voorwerpen kan wel geconstateerd worden dat de inheemse bevolking handelscontacten had met de Romeinen. In Oud-Leusden zijn resten gevonden van een Inheems-Romeinse nederzetting en van een gebouwtje dat mogelijk als Romeinse wachttoren geïnterpreteerd kan worden.<sup>35</sup>

### Vroege en Hoge Middeleeuwen

In Amersfoort zijn van de vroegst bekende bewoning uit de Vroege Middeleeuwen zijn sporen aan de Schothorsterlaan, gevonden van een boerderij die rond het 800 daar stond. Op deze locatie is onder andere aardewerk gevonden.<sup>36</sup>

In dezelfde periode was Amersfoort een boerennederzetting gelegen aan de rivier de Eem. Amersfoort wordt voor het eerst vermeld in 1028 als Amersforde. De etymologie van de naam verwijst naar een voorde, een plaats waar een rivier doorwaadbaar is, aan de rivier de Amer.<sup>37</sup> Als Amersfoort vergeleken wordt met andere steden uit deze tijd zoals Utrecht en Deventer, kan geconcludeerd worden dat Amersfoort een late stedelijke ontwikkeling had. Verder wordt Amersfoort in oorkonden van voor 1200 wordt maar drie keer genoemd en bij één van deze oorkonden wordt er getwijfeld over de echtheid daarvan.<sup>38</sup> In 1203 wordt voor het eerst een bisschopshof in Amersfoort genoemd, deze staat bekend als De Hof.<sup>39</sup> De Hof is gelegen op een uitloper van de Utrechtse heuvelrug naast de rivier de Eem. De Eem liep met een boog aan de oostkant van De Hof en volgde ongeveer het tracé van het noordelijk gedeelte van de tegenwoordige Zuidsingel en vervolgens de Weverssingel en 't Havik. Rond 1200 wordt deze loop afgesneden door de aanleg van de Langegracht en de Kortegracht.<sup>40</sup> In het jaar 1259 kreeg Amersfoort stadsrechten van de bisschop van Utrecht, Hendrik van Vianden. Dit was ruim 100 jaar nadat Utrecht stadsrechten had gekregen.<sup>41</sup>

In het boek 'Middeleeuwse huizen in Amersfoort' wordt beweerd dat één van de twee mogelijke locaties van de oude voorde aan de oostkant van de historische binnenstad is, waar

---

<sup>35</sup> Hulst *et al.* 2013, 17-18.

<sup>36</sup> Snieder 1996, 25-26.

<sup>37</sup> Kemperink 2009, 45.

<sup>38</sup> Kemperink 2009, 42-43.

<sup>39</sup> Kemperink & Elias 2009, 61.

<sup>40</sup> Kemperink & Elias 2009, 63.

<sup>41</sup> Kemperink 2009, 45.

de Langestraat de Weverssingel kruist. Verder is hier nog geen concreet bewijs voor gevonden. Mogelijk kunnen de modellen hier meer inzicht in geven.<sup>42</sup>

### Late Middeleeuwen

Kort nadat Amersfoort stadsrechten had gekregen begon de bouw van de eerste stadsmuur. Vanaf deze periode ontstond een grote groei van de bevolking van Amersfoort, deze groei was zo voornamelijk dat in 1380 besloten werd om een tweede stadsmuur te bouwen. Verder werd in deze periode rondom de stad diverse graansoorten verbouwd waaronder hop, wat duidt op de productie van bier. Het bier dat in Amersfoort geproduceerd werd, werd al vroeg in het bestaan van de stad, geëxporteerd naar het graafschap Holland. Amersfoort verwierf hierbij in 1326 tolvrijheid om bier te exporteren naar Amsterdam. Deze economische ontwikkelingen droegen bij aan de eerder genoemde groei van de stad.<sup>43</sup>

Vanaf 1331 waren drie verschillende jaarmarkten in Amersfoort, waar voornamelijk de ossenmarkt de meeste mensen van buiten de stad aantrok. De economische voorspoed van de stad is tegenwoordig nog te zien in de verschillende vergrootte kerken, de poortgebouwen in de stadsmuur en de verstening van de huizen.<sup>44</sup> Al in de 13de eeuw is De Hof het centrale marktplein van Amersfoort en voor bescherming tegen het water (van het zuiden voor overstroming van de Rijn, van het noorden voor overstroming van de Eem) was in de 13e eeuw het hele gebied met een dik pakket grond opgehoogd. Ditzelfde gebeurde nog een keer in de 14de eeuw.<sup>45</sup>

In de loop van de 15de eeuw werden steeds meer kloosters binnen de stadsmuren van Amersfoort gesticht. Deze zijn onder invloed van de Moderne Devotie ontstaan. De Moderne Devotie geloofde in een leven van soberheid en persoonlijke vroomheid. De kerkelijke instellingen keken met wantrouwen naar deze nieuwe stromingen. In het jaar 1444 vond een belangrijke religieuze gebeurtenis plaats met de vondst van een Mariabeeldje in een Amersfoortse gracht. Deze gebeurtenis heet ook wel het ‘Mirakel van Amersfoort’. In 1444 kwam Geertje Arends uit Nijkerk naar Amersfoort om in te treden als zuster in het Sint-Agnietenklooster, dit klooster is onder invloed van de Moderne Devotie ontstaan. Ze had een eenvoudig beeldje van Maria bij zich maar toen ze de stad naderde begon ze zich te schamen

---

<sup>42</sup> Engelenhoven 2006, 9.

<sup>43</sup> Kemperink 2009, 47-48.

<sup>44</sup> Kemperink 2009, 48.

<sup>45</sup> Snieder & Krauwer, 1994, 37.

voor het beeldje en gooide ze het in de gracht. Rond Kerstmis verscheen Maria driemaal in een droom aan de dienstmeid Griet Albert Ghisen en spoorde haar aan om het beeldje uit de gracht te halen. Griet brak het ijs dat in de gracht dat was gevormd en haalde het beeldje uit de gracht. Toen ze thuis was zette ze het beeldje neer en stak een kaars aan. Tot verwondering bleef deze kaars driemaal zolang branden als normaal. Haar biechtvader bracht vervolgens het beeldje naar de Onze-Lieve-Vrouwekapel.<sup>46</sup> Deze vondst bracht pelgrims naar de stad toe waardoor Amersfoort een pelgrimsoord werd. Deze verandering bracht een economische bloei met zich mee voor de stad. De Mariakapel waar het beeldje werd vereerd, groeide uit tot een kerk die eeuwenlang het beeld van Amersfoort zou bepalen.<sup>47</sup>

### Nieuwe Tijd

Tijdens de 16de eeuw vond een omslag op religieus gebied plaats en in Amersfoort begon de bevolking zich steeds meer af te zetten tegen de kerkelijke macht. In 1572 kwam de Sint-Joriskerk na een beeldenstorm tijdelijk in handen van de calvinisten.<sup>48</sup> Verder was het vrij rustig in Amersfoort ten tijde van de reformatie. Op 10 maart 1579 werd door het stadsbestuur een zogenoemde religievrede overeengekomen tussen de katholieken en protestanten.<sup>49</sup> Daarnaast werd in deze tijd de rivier de Eem voortdurend bedreigd door aanslibbing vanuit de Zuiderzee. Echter werden er nauwelijks onderhoudswerken verricht vanwege een meningsverschil tussen de stadsbewoners en de boeren rondom de stad over de betaling van de werkzaamheden.<sup>50</sup>

Omstreeks 1620 begon de tabaksteelt in Amersfoort. Rond 1680 waren meer dan 200 planters actief rondom de stad. Deze groei kwam onder andere door de vraag naar het gewas voor bedrijven in Amsterdam, die het bewerkten tot pruimtabak en rookbare waren. Amersfoort was een geschikte plaats voor de tabaksteelt door de goede bodemgesteldheid en omdat veel mensen op zoek waren naar bestaansmogelijkheden.<sup>51</sup>

Rond 1710 nam de tabaksproductie in Nederland af, echter door plaatselijke tabaksnijverheid en de toenemende vraag naar onbewerkt tabaksblad bleef de tabaksproductie rondom Amersfoort in stand. Rond 1731 behoorde Amersfoort samen met de omliggende dorpen tot

---

<sup>46</sup> Palmboom 2009, 184.

<sup>47</sup> Kemperink 2009, 49-50.

<sup>48</sup> Palmboom 2009, 203-204.

<sup>49</sup> Palmboom 2009, 206.

<sup>50</sup> Rommes 2009, 241-242.

<sup>51</sup> Rommes 2009, 251.

één van de belangrijkste productiecentra van Nederland en in de tweede helft van de 18de eeuw waren rond Amersfoort ongeveer 60 bedrijven in de tabaksproductie actief, waarin sommige jaren soms zelf 800 tot 1000 arbeiders werkten.<sup>52</sup>

### Moderne Tijd tot nu

Vanaf het begin van de jaren dertig van de negentiende eeuw veranderde Amersfoort in een garnizoensstad door de komst van honderden militairen die in de kazerne aan de Beestenmarkt gevestigd werden.<sup>53</sup>

Met het begin van de industriële revolutie in Nederland rond 1850 bleef Amersfoort achter op gebied van productie. Dit had tot gevolg dat andere delen van het land onder andere de Amersfoortse tabak- en textielindustrie voorbijstreefden werden omdat deze door mechanisatie goedkoper konden produceren.<sup>54</sup>

Vanaf 1880 veranderde Amersfoort steeds meer in een woonstad waarbij de welgestelden zich in villawijken tussen het station en de oude binnenstad, en op de berg vestigden. Deze verandering ontstond daar een toename in het aantal dienstboden. Onder andere door een gebrek aan werk in de textielnijverheid gingen meer vrouwen bijverdienen als dienstbode. De grote landbouwcrisis van de eind jaren zeventig heeft een belangrijke rol gespeeld in het feit dat meer mensen van het platteland naar de stad zijn getrokken. Naast deze verandering nam het aantal van gevestigde militairen toe in Amersfoort wat uitgroeide tot de tweede beroepsgroep van de stad.<sup>55</sup> Dit kwam onder andere door de bouw van nieuwe kazernes, in de jaren tachtig met de Prins Willem III-Kazerne en in de jaren negentig met de Juliana van Stolbergkazerne.<sup>56</sup> Met de groei van goed verdienende officieren vond ook een groei aan dienstboden plaats omdat de officieren vaak veel personeel in dienst namen.<sup>57</sup>

---

<sup>52</sup> Rommes 2009, 251-252.

<sup>53</sup> Brusse 2009, 406.

<sup>54</sup> Brusse 2009, 382.

<sup>55</sup> Brusse 2009, 405-407.

<sup>56</sup> Brink 2019, 82-83.

<sup>57</sup> Brusse 2009, 405-407.



### 3.2.3. 3D-paleoreliëfmodellen maken

Voor het onderzoek zijn verschillende bronnen over het maken van 3D-paleoreliëfmodellen verzameld. De gebruikte bronnen zijn gekozen omdat de onderzoeken hierin op verschillende manieren te werk zijn gegaan en daarmee verschillende informatie bieden voor het onderzoek. Het feit dat de onderzoeken in de gebruikte bronnen in Nederlands en België plaats hebben gevonden, maken deze meer relevant voor dit onderzoek dan onderzoek uit andere delen van de wereld waar andere soorten ondergrond invloed zal hebben.

Eén van de bronnen is een bron genaamd: “A GIS-based methodology for creating 3D geological models in sedimentary environment: application to the subcrop of Brussels”. In dit onderzoek zijn de codering van meer dan 900 boringen en ‘cone penetration tests’ in het historische centrum van Brussel gebruikt over een oppervlakte van 45 km<sup>2</sup>. Het model is gecreëerd met ArcGIS waarna het geïmporteerd is in het programma Feflow. Het doel van dit onderzoek is om een GIS-gebaseerde methodologie voor het maken van 3D-geologische modellen te presenteren. Eerst is een collectie van stratigrafische data in een Microsoft Access database opgeslagen.<sup>58</sup> Vervolgens is deze data in ArcGIS geïnterpoleerd met de IDW-methode, om de oppervlakte van elke geologische laag te maken. Hierna zijn met het gebruik van ArcScene de verschillende lagen gecombineerd om een 3D model te maken.<sup>59</sup>

Voor het onderzoek in Brussel zijn boringen, waterputten en dagzomen gebruikt. Met deze gegevens is een DEM gemaakt, met cellen van 7 meter bij 7 meter, van de gehele Brusselse regio. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van topografische kaarten om de locatie van elk boorgat en de coördinaten te controleren. De database van de boorgegevens is in ArcGIS omgezet naar een shapefile met punten. Voor het interpoleren hebben ze de IDW-methode gebruikt. Deze methode is gebruikt om verschillende redenen: vanwege de snelheid en het vergelijkbare geostatistische resultaat dat lijkt op het resultaat van de Kriging methode. Het eerste punt is ook belangrijk vanwege het feit dat het model regelmatig bijgewerkt moet worden met nieuwe data.<sup>60</sup> Voor het maken van het 3D-model zijn de stratigrafische data en de geïnterpoleerde lagen naar ArcScene geëxporteerd. In dit programma zijn de verschillende lagen samengevoegd waarbij de bovenste laag de DEM.<sup>61</sup>

---

<sup>58</sup> Cambier & Devleeschouwer 2013, 558.

<sup>59</sup> *idem*, 564.

<sup>60</sup> *idem*, 562-564.

<sup>61</sup> *idem*, 564.

In de bron ‘Surface-Based 3D Modeling of Geological Structures’ wordt ingegaan op de verschillende manieren hoe een 3D-model van de ondergrond en ondergrondse structuren gemaakt kan worden. Hierin worden verschillende soorten bronnen en data genoemd die gebruikt kunnen worden voor het maken van een 3D-model: veldobservaties, interpretatieve kaarten en dwarsdoorsneden, remote sensing, LIDAR, reflectieseismiek en boringen. De verschillende types data hebben verschillende eigenschappen die effect kunnen hebben op de kwaliteit van het model. Een belangrijk aspect van de data is de accurate, deze is afhankelijk van hoe dicht de data overeenkomt met de werkelijkheid. Er zijn verschillende redenen waardoor data niet overeen kunnen zijn met de werkelijkheid, zoals meetfouten, databasefouten, incorrecte interpretaties en ‘smoothing door te gelimiteerde resolutie.’ De data kunnen vervolgens worden opgeslagen in raster en/of vector formaat. Tegenwoordig wordt voornamelijk vector gebruikt voor 3D-representatie.<sup>62</sup> Om een 3D-representatie te maken zijn bepaalde stappen vereist. De eerste stap voor geomodellering is georefereren. Hierbij is het cruciaal om een correct coördinatensysteem te kiezen, waarbij het gehele onderzoeksgebied behandeld wordt en het systeem precies genoeg is om geen informatie te verliezen of te vervormen. De volgende stap is het voorbereiden en het opschonen van de data. De laatste stap is het controleren van de uitschieters in de vector data.<sup>63</sup> In de bron wordt nog verdere informatie geleverd echter is deze informatie te specifiek voor ander soort modellen en daarmee niet relevant voor dit onderzoek.

Een ander 3D-model dat gemaakt is het Digitaal Geologisch Model (DGM). Alhoewel het geen paleoreliëfmodel is, zijn er wel overeenkomsten die relevant zijn voor dit onderzoek. Het DGM is een 3D-lagenmodel dat de ondergrond van Nederland tot ongeveer 500 meter onder NAP in rastercellen van 100 x 100 meter weergeeft. Er zijn ook uitschieters in het DGM tot circa 1200 meter. Het model geeft aan uit welke lithostratigrafische lagen de ondergrond bestaat. Er wordt aangegeven tot welke formatie de verschillende lagen behoren.<sup>64</sup> Het model is landsdekkend. Hierbij zijn het IJsselmeer, de Waddenzee en andere binnenwateren ook meegenomen in het model. De grenzen van het model bestaan uit de grenzen met België en Duitsland, en de laagwaterlijn langs de kustlijn.<sup>65</sup> De gebruiksschaal voor het DGM varieert van landelijk tot gemeentelijk en is zonder aanvullende gegevens niet geschikt voor lokale

---

<sup>62</sup> Caumon *et al.* 2009, 929-930.

<sup>63</sup> *idem*, 930-931.

<sup>64</sup> Hummelman *et al.* 2019, 5.

<sup>65</sup> *idem*, 12.

toepassingen. Dit zijn toepassingen zoals op bijvoorbeeld straat- of gebouwniveau. Deze aanvullende gegevens kunnen bestaan uit boorgegevens en sonderingen.<sup>66</sup>

De belangrijkste gegevensbron voor DGM zijn boringen. Deze gegevens zijn afkomstig uit de DINO databank.<sup>67</sup> Uit alle circa 500.000 boorbeschrijvingen uit de DINO- en BRO databank zijn na een selectie is een totaal van 26.376 boringen gebruikt.<sup>68</sup> In enkele gevallen zijn boringen uit de selectie verwijderd. Dit kan omdat de kwaliteit van de boring matig is, waardoor de interpretaties van de boring de betrouwbaarheid van het model verslechteren. Hierdoor is het mogelijk dat een belangrijk deel van de boring niet bij de modellering kan worden gebruikt.<sup>69</sup> De meerderheid van de rastercellen zijn niet doorboord en om deze reden zijn voor deze rastercellen inschattingen gemaakt op basis van de omgeving. Alle maatstaven van onzekerheid in DGM zijn gebaseerd op de in het model gebruikte interpolatietechnieken. Deze technieken houden niet expliciet rekening met de onzekerheidsmarges in de gebruikte bronnen. In DGM wordt daarom gebruikt gemaakt van de term ‘modelonzekerheid’ in plaats van ‘onzekerheid’.<sup>70</sup>

Het DGM gebruikt het Stelsel van de Rijksdriehoeksmeting als coördinatensysteem en maakt gebruik van het NAP om de locaties van de gegevens aan te geven. Voor de ontwikkeling van het DGM is gebruik gemaakt van verschillende softwarepakketten zoals Isatis, MS Excel, ArcGIS Desktop, DINO Hydrogeologie en iMOD. Voor dit onderzoek is het softwarepakket ArcGIS Desktop relevant aangezien deze is gebruikt voor het uitvoeren van GIS operaties en om het lagenmodel, rasters, verbreidingspolygonen, breuklijnen en boorpunten op te slaan.<sup>71</sup>

Voor het DGM is een selectie van boringen gebruikt in plaats van alle circa 500.000 boorbeschrijvingen uit de DINO- en BRO databank. Uitgangspunt voor deze selectie zijn de einddieptes van de boring en de kwaliteit van de boorbeschrijvingen waarbij een evenwichtige geografische spreiding, in relatie tot de geologische complexiteit van een bepaald gebied, is nagestreefd. Een verder criterium voor de selectie was de aanwezigheid van een boorgatmeting. Gemiddeld komt dit neer op circa 35 boringen per 125 Km<sup>2</sup>. (1:25.000 kaartblad). Dit was echter nog niet voldoende voor sommige complexe gebieden en daarom is

---

<sup>66</sup> Hummelman *et al.* 2019, 10-11.

<sup>67</sup> *idem*, 12.

<sup>68</sup> *idem*, 15.

<sup>69</sup> *idem*, 27.

<sup>70</sup> *idem*, 8-9.

<sup>71</sup> *idem*, 14.

er nog een redelijk aantal aanvullende boringen aan de set toegevoegd. Met het gekozen aantal matig diepe boringen wordt een datadichtheid van amper 1 boring per 3,5 km<sup>2</sup> gehaald. Door het geringe aantal boringen dat tot grotere diepte reikt neemt de informatie met de diepte snel af. Om een voorbeeld te nemen bedraagt op een diepte van 50 meter het aantal nog slechts 1 boring per 7 km<sup>2</sup>. Zoals eerder genoemd levert dit een set op van 26.376 boringen.<sup>72</sup>

#### **3.2.4. Bestaande 3D-paleoreliëfmodellen**

In ‘After the Deluge’ van W. van Zijverden wordt een model van de ontwikkeling van het landschap van West-Friesland tijdens de Bronstijd gecreëerd. Deze is gebaseerd op een analyse van opgravingsdata en milieutechnische proxy data. Voor het onderzoek is een paleogeografische kaart gemaakt uit de volgende elementen: topografie, reliëf, hydrologie en informatie over de ondergrond. Om aan een reconstructie van de ondergrond, reliëf en hydrologie te komen is gebruikt gemaakt van bronnen zoals: LIDAR-data, bodemkaarten en historische kaarten.<sup>73</sup>

De oorspronkelijke oppervlakte van het landschap is nog te zien aan een donkere A-horizont die nog aanwezig zijn in de bodem. Het reliëf van dit landschap kan in kaart worden gebracht door middel van grondboringen en boorgegevens, echter is dit anders dan het originele reliëf vanwege verschillende verzakkingen over de geschiedenis heen. Om een schatting van dit oorspronkelijke reliëf te maken zijn in dit onderzoek verschillende methoden beschreven en met dezelfde methoden kunnen (3D-)paleoreliëfmodellen gemaakt worden die accurater en betrouwbaarder zijn. Eén van de methodes is om een correctie te gebruiken gebaseerd op de dikte van de zandlaag. Door de hoeveelheid zand in de bodem te meten kan een compressiefactor berekend worden. Met een andere methode kan de compressibiliteit van de ondergrond berekend worden, als gedetailleerde informatie over de bodemeigenschappen en de compressibiliteit van het sediment beschikbaar is.<sup>74</sup> Met de derde methode kan een DEM van de oppervlakte gecorrigeerd worden met een goed-uitgewerkte compressiefactor gebaseerd op de maximale hoogteverschillen in een analogie.<sup>75</sup>

Een andere bron genaamd ‘3D digital geological modelling of paleo-surfaces. A case study from the national nuclear waste depository site in Hungary’ omschrijft een onderzoek waarbij

---

<sup>72</sup> Hummelman *et al.* 2019, 15.

<sup>73</sup> van Zijverden 2017, 72.

<sup>74</sup> Koster *et al.* 2012.

<sup>75</sup> van Zijverden 2017, 74.

3D-model van het paleo-oppervlakte gemaakt is aan de hand van boringen. In dit onderzoek zijn een totaal van 479 boringen uit verschillende projecten, in een 16 bij 16 kilometer gebied, gebruikt. Een keuze die gemaakt is in dit onderzoek was om het model op een kleiner gebied te doen, 8 bij 8 kilometer, om fouten aan de randen door de interpolatie te voorkomen.<sup>76</sup> Voor het maken van het 3D-model zijn twee interpolatietechnieken gebruikt, TIN en 'least-squares linear trend surface (plane) regression'.<sup>77</sup> Het TIN-model is gerasterd, met het softwarepakket Golden Software Surfer 10,<sup>78</sup> op een grid van 10m<sup>2</sup> om te bepalen wat de afstand tussen de twee dichtstbijzijnde boorgaten is. Vervolgers is het model verder verwerkt met 'smoothing filters' in groottes van 25, 100, 250, 410, 500 en 1000 meter.<sup>79</sup>

In de hiervoor genoemde bronnen zitten informatie die direct bruikbaar zijn voor het onderzoek. Uit de bronnen over het maken van 3D-paleoreliëfmodellen zijn de volgende onderdelen gehaald:

- Het gebruik van Microsoft Access om een database te creëren
- Het gebruik van boorgegevens, methodes om boorgegevens om te zetten naar een model
- Het omzetten van de data in een shapefile en het gebruik van de IDW-methode.
- De verschillende manieren waarop data verkregen kan worden zoals remote sensing, LIDAR en boringen.
- De verschillende stappen die gezet worden tijdens het maken van een 3D-model. De eerste stap van het georefereren van de data. De tweede stap van het opschonen van de data en de laatste stap van het controleren op uitschieters.
- Hoe verschillende types data invloed hebben op de kwaliteit van het model.
- Hoe meetfouten kunnen ontstaan.
- Het belang van accurate en hoe deze gewaarborgd kan worden.
- De informatie over dat interpolatietechnieken niet rekening houden met onzekerheidsmarges in gebruikte bronnen.
- De informatie over kwaliteitscontroles van boringen om de betrouwbaarheid van het model te waarborgen.

---

<sup>76</sup> Korody & Jordan 2014, 239.

<sup>77</sup> *idem*, 241.

<sup>78</sup> *idem*, 243.

<sup>79</sup> *idem*, 241.

Uit de bronnen over bestaande 3D-pakeoreliëfmodellen is het volgende gehaald:

- De informatie over dat de donkere A-horizont de oorspronkelijk oppervlakte van het landschap is.
- De informatie over hoe andere soorten bodems kunnen verzakken is iets om aan te denken maar is niet relevant voor dit onderzoek omdat deze verzakkingen niet van toepassing zijn op het zandlandschap van de Gelderse Vallei.
- De informatie over grootte van de gekozen gebieden, De keuze van de grootte van het grid en de afstand tussen de verschillende boringen. Verder is ook de informatie gebruikt over hoe de makers van dit model bepaalde keuzes in de eerdergenoemde onderdelen hebben gemaakt.

### **3.3. Database**

De Database bestaat uit de volgende velden:

- Puntnummer
- X-coördinaat
- Y-coördinaat
- NAP
- Locatie
- Afgetopt
- Verstoring (niveau van verstoring)
- Bron
- Opgraving
- Afbeelding
- Opmerkingen

De metadata van de database, in een overzichtelijke tabel, is te vinden in de bijlage.

Zoals eerder genoemd is het belangrijk om het juiste coördinatensysteem te gebruiken waarbij het gehele onderzoeksgebied behandeld wordt en het systeem precies genoeg is. In dit geval is dat het coördinatensysteem RD\_new. RD\_new is een goede keuze omdat de coördinaten van de verzamelde punten ook in dit systeem zijn gedocumenteerd en over het algemeen is dit het nationale coördinatensysteem van Nederland.<sup>80</sup> Het coördinatensysteem is gebruikt door in Mapinfo de projectie ‘Netherlands National System [mm acc]’ te selecteren. Voor de Z-

---

<sup>80</sup> <https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/rijksdriehoeksmeting/rijksdriehoeksstelsel>

coördinaat is de kolom 'NAP' genoemd omdat de hoogte hierop gebaseerd is. Het is in meters met twee decimalen genoteerd. Met de kolom 'Locatie' wordt aangegeven of het punt binnen of buiten het onderzoeksgebied ligt. Deze kolom was aangemaakt aan het begin van het onderzoek, echter is tijdens het onderzoek alleen data gebruikt dat in het onderzoeksgebied ligt. De kolom 'Afgetopt' geeft aan of het originele reliëf nog aanwezig is. Het originele reliëf is aanwezig als het A-horizont aanwezig is.

Omdat Amersfoort een historische stad is, is de ondergrond in de binnenstad regelmatig verstoord over de eeuwen heen. Hierom is aangegeven of de bodemhorizonten verstoord zijn en indien van toepassing in welke mate deze verstoord zijn. Dit is gedaan voor de opdrachtgever zodat deze de betrouwbaarheid van de verschillende punten kan zien en daarmee rekening kan houden. De punten zijn op de volgende categorieën geïnventariseerd:

- 1: A-horizont aanwezig
- 2: Uitspoellaag/E-horizont aanwezig
- 3: Inspoellaag/B-horizont aanwezig
- 4: Dekzand/C-horizont gedeelte afgetopt
- 5: Dekzand/C-horizont erg afgetopt

In het volgende hoofdstuk wordt verder op in gegaan op de hoeveelheid ondergrond dat mist in de afgetopte lagen.

In de kolom 'Opgraving' staat de opgravingscode van het project waar het punt vandaan komt. Om te kunnen achterhalen van welke tekening of afbeelding de NAP-waarde is gehaald is de kolom 'Afbeelding' aangemaakt. In deze kolom zitten hyperlinks die naar een gekoppelde .jpg/.png leidt. De kolom 'Opmerkingen' is gemaakt om opmerkingen te maken. Deze opmerkingen kunnen gebruikt worden om te specificeren welk profiel gebruikt is, wat gezorgd kan hebben voor een verstoring en of een paalde laag aanwezig is.

### **3.4. Opgravingsgegevens**

Tussen 2010 en 2013 zijn in het centrum van Amersfoort 28 ondergrondse afvalcontainers geplaatst. Deze locaties zijn of opgegraven of geplaatst onder archeologisch toezicht. Deze onderzoeken zijn gepubliceerd in de reeks 'Amersfoort onder ons'.<sup>81</sup> Op aanraden van de opdrachtgever zijn deze locaties als eerst onderzocht voor gegevens voor het model. Van deze

---

<sup>81</sup> Wijker 2017.

28 konden 9 niet gebruikt worden omdat hier of het dekzand niet vermeld stond of niet bereikt was tijdens de onderzoeken. Uit deze onderzoeken zijn 22 punten gewonnen. Omdat deze onderzoeken erg kleinschalig waren zijn de centrum-coördinaten, die afgerond zijn op de hele meter, gebruikt om de punten aan te geven.

Nadat de afvalcontainers volledig onderzocht waren, is een lijst met 35 nog mogelijk andere opgravingen waar het dekzand aangetroffen was verwerkt, deze lijst was aangeleverd door de opdrachtgever. Deze opgravingen zijn verricht over verschillende jaren, voornamelijk door het Centrum voor Archeologie zelf en één voor De Steekproef bv. Van de 35 opgravingen konden 5 niet gebruikt worden omdat deze het dekzand niet bereikte. Uit de overige 30 opgravingen zijn 40 punten gewonnen.

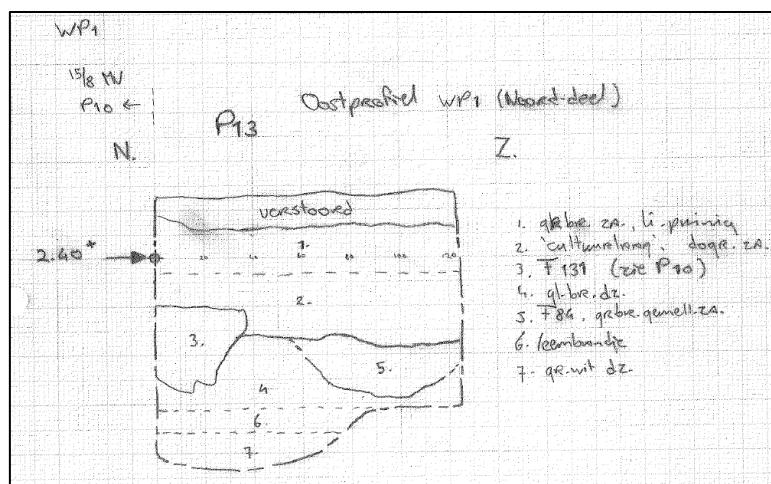
Om de NAP-hoogtes van punten, welke zoals eerder genoemd de hoogte van het dekzand of mogelijk aanwezige bodemhorizonten kunnen zijn, te achterhalen zijn profiel- en/of coupetekeningen opgezocht of direct uit het rapport gehaald (zie figuur 4). Bij de profiel- en coupetekeningen is gezocht naar het meest hooggelegen dekzand of bodemhorizont en vervolgens de bijbehorende coördinaten (zie figuur 5).

Bij sommige punten waren alleen de daghoogtes aanwezig, voor deze punten is het NAP uitgerekend op basis van de daghoogte en de aanwezige maaiveldhoogte.

#### 5.1.1 Dekzand

De werkputten zijn aangelegd tot in de natuurlijke ondergrond, bestaande uit donkergeel tot witgeel kleurig dekzand. De hoogte waarop het dekzand is aangetroffen verschilt sterk. Het hoogste punt waarop het dekzand is aangetroffen, ligt in het zuidoosten van het onderzoeksterrein. Het dekzand bevindt zich hier tot op een hoogte van ongeveer 1,30 m + NAP. Het is de aanzet

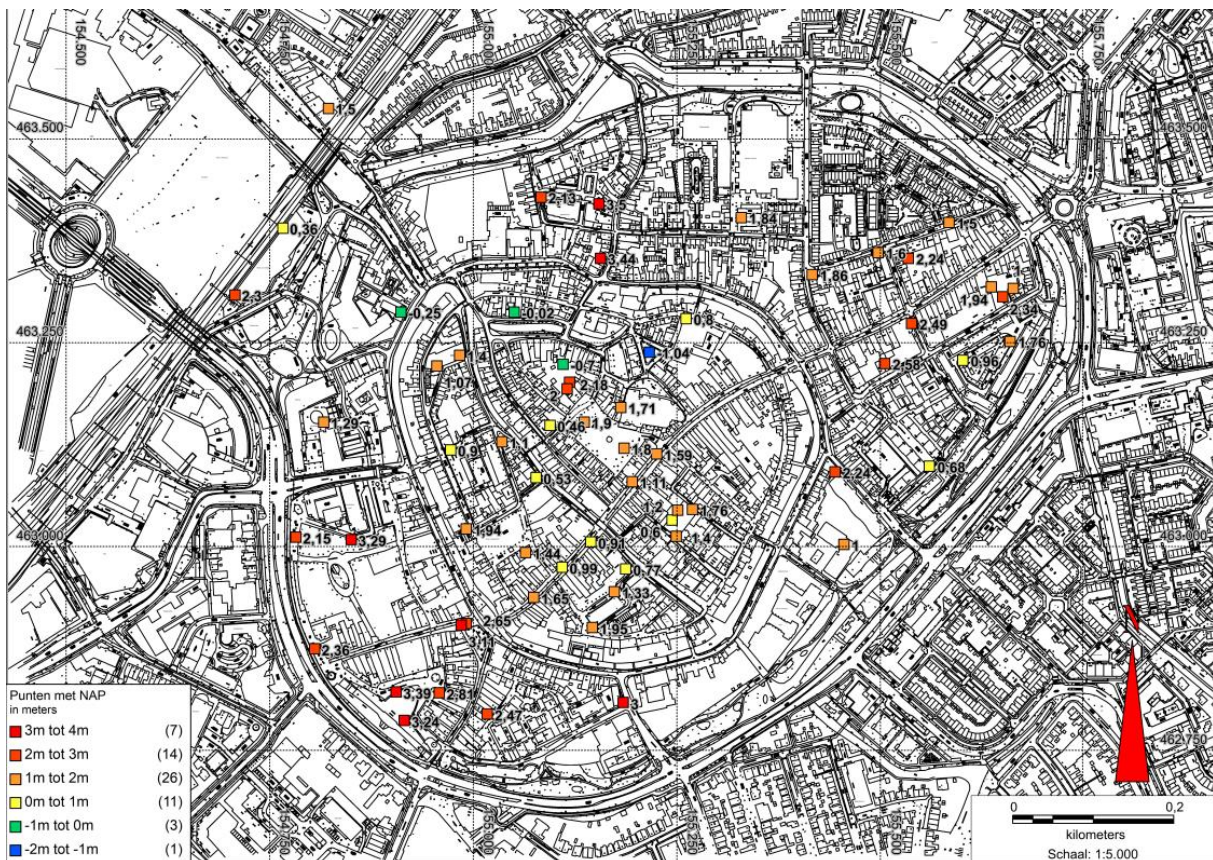
Figuur 4: Voorbeeld bron uit rapport. Bron: Wijker 2019.



Figuur 5: Profieltekening ADK'06. Bron: ADK'06 tekening 37.



Voor de meeste punten zijn AutoCAD-bestanden gebruikt om de coördinaten te achterhalen, voor de andere punten zijn coördinaten uit het bijbehorende rapport gebruikt. Van de meeste opgravingen zijn de puttekeningen gedigitaliseerd in een Dwg-bestand met het RD-coördinatensysteem. Hiermee konden de coördinaten van de verschillende profielen, waar de punten van gehaald zijn, achterhaald worden. In totaal zijn 62 punten verzameld, welke een onregelmatige spreiding hebben. Deze punten zijn geïllustreerd in figuur 6. Hiermee zijn de punten verspreid over het gehele onderzoeksgebied met clusters. Dit heeft als gevolg dat de gebieden met clusters over het algemeen betrouwbaarder zijn, zolang de geclusterde punten elkaar niet tegenspreken, dan de gebieden waar weinig tot geen punten aanwezig zijn. Modellen op basis van deze gegevens zullen hierdoor minder betrouwbaar zijn dan modellen waarvan de gegevens op een regelmatige afstand van elkaar liggen en op een gelijk verspreide manier. De bronnen gebruikten boorgegevens die op een systematische manier verspreid waren. Verder gebruikten sommige bronnen naast de boorgegevens ook andere soorten bronnen om de data aan te vullen en daarmee de accurate en betrouwbaarheid van de modellen te verbeteren.



Figuur 6: Punten met NAP (in meters).

Nadat de punten op een kaart, van de binnenstad van Amersfoort, geprojecteerd zijn was de eerste stap om te controleren of alle punten op de juiste locaties lagen, waarna de data zijn opgeschoond. Sommige punten lagen niet op de correcte locatie doordat de coördinaten fout waren ingevoerd. Voor deze punten zijn de coördinaten in de bronnen opgezocht en opnieuw ingevoerd. Daarna was gekeken of de NAP-waardes correct waren ingevoerd, hier waren enkele gevonden waarbij een typefout tijdens het invoeren van de NAP-waarde gemaakt was. Deze zijn vervolgens gecorrigeerd en hierna was de data klaar om geïnterpoleerd te worden.

## **4. Van gegevens naar model**

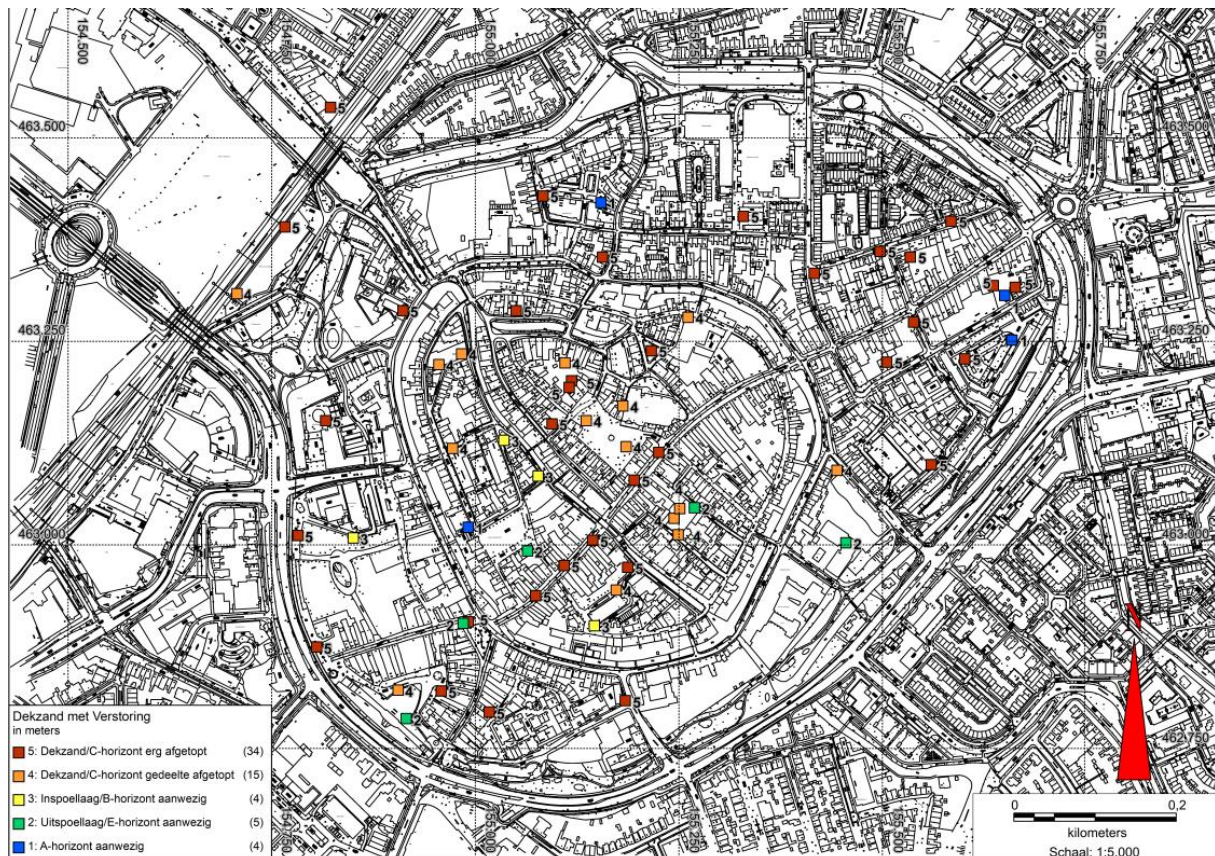
### **4.1. Achtergrond**

Om het resultaat te beoordelen zijn twee modellen gemaakt, één met de interpolatietechnieken IDW en één met TIN. Tijdens het onderzoek kwam de opdrachtgever met het idee om twee 3D-modellen te maken van de huidige oppervlakte van de binnenstad van Amersfoort en deze te vergelijken met de twee 3D-paleoreliëfmodellen. Hierdoor kan gekeken worden of bepaalde aspecten van het landschap, zoals hoog- en laaggelegen gebieden, terugkomen in de paleoreliëfmodellen. Voor de instellingen van deze modellen zijn dezelfde instellingen gebruikt als bij de 3D-paleoreliëfmodellen. Verder worden de verschillende modellen vergeleken om te determineren wat voor verschillen uit de verschillende interpolatietechnieken komen en daaruit te determineren welke techniek het meest betrouwbare model oplevert.

### **4.2. Modellen vergelijken**

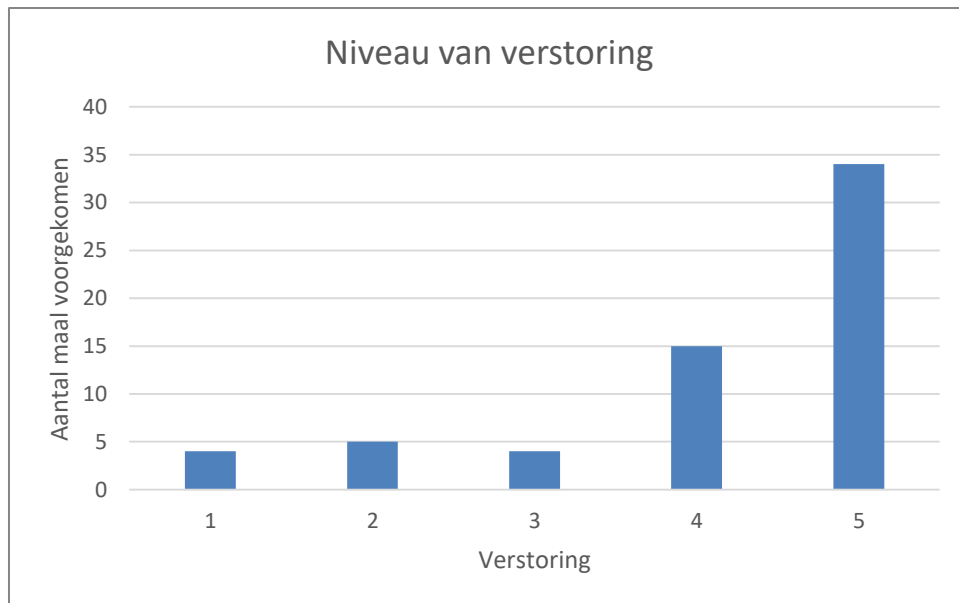
Door de gegevens te vertalen naar een kaart kan gekeken worden naar het niveau van verstoring in verschillende gebieden van de binnenstad (zie figuur 7). De verwachtingen van de verschillende gebieden kan beïnvloed worden door het niveau van de verstoring van de bodemhorizonten. Zoals te zien is op de kaart zijn de enkele punten waarbij geen verstoring is aangetroffen (blauw) verspreid over de binnenstad en zijn geen specifieke gebieden aanwezig die onverstord zijn. De punten waar een kleine hoeveelheid verstoring was aangetroffen (groen) zijn verspreid van elkaar maar zijn allemaal gelegen aan de zuidelijke kant van de binnenstad. De punten waar de inspoellaag nog aanwezig is (geel) zijn voornamelijk te vinden in het zuidwestelijke gedeelte van de binnenstad. Verreweg het meeste zijn de punten waar tot en met het dekzand verstoord is (oranje en rood), deze punten verspreiden zich over de hele binnenstad (Zie figuur 8).





Figuur 7: Punten met niveau van verstoring.

Met de hoeveelheid punten en de verstoring van de aanwezige punten zullen de modellen geen concreet beeld vormen van het paleoreliëf van de binnenstad van Amersfoort. Alhoewel de modellen geen concreet beeld zullen vormen, kunnen ze wel een inschatting geven van het paleoreliëf. Met de huidige data is geen gedeelte van de stad onverstord genoeg om te kunnen zeggen of het concreet is. Als gekeken wordt naar de foutmarge kan deze oplopen tot 134 centimeter. Dit is het verschil tussen het blauwe punt (A-horizont aanwezig) en de rode punten (dekzand erg afgetopt) in de noordoostelijke hoek van de bovenstaande punten. Hierdoor kan geconstateerd worden dat een foutmarge van 0 tot 134 centimeter aanwezig is. Alhoewel het model betrouwbaarder wordt als de foutmarge kleiner is, is het lastig om zonder nieuwe data deze foutmarge te verkleinen. Om deze reden wordt deze foutmarge als acceptabel geacht voor dit onderzoek.



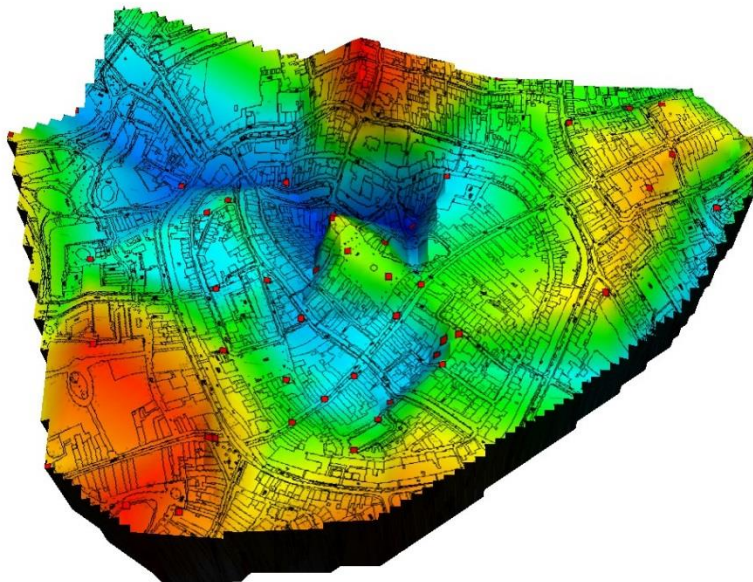
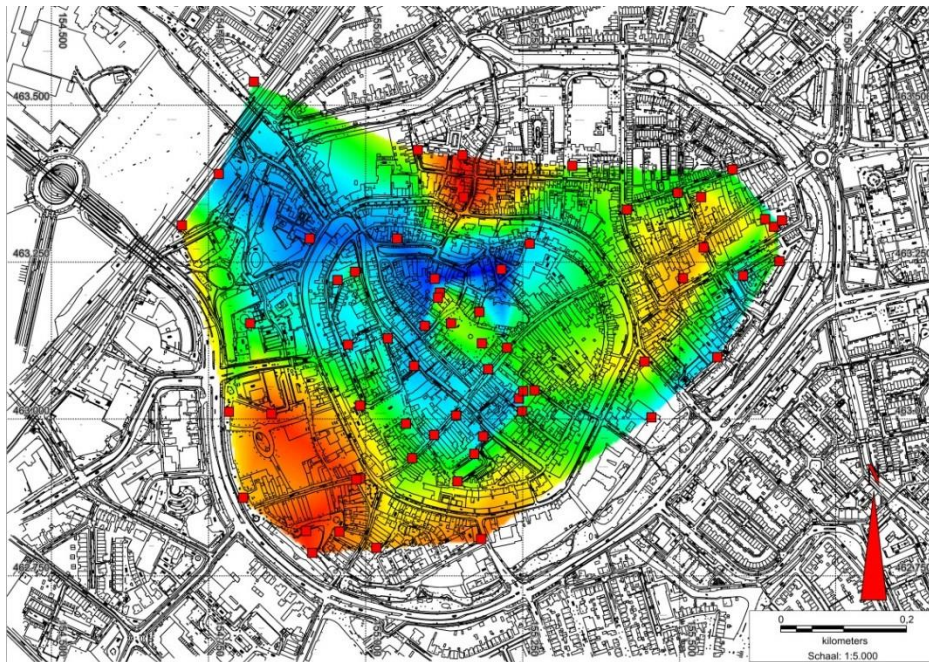
Figuur 8: Grafiek met niveau van verstoring.

De gemaakte modellen functioneren op een manier ook als model van de intactheid van de ondergrond van de binnenstad van Amersfoort. Omdat bij de verschillende punten is aangegeven hoe verstoord de bodemhorizonten zijn, kan hier gezien worden waar de grond meer verstoord is en waar het meer intact is gebleven.

| TIN instellingen |                 |
|------------------|-----------------|
| Celgrootte       | 4m <sup>2</sup> |
| Gridafmetingen   | 239 bij 188     |
| Tolerantie       | 0,005           |
| Afstand          | 63,5            |
| Hoofdhoeck       | 25 graden       |

| IDW instellingen                 |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Celgrootte                       | 4m <sup>2</sup> |
| Roosterafmetingen                | 239 bij 188     |
| Exponent                         | 2               |
| ‘Straal zoeken’                  | 400m            |
| Roosterrand                      | 0               |
| Samenvallende punten samenvoegen | Gemiddelde      |



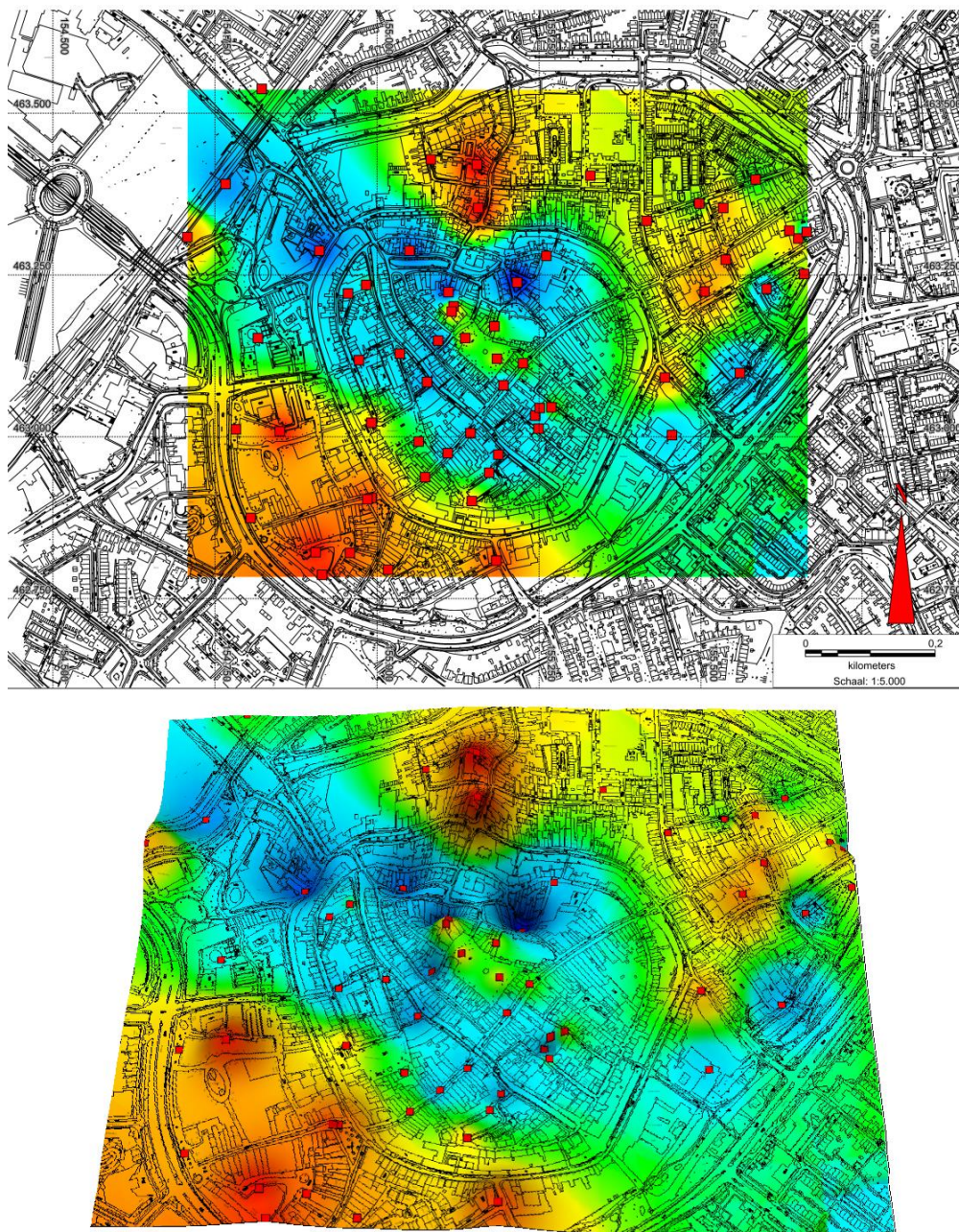


**Figuur 9: Kaart en 3D-model (TIN).**

Als we kijken naar de verschillen in de geïnterpoleerde gebieden van de twee kaarten zijn al een aantal overeenkomsten en verschillen te zien. Het eerste verschil is dat in het TIN-model te zien is waar de meetpunten eindigen tegenover de gebruikte kaart van het gebied, waarbij in het IDW-model de interpolatie doorgaat tot de hoeken tussen de uiterste punten, waar zelf geen punten aanwezig zijn. Dit is te zien aan het gekleurde gebied tegenover het witte gebied. Dit is het resultaat van de wijze waarop de interpolatietechnieken werken, waarbij met TIN lijnen tussen punten maakt waardoor niet buiten de punten geïnterpoleerd wordt, werkt IDW



met een radius waardoor wel buiten het onderzoeksgebied geïnterpoleerd is in dit geval.<sup>82</sup> Echter, zijn deze gebieden in het IDW-model niet accuraat omdat hier geen punten voor verzameld zijn, hierdoor worden deze gebieden geïnterpoleerd met punten van ver afgelegen gebieden.



**Figuur 10: Kaart en 3D-model (IDW).**

De hoogtes van de verschillende modellen komen over het algemeen met elkaar overeen. Dit komt voornamelijk doordat beide modellen dezelfde punten gebruiken. Waar de verschillen

<sup>82</sup> Conolly & Lake 2006, 95.

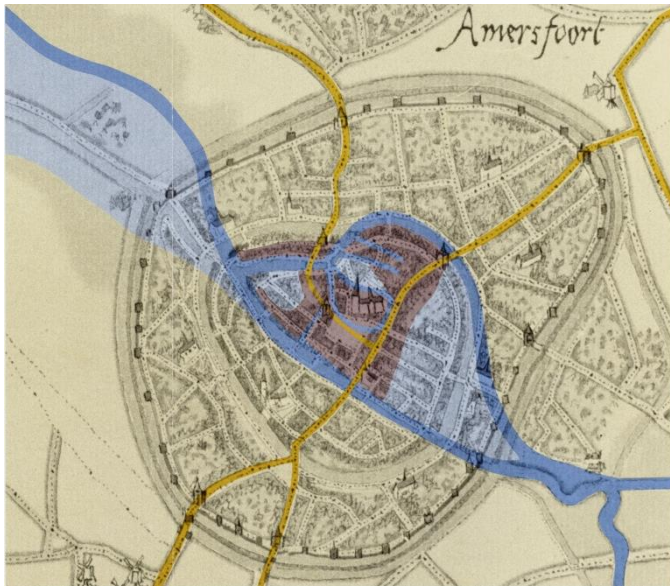
voornamelijk in zit zijn de geïnterpoleerde gebieden. De overeenkomsten en verschillen in hoogtes en laagtes kan gezien worden in de verschillende aspecten van het landschap. Dit is mogelijk omdat een aantal aspecten van het landschap van de Amersfoortse binnenstad te herkennen zijn in de modellen. Ten eerste is in beide modellen een duidelijk zichtbare verhoging in de linkeronderhoek te zien. Dit komt overeen met het Amersfoortse landschap aangezien dat richting de Amersfoortse Berg is. De Amersfoortse Berg is een uitloper van de stuwwal van Woudenberg.<sup>83</sup> Ten tweede is er een overeenkomst tussen de twee modellen in dat de loop van de waterwegen door de binnenstad heen te zien is in de vorm van de lagergelegen delen in beide modellen. Deze diepere delen volgen niet één-op-één de huidige kanalen die door de stad lopen maar volgen meer de algemene/natuurlijke waterwegen van Amersfoort (Zie figuur 11). Zoals eerder genoemd lag de natuurlijke loop van de Eem rond het tracé van de tegenwoordige Zuidsingel, Weversingel en 't Havik. Echter zijn de grachten niet natuurlijk en zijn niet één-op-één met de loop van de Eem gegraven waardoor er een verschil ontstaan is. Een andere overeenkomst is dat in het midden van de binnenstad De Hof ligt. Zoals eerder genoemd is dit hof gebouwd op een hoger gelegen gebied en dit komt overeen met beide modellen, waarbij dit punt in beide modellen een hoger gelegen gebied is.<sup>84</sup> Aan de noordoostelijke rand van de kaart zijn drie punten dicht bij elkaar. Twee van deze punten zijn diep vergraven en bij het andere punt is de A-Horizont aanwezig. Bij het interpoleren van bij modellen is dit gebied gelijkgetrokken. In beide modellen zijn vier diepe 'putten' te zien. Als gekeken wordt naar het niveau van de verstoring van de punten, kan gezien worden dat de noordelijke drie punten diep vergraven zijn en bij het zuidelijke punt is het dekzand gedeeltelijk afgetopt. De reden waarom deze dieper liggen dan andere punten, die diep vergraven zijn, heeft waarschijnlijk te maken met de oude loop van de Eem. Ten slotte is in beide modellen in het noordelijke gedeelte van de binnenstad een hooggelegen gebied te zien, dit is waar de Bloemendalsestraat ligt. Dit komt overeen met huidige landschap waarin de Bloemendalsestraat een hooggelegen gebied is.

---

<sup>83</sup> Mulder *et al.* 2003.

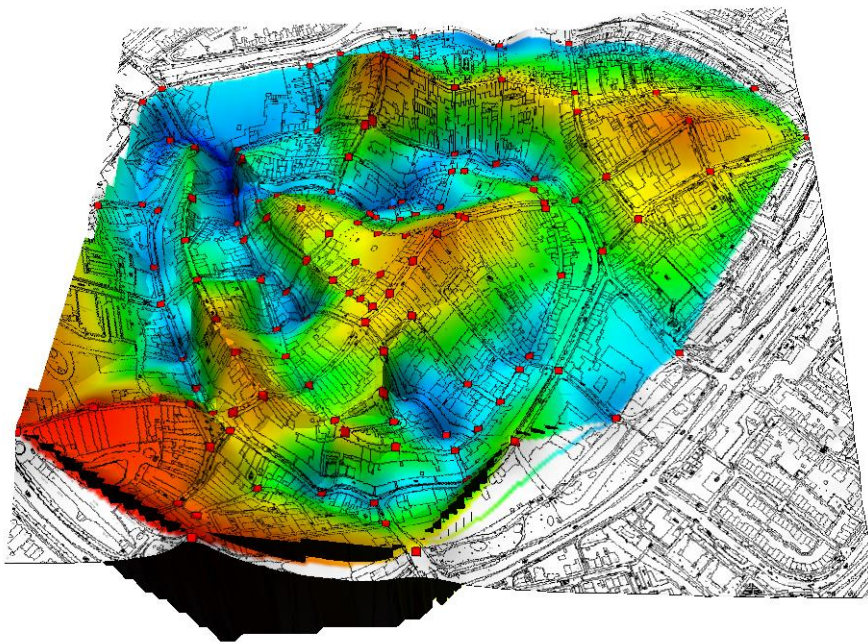
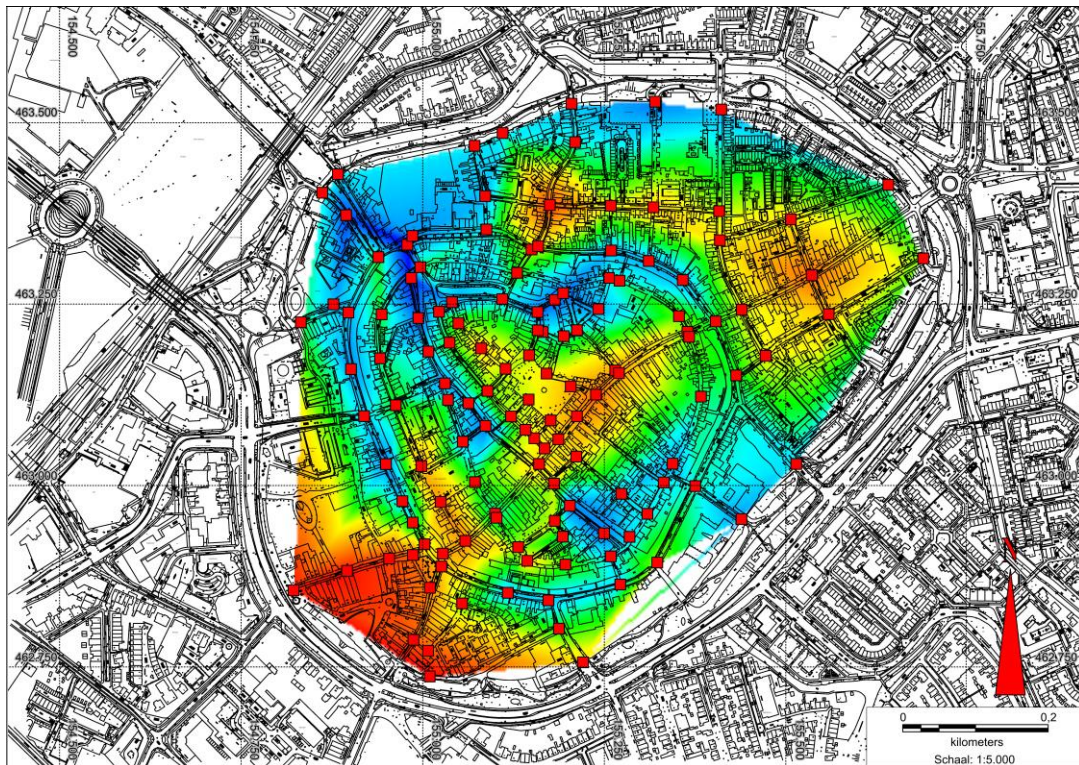
<sup>84</sup> Snieder & Krauwer, 1994, 37.





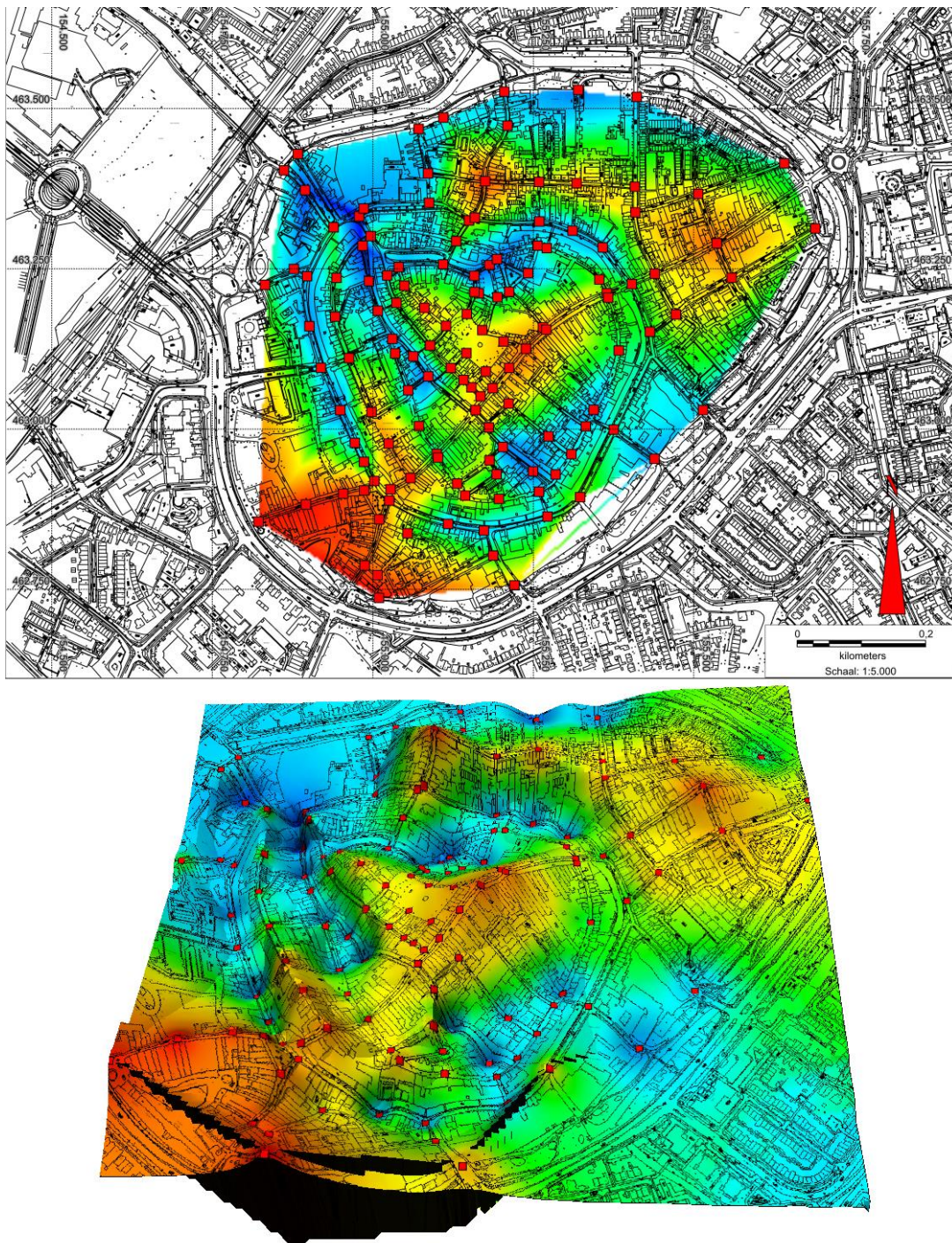
Figuur 11: Kaart van Amersfoort in de 12de eeuw met waterlopen in donkerblauw. Bron: ArchiefEemland.nl.

Zoals in het begin van het hoofdstuk genoemd is, zijn twee aanvullende modellen gemaakt van het huidige maaiveld van Amersfoort. Beide TIN en IDW maaiveld-hoogtemodellen (zie figuren 12 en 13) komen meer met elkaar overeen dan de paleoreliëfmodellen overeenkomen. Het hoogtemodel dat op het maaiveld gebaseerd is komt over het algemeen overeen met het IDW-model. Plaatsen zoals de Amersfoortse Berg, de Hof en de Bloemendalsestraat zijn te herkennen. Op een ander vlak verschillen de modellen voornamelijk in de Langestraat, op het maaiveld model is deze hoger afgebeeld dan op het IDW-model. Dit komt waarschijnlijk doordat de Langestraat verhoogd is.



Figuur 12: 3D-model hoogtemodel (TIN).



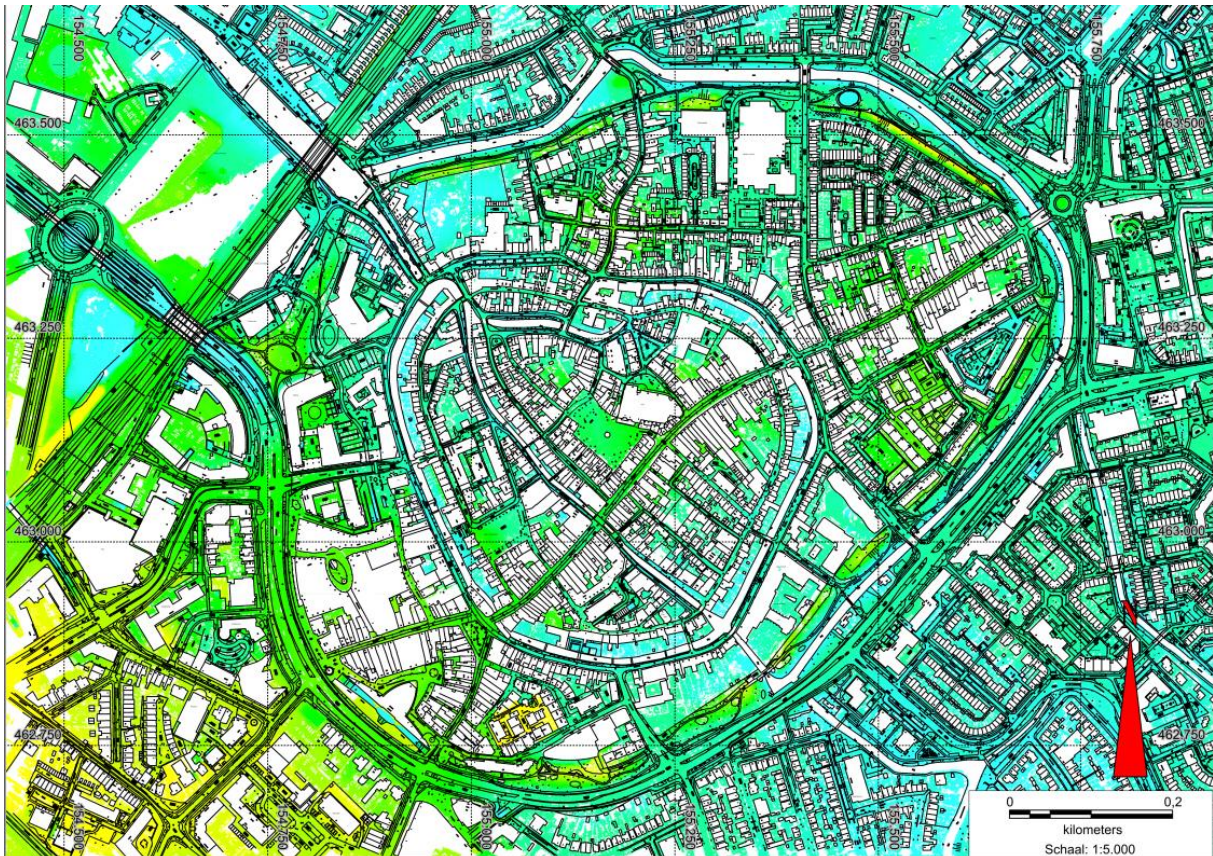


**Figuur 13: 3D-model hoogtemodel (IDW).**

Voor de hoogtes van het huidige maaiveld van niet alleen Amersfoort, maar ook van heel Nederland, bestaat een database/website genaamd het AHN. De gemaakte hoogtemodellen kunnen vergeleken worden met het AHN om te kijken of deze overeenkomen of juist grotendeels verschillen. Voor de kaart van het AHN is gekozen om een WMS bestand van AHN3 in Mapinfo te laden. De verschillen in hoogtes was in eerste instantie niet goed te zien en daarom is de keuze gemaakt om het contrast te verhogen naar 80%. Als de twee databases



vergeleken worden kan een grote hoeveelheid aan overeenkomsten geconstateerd worden. De hoger gelegen gedeeltes zoals De Hof, de Amersfoortse Berg, de Bloemendalsestraat en de Kamp (Zie figuur 14). Ook komen de lager gelegen gedeeltes overeen zoals de straten langs de grachten.



**Figuur 14:** Kaart met AHN3. Bron: <https://www.pdok.nl/>.

Nu dat de modellen gemaakt zijn kan bekeken worden welke informatie deze kunnen toevoegen aan het archeologisch werkveld van Amersfoort. Ten eerste kan een beter begrip van de verandering van het landschap over de eeuwen heen bestudeerd worden door de paleoreliëfmodellen te vergelijken met de maaiveldmodellen. Door de verschillen in het reliëf tussen de modellen te vergelijken kunnen hier veranderingen van de verschillende gebieden van de binnenstad onderzocht worden. Met de hulp van een 3D-paleoreliëfmodel is een beter beeld van de massa en de grootte van het landschap gecreëerd, dit vervuld deze rol beter dan een 2D beeld. Hiermee kan deze informatie beter worden overgebracht naar het publiek. Wanneer tijdens opgravingen, de sporen van, structuren worden aangetroffen kan met de hulp van een 3D-paleoreliëfmodel de relatie tussen de structuren en het landschap bestudeerd

worden.<sup>85</sup> Verder kan een model de verwachting van een locatie aanvullen door de locatie op te zoeken in het model. Het 3D-model kan aanduiden of deze locatie op een hooggelegen gebied ligt, bij een oude (mogelijke) waterloop, op een rijzende of dalende vlak ligt, enzovoort. Verder als de dichtbij liggende punten zeer afgetopt zijn kan de verwachting van Pleistoceen vondsten verminderd worden aangezien deze vondsten waarschijnlijk mee verdwenen zijn.

Na het vergelijken van de modellen is geconcludeerd dat voor het gewenste resultaat de TIN-methode het beste resultaat oplevert. De redenen hiervoor is dat TIN alleen tussen bestaande punten lijnen creëert waardoor alleen in het onderzoeksgebied, waar data voor verzameld is, geïnterpoleerd wordt. IDW interpoleert buiten het onderzoeksgebied vanwege de manier waarop het werkt. Hierdoor ontstaat het probleem dat in eerste opzicht het niet duidelijk is welke gedeeltes van het model betrouwbaar zijn en welke niet. Verder werkt de IDW-methode minder goed met de gebruikte data omdat deze methode het beste met evenredig verspreide punten werkt en de data van dit onderzoek te oneven verspreid is om hier een concreet model uit te creëren. Het nadeel van de TIN methode is dat door de oneven verspreiding van punten op de gebieden waar geen weinig tot geen punten zijn, grote driehoeken ontstaan. Hierdoor zijn deze gebieden minder betrouwbaar dan de gebieden met meerdere punten.

---

<sup>85</sup> Richards-Rissetto 2017, 16.

## 5. Conclusie

### Microniveau

#### **1. Welke bronnen zijn beschikbaar over de opbouw van het paleoreliëf van Amersfoort?**

De bronnen over de opbouw van het paleoreliëf van Amersfoort die gebruikt zijn voor het onderzoek bestaan voornamelijk uit opgravingsgegevens van de binnenstad en een aantal bronnen over de algemene vorming van het landschap van Amersfoort en de omgeving. De bronnen waarin de ondergrond van Amersfoort behandeld wordt, gaan over het algemeen over de gehele Gelderse Vallei of zandlandschappen in het algemeen.

#### **2. Welke bronnen zijn beschikbaar over het maken van een 3D-paleoreliëfmodel?**

Uit het bronnenonderzoek is gebleken dat er geen tot weinig bronnen bestaan over het maken van een 3D-paleoreliëfmodel, echter zijn er meerdere bronnen te vinden over onderzoeken waarbij een 3D-paleoreliëfmodel is gemaakt. In deze bronnen kunnen de methodes, keuzes en de verantwoordingen hiervan gebruikt worden als informatie over het maken van een model. De genoemde methodes in de bronnen zijn: gegevens verzamelen in een database, de data opschonen, de database omzetten in een shapefile met punten en georefereren, de data interpoleren, verschillende lagen combineren om een 3D model te maken, de data in raster en/of vector formaat opslaan en controleren op uitschieters. Er zijn ook bronnen waarin uitgelegd wordt hoe andere soorten 3D-modellen gemaakt kunnen worden van de ondergrond. Deze komen voornamelijk overeen in de verschillende soorten data die gebruikt kunnen worden voor het maken van een model en welke interpolatietechnieken het beste gebruikt kunnen worden. Deze verschillende soorten data die genoemd zijn: boringen, 'cone penetration tests', veldobservaties, interpretatieve kaarten en dwarsdoorsneden, remote sensing, LIDAR, reflectieseismiek, waterputten en dagzomen.

#### **3. Welke andere 3D-modellen van paleoreliëf zijn gemaakt?**

Zoals genoemd bij de vorige onderzoeksvraag zijn meerdere bronnen te vinden over gemaakte 3D-paleoreliëfmodellen. 3D-paleoreliëfmodellen van gebieden in Nederland zijn echter niet veel te vinden. Tijdens het zoeken naar bronnen zijn geen bronnen gevonden die vergelijkbare bronnen en methoden hebben gebruikt als in dit onderzoek. In de meeste bronnen zijn systematische booronderzoeken en andere data gebruikt, zoals LIDAR. Hieruit kan

geconcludeerd worden dat de gebruikte techniek van dit onderzoek, waarbij de gebruikte informatie direct afkomstig is van archeologische opgravingen, geen gebruikelijke techniek is.

#### Mesoniveau

##### **4. Hoe kan de betrouwbaarheid van een 3D-paleoreliëfmodel geborgd worden?**

Om de betrouwbaarheid van een 3D-paleoreliëfmodel te waarborgen zijn een aantal onderdelen en keuzes nodig. Ten eerste moet de gebruikte database duidelijk, overzichtelijk, concreet en correct zijn. Als de data niet klopt, klopt het model ook niet. De betrouwbaarheid van de data zelf speelt een grote rol in de betrouwbaarheid van het model. Een belangrijke stap hierin is het bepalen van de hoogte van het oorspronkelijke reliëf. Hiervoor zijn verschillende manieren beschikbaar, waardoor met bepaalde methoden een inschatting van de oorspronkelijke bodemhorizonten die verstoord zijn gemaakt kan worden. Een andere methode is de verstoring van de bodemhorizonten duidelijk en concreet te documenteren zodat deze duidelijk zijn voor de lezer/gebruiker van de data. Hiermee kan vervolgens rekening mee gehouden worden in de betrouwbaarheid van de data en het model. Ten tweede moet de juiste interpolatietechniek gebruikt worden, de keuze hierin ligt aan de gebruikte gegevens/data en het soort terrein dat geïnterpoleerd wordt. Hierbij moet ook een goede uitleg/verantwoording gegeven worden waarom gekozen is voor de gebruikte interpolatietechniek.

Voor de gemaakte modellen, aan de hand van de verschillende factoren, kan een aantal conclusies getrokken worden. De betrouwbaarheid van de data zelf is gedeeltelijk gewaarborgd door de verstoring van de bodemhorizonten concreet te documenteren. Door de verstoring van de lagen in de verschillende categorieën, gebaseerd op de verschillende bodemhorizonten, te documenteren kan waargenomen worden in welke gebieden van de modellen de data meer betrouwbaar is en waar het minder betrouwbaar is. Zoals eerder genoemd kan geconstateerd worden dat een foutmarge tussen de 0 en 134 centimeter aanwezig is. Dit is een brede foutmarge, wat als gevolg heeft dat de betrouwbaarheid van de modellen verslechtert. Echter zoals hiervoor genoemd, kan door de verstoring te documenteren de betrouwbaarheid van deze punten nog gedeeltelijk gewaarborgd worden. Om de betrouwbaarheid van het model zelf te verbeteren zijn meer data nodig. Deze data kunnen vergaard worden wanneer een nieuw onderzoek plaatsvindt in de binnenstad van Amersfoort, of wanneer een bron zoals DINOloket beschikbaar wordt gemaakt voor dit onderzoek.



Door de twee verschillende beschikbare interpolatietechnieken te gebruiken en deze modellen te vergelijken is geconstateerd wat de juiste techniek voor dit onderzoek is. Door dit gedeelte van het onderzoek en de keuzes hierin te verantwoorden is de betrouwbaarheid van de modellen gewaarborgd. Het feit dat ongeveer dezelfde modellen uit de verschillende interpolatietechnieken komen laat zien dat de resultaten betrouwbaar zijn. Echter betekent dit niet dat de data zelf automatisch ook betrouwbaar zijn en met een foutmarge van 134 cm kan dit gevolgen hebben voor de betrouwbaarheid van het model. Zoals eerder genoemd is meer data nodig om de betrouwbaarheid van de data te verbeteren.

#### **5. Hoe kunnen de bronnen gebruikt worden om een betrouwbaar en accuraat 3D-paleoreliëfmodel te maken?**

De bronnen kunnen gebruikt worden door te analyseren welk soort data en technieken deze onderzoeken gebruiken hebben en welke keuzes hierin gemaakt zijn. Door deze informatie en de verantwoording voor de gemaakte keuzes tussen de verschillende bronnen te vergelijken kan deze informatie gebruikt worden om een betrouwbaar en accuraat 3D-paleoreliëfmodel te maken. De bronnen die gebruikt zijn om de database te creëren kunnen een betrouwbaar en accuraat model opleveren door deze duidelijk, overzichtelijk, correct en concreet te documenteren. Door de data goed te documenteren wordt de kans op incorrecte data kleiner en daarmee de betrouwbaarheid en de accuratie beter. Zoals voorheen genoemd is een foutmarge van 134 cm aanwezig. Incorrecte data in meters zijn makkelijk te herkennen omdat deze een zeer grote afwijking ten opzichte van nabijgelegen punten zal hebben, echter als de incorrecte data centimeters verschilt met de ware data kan dit moeilijker te herkennen zijn. Op dit moment is er niet genoeg data in alle gebieden van het onderzoeksgebied om deze kleine inaccuracies eruit te halen. Gebieden waar geen tot enkele punten aanwezig zijn, zijn meer vatbaar voor incorrecte data en veel van de punten zijn zeer vergraven wat ook tot incorrecte data leidt. Hierdoor kan nogmaals gesteld worden dat meer onderzoeken en meer data nodig zal zijn om dit onderzoek tot een betrouwbaar model te verwerken.

#### **6. Welke interpolatietechniek is het meest geschikt voor het maken van een 3D-paleoreliëfmodel?**

De beste interpolatietechniek voor het maken van een 3D-paleoreliëftechniek hangt af van de beschikbare gegevens. Als de data systematisch en regelmatig verspreid zijn over het gebied, werken verschillende technieken beter dan technieken die beter werken met data die verspreid

en geclusterd zijn. Het soort terrein bepaalt ook welke techniek beter werkt, IDW is bijvoorbeeld niet geschikt voor bergachtig terrein. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de twee beschikbare interpolatietechnieken: TIN en IDW. Met toegang tot meer technieken kan een mogelijk beter geschikte techniek gebruikt worden. Voor dit onderzoek is geconcludeerd dat TIN de beste methode is. Dit is geconcludeerd omdat TIN alleen interpoleert tussen punten in waardoor alleen de gebieden waar data voor verzameld is geïnterpoleerd wordt. Een andere reden is omdat de gebruikte data voor het onderzoek te oneven verspreid zijn voor IDW om een concreet model te creëren.

### Macroniveau

#### **7. Welke meerwaarde heeft een 3D-paleoreliëfmodel voor het begrip van de ondergrond van Amersfoort in relatie tot het archeologische werkgebied, beleid en uitwerking?**

Een 3D-paleoreliëfmodel kan een meerwaarde leveren op het archeologisch werkgebied doordat het de verwachting van een locatie kan aanvullen door de locatie op het model op te zoeken. Het kan aanduiden of het op een hooggelegen gebied ligt, bij een oude (mogelijke) waterloop, op een rijzende of dalende vlak ligt, etc. Een bijdrage van een 3D-model is dat een model de massa en grootte van het landschap beter kan overbrengen dan een 2D beeld kan. Hierdoor kan informatie beter overgebracht worden naar het publiek. Tijdens het verzamelen van de gegevens voor dit onderzoek is ook genoteerd hoe verstoord de horizonten waren bij ieder punt. Deze informatie kan aanduiden op verstoorde gebieden en hiermee de verwachting van de verschillende gebieden aanpassen.

De meerwaarde van het 3D-model is dat er nu een kaart is van informatie die al beschikbaar was. De inhoudelijke informatie was in principe al beschikbaar echter waren deze verspreid over verschillende rapporten en bronnen. Dit model heeft deze informatie geïnventariseerd en verwerkt in een overzicht, waardoor deze informatie beter inzichtelijk is voor de archeologen.

### Hoofdvraag

#### **Hoe zag het reliëf van het Laat-Pleistocene landschap in en rond het centrum van Amersfoort eruit?**

De conclusie van de hoofdvraag “Hoe zag het reliëf van het Laat-Pleistocene landschap in en rond het centrum van Amersfoort eruit?” is dat er te weinig beschikbare informatie op dit moment is om een concreet beeld te kunnen geven, echter kan het huidige model een

inschatting geven van het reliëf. Omdat in dit onderzoek alleen gebruik is gemaakt van opgravingsgegevens, in tegenstelling tot andere onderzoeken waarbij een 3D-paleoreliëfmodel gemaakt is, waren er minder gegevens beschikbaar dan wanneer andere methoden, zoals remote sensing en grootschalige boorcampagnes, beschikbaar waren. De betrouwbaarheid van het model is zoveel mogelijk gewaarborgd door de gegevens in de database zo duidelijk, overzichtelijk, correct en concreet te documenteren.

Wel kan al een aantal aspecten van het reliëf uit de modellen gehaald worden. In de modellen zijn in het zuidwesten en noordoosten hoger gelegen gebieden te zien met daartussen een lagergelegen gebied van het noordwesten naar het zuidoosten. Het hoger gelegen gebied in het zuidwesten gaat richting de Amersfoortse Berg, deze was al aanwezig in het Laat-Pleistoceen aangezien dit een onderdeel van de Woudenberg is. In het midden van het lagergelegen gebied is een ophoging te zien, dit is waar hedendaags De Hof is gelegen.

## 6. Discussie

Na de afloop van het onderzoek is teruggekeken over hoe het werkproces gegaan was en hoe onderdelen mogelijk anders gedaan konden worden. Hierom is een reflectie geschreven die onderverdeeld is in micro-, meso- en macroniveau, en onderzoekstechnisch. Het microniveau gaat over de brongegevens. Het mesoniveau gaat over het produceren van een model gebaseerd op de bronnen en over de betrouwbaarheid van het model. Het macroniveau gaat over de wetenschappelijke meerwaarde van een 3D-paleoreliëfmodel in het archeologische werkgebied, beleid en uitwerking. Het onderzoekstechnische gedeelte gaat over het onderzoek in het algemeen. In deze reflectie worden aspecten behandeld die mogelijk anders gedaan konden worden en welke keuzes bij aspecten genomen zijn.

### Microniveau

Voor het literatuuronderzoek en de gebruikte bronnen zijn bepaalde keuzes gemaakt. Voor bronnen over het paleoreliëf van Amersfoort is een enkele bron gebruikt omdat deze bron zelf informatie uit verschillende bronnen samenvatte en alle nuttige informatie gaf.

Voor de onderzoeksvragen “Welke bronnen zijn beschikbaar over het maken van een 3D-paleoreliëfmodel?” en “Welke andere 3D-modellen van paleoreliëf zijn gemaakt?” is een aantal bronnen gebruikt die relevant waren voor het beantwoorden van de vragen, echter zijn de vragen zo open dat er de gebruikte bronnen maar een fractie is van alle beschikbare bronnen.

Tijdens het onderzoek zijn tegen bepaalde problemen aangelopen die invloed hebben gehad op het onderzoek. De meeste en de grootste problemen begonnen toen in 2020 de lockdown verkondigd werd. Ten eerste ging het CAR dicht. Gelukkig was via de gemeente een goede manier om thuis te werken al voorhanden, hiermee kon via het internet op een thuiscomputer ingelogd worden op het netwerk van de gemeente. Doordat het onderzoek van op het CAR werken plots naar alleen thuiswerken veranderde, had dit als gevolg dat het vinden van structuur en motivatie erg lastig was. Deze kon enigszins teruggevonden worden, maar het onderzoek kon pas echt goed te werk toen toestemming verleend werd om na een tijd weer op het CAR te mogen werken. Dit heeft uiteindelijk redelijk veel vertraging opgeleverd. Een ander probleem was dat de lockdown een aantal restricties op het zoeken van bronnen legde doordat de bibliotheken en het RCE (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed) ook sloten.

Hierdoor was, voor een lange periode, het onderzoek beperkt tot alleen bronnen kunnen gebruiken die online gevonden konden worden. Toen toestemming was verleend om op het CAR te werken kon wel gebruik gemaakt worden van de boeken en bronnen aanwezig waardoor toch een aantal nieuwe bronnen gebruikt konden worden.

### Mesoniveau

Toen de database klaar was moest gekeken worden met welke softwarepakket het model gemaakt kon worden. Op een persoonlijke computer was toegang tot oude versie van Mapinfo, echter werkte deze niet goed aangezien het verouderd was. Van het softwarepakket Surfer kon alleen een tijdelijke gratis versie gebruikt worden. Uiteindelijk is besloten de Mapinfo van de gemeente te gebruiken omdat de opdrachtgever toegang heeft tot dit softwarepakket. Het nadeel hiervan was echter dat hiermee alleen toegang was tot de basis versie en daarmee geen toegang tot de meer complexere opties om te interpoleren. Dit is een afweging die gemaakt is omdat met deze softwarepakket de opdrachtgever in de toekomst verder aan het model kan werken. Verder is in dit onderzoek gebruik gemaakt van de 'Thema toevoegen'-functie van Mapinfo omdat deze beschikbaar was gesteld. Mocht de opdrachtgever een uitgebreider model willen maken is het een optie om de Pro versie van Mapinfo aan te schaffen zodat de 'raster maken'-functie gebruikt kan worden. Deze functie is uitgebreider dan de eerdergenoemde versie en kan daarmee met meer opties/technieken modellen creëren. Een andere mogelijkheid is om te kijken of met het softwarepakket QGIS gewerkt kan worden. QGIS is gratis en heeft meer mogelijkheden dan genoemde Mapinfo softwarepakket. Deze moet dan op een thuiscomputer geïnstalleerd worden aangezien het niet mogelijk is om dit op het gemeentenetwerk te installeren.

### Macroniveau

Het onderzoek heeft aanvullende informatie opgeleverd aangezien dit de eerste keer is dat deze gegevens bij elkaar gebracht zijn en de eerste keer dat de informatie in visuele vorm gebracht is. Voor de opdrachtgever is het belangrijkste dat het mogelijk is om in de toekomst nieuwe gegevens kunnen toe te voegen en het model te kunnen updaten. Met dit onderzoek en de handleiding (zie bijlage) is dit mogelijk gemaakt.

### Onderzoekstechnisch

Als ik dit onderzoek opnieuw zou uitvoeren zou ik een aantal onderdelen anders doen. Ten eerste zou ik eerder met het verantwoordingsdocument beginnen en meer constant eraan

werken. In het huidige onderzoek begon ik met het maken van de database en tegen het einde van dit proces begon ik met het verder uitwerken van het verantwoordingsdocument. Ten tweede zou ik eerder toegang tot de Mapinfo versie van het CAR bemachtigen. Hiermee kan het vooronderzoek zich op deze softwarepakket richten in plaats van andere versies die uiteindelijk niet gebruikt zijn. Hierdoor is er meer tijd voor andere onderdelen waardoor deze delen verder uitgewerkt kunnen worden zoals hoeveel bodem ongeveer mist bij de verschillende niveaus van verstoring.



## 7. Aanbevelingen

Het model vergt nog aanvullend werk om tot een betrouwbaar product te komen. Hierom zijn een aantal aanbevelingen opgesteld. De aanbevelingen zijn gecategoriseerd in micro-, meso- en macroniveau. Het microniveau gaat over de brongegevens. Het mesoniveau gaat over het produceren van een model gebaseerd op de bronnen en over de betrouwbaarheid van het model. Het macroniveau gaat over de wetenschappelijke meerwaarde van een 3D-paleoreliëfmodel in het archeologische werkgebied, beleid en uitwerking.

### Microniveau

Dinoloket is tijdens het onderzoek als bron afgeschreven omdat het niet duidelijk aangeeft welke laag behoort tot welke bodemhorizont. Wellicht kan in een uitgebreider onderzoek worden gedaan naar deze gegevens waaruit geconcludeerd kan worden welke lagen bij welke horizonten horen en vervolgens kunnen deze gegevens worden toegevoegd aan het model. Het is wellicht mogelijk om met uitgebreider onderzoek achter deze horizonten te komen, echter zullen de archeologen hier waarschijnlijk geen tijd voor hebben naast hun normale taken. Mocht tijdens een regulier onderzoek Dinoloket-gegevens gebruikt worden dan kunnen de archeologen hier wel extra alert op zijn en daarmee deze gegevens bruikbaar maken voor het model.

### Mesoniveau

Als in de toekomst opgravingen plaats vinden in de binnenstad, wordt aanbevolen om hier de hoogte van de meest intacte horizont te noteren en deze toe te voegen aan de database. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van 62 punten en in vergelijking met de bronnen van het literatuuronderzoek is dit niet een grote hoeveelheid punten. Alhoewel tijdens het onderzoek geen bron is gevonden waarin staat hoeveel punten nodig zijn om een betrouwbaar model te maken, kan in de vergelijking met de bronnen geconcludeerd worden dat met het huidige aantal punten bepaalde gebieden van het model minder betrouwbaar zijn. Dit zijn voornamelijk de gebieden waar geen punten aanwezig zijn.

De huidige database mist voornamelijk informatie uit het noordelijke en zuidoostelijke gedeelte van de binnenstad, als in de toekomst hier opgravingen plaatsvinden kan het veel nuttige informatie bieden voor de database en daarmee het model. Ook kan de accurate van het model getest worden door het model te vergelijken met de gegevens die worden

verzameld tijdens een opgraving. Als het model en de gegevens grotendeels overeenkomen betekent dat dat het model accuraat is voor dat gebied, en als een groot verschil tussen het model en de gegevens wordt geconstateerd, betekent het dat het model minder accuraat is in dat gedeelte van het gebied. Een manier om deze gebieden te testen en mogelijk te verbeteren is door grondboringen te verrichten. Met de data dat het booronderzoek oplevert kan de accuratie bevestigd worden of de data toegevoegd kunnen worden aan het model, waarmee het model accurater gemaakt kan worden. Een andere manier waarop meer data verkregen kan worden is door data uit rapporten van andere organisaties/uitvoerders op Archis en DANS-EASY te halen. Deze informatie is al beschikbaar en kan mogelijk data bevatten die toegevoegd kan worden aan de database.

### Macroniveau

Zoals eerder genoemd in het literatuuronderzoek wordt in het boek ‘Middeleeuwse huizen in Amersfoort’ beweerd dat één van de twee mogelijke locaties van de oude voorde aan de oostkant van de historische binnenstad is, waar de Langestraat de Weverssingel kruist. Echter, is geen waterloop op deze locatie in de verschillende modellen te zien. Daarom wordt aanbevolen dat als in de toekomst hier (archeologisch) onderzoek wordt verricht om dan de restanten van het paleoreliëf mee te nemen in het onderzoek. Alhoewel het model betrekking heeft op het Pleistoceen en het boek gaat over de Middeleeuwen, kan deze gegevens veel informatie toevoegen aan het model. De gegevens hiervan kan dan vervolgens aan het model worden toegevoegd. Met deze aanvullende informatie kan de theorie van de waterloop en de locatie van deze voorde verder versterken of ontkrachten.<sup>86</sup>

---

<sup>86</sup> Engelenhoven 2006, 9.

# Literatuurlijst

## Literatuur

Berendsen, H.J.A., 2008: *Landschappelijk Nederland: Fysische geografie van Nederland*, Voorthuizen.

Boer, G.H. de/D. Bekius/J.A. Schenk, 2009: *Gemeenten Amersfoort en Leusden: een archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart (m.u.v. de historische stadskern)*, Weesp.

Brink, W. ten, 2018: Kazernes in Amersfoort, in L. Alberts/P. Brusse/M. Cramer/J.H. Lodewijks/G. Raven/F. Snieder/D. Steenbeek/S. Stouten-Schrijer (red.), *Flehite. Historisch jaarboek voor Amersfoort en omstreken 2018*, Amersfoort, 82-83.

Broecker, W.S./J.P. Kennet/B.P. Flower/J.T. Teller/S. Trumbore/G. Bonani/W. Wolfi, 1989: Routing of meltwater from the Laurentide ice sheet during the Younger Dryas cold episode, *Nature* 341, 318–321.

Brusse, P., 2009: De negentiende eeuw, economische en sociale ontwikkelingen, in R. Kemperink/B. Elias (red.), *'Bruit van d'Eem' Geschiedenis van Amersfoort*, Utrecht, 382, 405-407.

Cambier, G.M.G. & X.A.J. Devleeschouwer, 2013: *A GIS-based methodology for creating 3D geological models in sedimentary environment: application to the subcrop of Brussels*, Stuttgart (Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften 164 (4)), 558-564.

Caumon, G./P. Collon-Drouaillet/C. Le Carlier de Veslud/S. Viseur/J. Sausse, 2009: Surface-Based 3D Modeling of Geological Structures, *Mathematical Geosciences* 41, 929-931.

Cleveringa, P./T. Meijer/R.J.W. van Leeuwen/H. de Wolf/R. Pouwer/T. Lissenberg/A.W. Burger, 2000: The Eemian stratotype locality at Amersfoort in the central Netherlands: a re-evaluation of old and new data, *Netherlands Journal of Geosciences: Geologie en Mijnbouw* 79 (2-3), 197-216.

Conolly, J & M. Lake, 2006: *Geographical information Systems in Archaeology*, Cambridge.

Engelenhoven, A. van, 2005: *Middeleeuwse huizen in Amersfoort*, Bussum.

Gillings, M./P. Hacigüzeller/G.R. Lock, 2020: *Archaeological spatial analysis: a methodological guide*, New York.

Hammen, T. van der, 1971: The upper quaternary stratigraphy of the Dinkel valley (with an annotated list of radiocarbon dates), *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 22, 55-213.

Hulst, R.A./M.H.A. van Dijk/T. d'Hollosy/T. Stolk MA/M.L. Verhamme/M.K. Wijker, 2013: Archeologisch onderzoek, De Schammer, Leusden, *CAR rapport* 18, Amersfoort, 15-18.

Hummelman, J./D. Maijers/A. Menkovic/R. Reindersma/J. Stafleu/R. Vernes, 2019: *Totstandkomingsrapport Digitaal Geologisch Model (DGM)*, Utrecht.

Kasse, C., 2002: Sandy aeolian deposits and environments and their relation to climate during the Last Glacial Maximum and Lateglacial in northwest and central Europe, *Progress in Physical Geography* 26, 507–532.

Kemperink, R., 2009: Amersfoort tot 1579, in R. Kemperink/B.Elias (red.), '*Bruit van d'Eem*' *Geschiedenis van Amersfoort*, Utrecht, 42-43, 45, 47-60.

Kemperink, R.M. & B.G.J. Elias, 2009: '*Bruit van d'Eem*'. *Geschiedenis van Amersfoort*, Utrecht.

Korody, G. & G. Jordan, 2014: *3D digital geological modelling of paleo-surfaces. A case study from the national nuclear waste depository site in Hungary, Baia Mare* (Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 9(4)), 239, 241, 243.

Koster, E.A., 1982: Terminology and lithostratigraphic subdivision of (surficial) sandy eolian deposits in The Netherlands: an evaluation, *Netherlands Journal of Geosciences: Geologie en Mijnbouw* 61, 121-129.

Koster, K./M. Profitlich/M. Van der Meer/H. Kars, 2012: *Sonderingen en Archeologie. Een verkennende studie naar de toepassing van sonderingen binnen het archeologische werkveld*, Amsterdam.

Leeuwen, R.J. van/D. Beets/J.H.A. Bosch/A.W. Burger/P. Cleveringa/D. van Harten/G.F.W. Herngreen/C.G. Langereis/T. Meijer/R. Pouwer/H. de Wolf, 2000: Stratigraphy and integrated facies analysis of the Eemian in the Amsterdam-Terminal borehole, the Netherlands, *Netherlands Journal of Geosciences: Geologie en Mijnbouw* 79, 177.

Louwe Kooijmans, L.P./P.W. van der Broeke/H. Fokkens/A. van Gijn 2005: *Nederland in de Prehistorie*, Amsterdam.

Maarleveld, G.C., & R.P.H.P van der Schans, 1961: De dekzandmorfologie van de Gelderse Vallei, *Tijdschrift van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap, tweede reeks* 78, 22-34.

Mulder, E.F.J. de/M.C. Geluk/I. Ritsema/W.E. Westerhoff/T.E. Wong, 2003: *De ondergrond van Nederland*, Utrecht.

Palmboom, E., 2009: Reformatie in Amersfoort, in R. Kemperink/B. Elias (red.), *'Bruit van d'Eem' Geschiedenis van Amersfoort*, Utrecht, 184, 203-204, 206.

Ran, E.T.H., 1990: Dynamics of vegetation and environment during the Middle Pleniglacial in the Dinkel Vally (The Netherlands), *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 44 (3), 139-203.

Renssen, H., 1997: *The climate during the Younger Dryas stadial*, Utrecht (Nederlandse geografische Studies 217), 19-30.

Richards-Rissetto, H., 2017: What can GIS + 3D mean for landscape archaeology?, *Journal of Archaeological Science* 84, 16.

Rommès, R., 2009: De zeventiende en achttiende eeuw, Economische en sociale ontwikkelingen, in R. Kemperink/B. Elias (red.), *'Bruit van d'Eem' Geschiedenis van Amersfoort*, Utrecht, 241-242, 251-252.

Rooth, C., 1982: Hydrology and ocean circulation, *Progress in Oceanography* 11, 131-149.

Scholte Lubberink, H.B.G./L.J. Keunen/N.W. Willemse, 2015: *Op het kruispunt van de vier windstreken. Synthese Oogst voor Malta onderzoek de Gelderse Vallei (Utrechts-Gelders zandgebied)*, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 48), 17-18, 22, 24-25.

Snieder, F., 1996: Schothorsterlaan 31: De Oude Hof, *AKPU 1988-1989*, 25-26.

Snieder, F. & M. Krauwer, 1994: *Nering en vermaak*, Amersfoort.

Verbraeck, A., 1984: *Toelichting bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000: blad Tiel West (39W) en blad Tiel oost (39O)*, Haarlem, 135.

Vlerk, I.M. van der, & F. Florschütz 1953: The palaeontological base of the subdivision of the Pleistocene in The Netherlands, *Verhandelingen Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde* 1, 1-58.

Voorthuysen, J. H. van, 1958: Foraminiferen aus dem Eemien (Riss- Wurm-Interglazial) in der Bohrung Amersfoort 1, (Locus typicus), *Mededelingen van de Geologische Stichting, nieuwe serie* 11, 27-30.

Walker, M./S. Johnsen/S.O. Rasmussen/T. Popp/J-P. Stefensen/Ph. Gibbard/W. Hoek/J. Lowe/J. Andrews/Z. Björz/C. Cwynar/K. Hughen/P. Kershaw/B. Kromer/Th.Lit/z.J. Lowe/T. Nakagawa/R. Newnham/J. Schwander, 2008: Formal definition and dating of the GSSP (global stratotype section and point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records, *Journal of Quaternary Sciences* 24, 3–17.

Wijker, M.K., 2017: *Ondergrondse afvalberging*, Amersfoort (Amersfoort onder ons 40).



Wijker, M.K., 2019: *Stovestraat – Valkestraat*, Amersfoort (Amersfoort onder ons 52), 36.

Zagwijn, W.H., 1961: Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands, part I: Eemian and Early Weichselian, *Mededelingen van de Geologische Stichting, nieuwe serie* 14, 15-45.

Zijverden, W.K van, 2017: *After the deluge, a palaeogeographical reconstruction of bronze age West-Frisia (2000-800 BC)*, Leiden.

### Internetbronnen

AHN, 2018: Dataset: Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3)

(<https://www.pdok.nl/geo-services/-/article/actueel-hoogtebestand-nederland-ahn3>- geraadpleegd op 24-10-2022)

Archief Eemland, 2005: Fotokopie van het stadsplan van Amersfoort naar een kaart van Jacob van Deventer, met ingekleurde delen

(<https://www.archiefeemland.nl/bronnen/kaarten-en-ontwerptekeningen/detail/114fd854-dc46-11df-a9e7-7590f0316edd/media/f03a728e-689e-bc04-7b85-624a96663580> geraadpleegd op 3-10-2022)

DANS-EASY, s.a.: EASY

(<https://dans.knaw.nl/nl/data-diensten/easy/> geraadpleegd op 26-4-2022).

DANS-EASY, s.a.: Over

(<https://dans.knaw.nl/nl/over/> geraadpleegd op 26-4-2022).

DINOloket, s.a.: Over ons

(<https://www.dinoloket.nl/over-ons> geraadpleegd op 3-10-2022).

Gandhi, U., s.a.: Interpoleren van puntgegevens

([https://www.qgistutorials.com/nl/docs/3/interpolating\\_point\\_data.html](https://www.qgistutorials.com/nl/docs/3/interpolating_point_data.html) geraadpleegd op 28-5-2022).

Kadaster, s.a.: Rijksdriehoeksstelsel

(<https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/rijksdriehoeksmeting/rijksdriehoeksstelsel>) geraadpleegd op 7-6-2022).

Lang, C., s.a.: Interpolation Methods

([Types of Interpolation - Advantages and Disadvantages \(gisresources.com\)](https://gisresources.com/types-of-interpolation-advantages-and-disadvantages/)) geraadpleegd op 5-6-2021).

Leroux, C., 2019: Spatial data interpolation : TIN, IDW, kriging, block kriging, co-kriging.... What are the differences?

(<https://www.aspexit.com/en/spatial-data-interpolation-tin-idw-kriging-block-kriging-co-kriging-what-are-the-differences/>) geraadpleegd op 7-6-2021).

Trikt, J. van & H. Ahrens, s.a.: Bodenvorming uitgediept

(<https://www.geologievannederland.nl/ondergrond/bodems/bodenvorming-uitgediept>) geraadpleegd op 26-4-2022).

# Bijlage 1: Verklarende woordenlijst

## De bodemhorizonten

De bodem bestaat uit verschillende lagen, genaamd horizonten.<sup>87</sup>

## DANS EASY

DANS is het nationale expertisecentrum en opslagplaats voor onderzoeksdata.<sup>88</sup> EASY is van DANS en het is een online archiveringssysteem voor het deponeren en hergebruiken van onderzoeksdata.<sup>89</sup>

## DINOloket

“DINO loket is de centrale toegangspoort tot Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond (DINO).”<sup>90</sup>

## Interpoleren/interpolatie

Interpoleren is een techniek om een doorlopend oppervlak te creëren tussen twee afzonderlijke punten.<sup>91</sup>

---

<sup>87</sup> <https://www.geologievannederland.nl/ondergrond/bodems/bodemvorming-uitgediept>

<sup>88</sup> <https://dans.knaw.nl/nl/over/>

<sup>89</sup> <https://dans.knaw.nl/nl/data-diensten/easy/>

<sup>90</sup> <https://www.dinoloket.nl/over-ons>

<sup>91</sup> [https://www.qgistutorials.com/nl/docs/3/interpolating\\_point\\_data.html](https://www.qgistutorials.com/nl/docs/3/interpolating_point_data.html)

## Bijlage 2: Metadata

| Veldnaam     | Gegevenstype | Veldlengte      | Omschrijving                           |
|--------------|--------------|-----------------|----------------------------------------|
| Nummer       | Autonummer   | Lange Integer   | Puntnummer                             |
| X-Coördinaat | Numeriek     | Lange Integer   | X-coördinaat in m                      |
| Y-Coördinaat | Numeriek     | Lange Integer   | Y-coördinaat in m                      |
| NAP          | Numeriek     | Enkele precisie | NAP in m                               |
| Locatie      | Tekst        | 6               | Punt binnen of buiten onderzoeksgebied |
| Afgetopt     | Tekst        | 3               | Aftopping van Dekzand                  |
| Verstoring   | Numeriek     | Byte            | Niveau van verstoring                  |
| Bron         | Tekst        | 75              | Bron van punt                          |
| Opgraving    | Tekst        | 50              | Opgravingscode                         |
| Afbeelding   | Hyperlink    |                 | Afbeelding van gebruikt bron           |
| Opmerkingen  | Tekst        | 100             | Opmerking                              |

## Bijlage 3: Overzicht opgravingen

| Nummer | Opgraving | Bron                                              | Opmerkingen                                                           |
|--------|-----------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1      | PCS'11    | Protocolboek afvalcontainers. Pg 63               | Mogelijk diepvergraven dekzand in verband met aanleg sloot.           |
| 2      | POS'11    | Protocolboek afvalcontainers. Pg 101              | Mogelijk diepvergraven dekzand in verband met aanleg sloot.           |
| 3      | CP'13     | Protocolboek CP'13. Pg 16                         | Mogelijk diepvergraven dekzand in verband met aanleg sloot.           |
| 4      | WAL'11    | Protocolboek afvalcontainers. Pg 15               | 1                                                                     |
| 5      | WAL'11    | Protocolboek afvalcontainers. Pg 22               | 2. Mogelijk diepvergraven dekzand in verband met aanleg waterput.     |
| 6      | VAR'11    | Protocolboek VAR'11. Pg 15                        | Mogelijk diepvergraven dekzand in verband met aanleg sloot.           |
| 7      | LL'11     | Profieltekening Profiel 8                         |                                                                       |
| 8      | LG'11     | Protocolboek afvalcontainers. Pg 145              |                                                                       |
| 9      | LVK'12    | Protocolboek LVK'12. Pg 15                        | A-horizont aanwezig                                                   |
| 10     | JOR'97    | JOR'97 tekening 3                                 | Afgesneden inspoellaag                                                |
| 11     | AGA'12    | Protocolboek AGA'12. Pg 11 + Profielfoto 3 AGA'12 |                                                                       |
| 12     | KH'12     | Protocolboek KH'12. Pg 15                         |                                                                       |
| 13     | AND'12    | Protocolboek AND'12. Pg 11 + profielfoto 34       |                                                                       |
| 14     | OAB 47    | Protocolboek OAB 37A, 47, 48. Pg 12               |                                                                       |
| 15     | OAB 48    | Protocolboek OAB 37A, 47, 48. Pg 21               |                                                                       |
| 16     | MP'98     | MP'98 tekening 11                                 | WP3 Oostprofiel. Dekzand waarschijnlijk afgesneden                    |
| 17     | BDV'11    | Protocolboek afvalcontainers. Pg 37               |                                                                       |
| 18     | BDV 19    | Autocad profieltekening BDV 19                    | Mogelijk diepvergraven dekzand in verband met aanleg muur(fundering). |
| 19     | KOE 13    | Koe 13 tekening 1-3 W-Profiel                     | WP2 Westprofiel                                                       |
| 20     | FP'11     | Protocolboek afvalcontainers. Pg 83               |                                                                       |

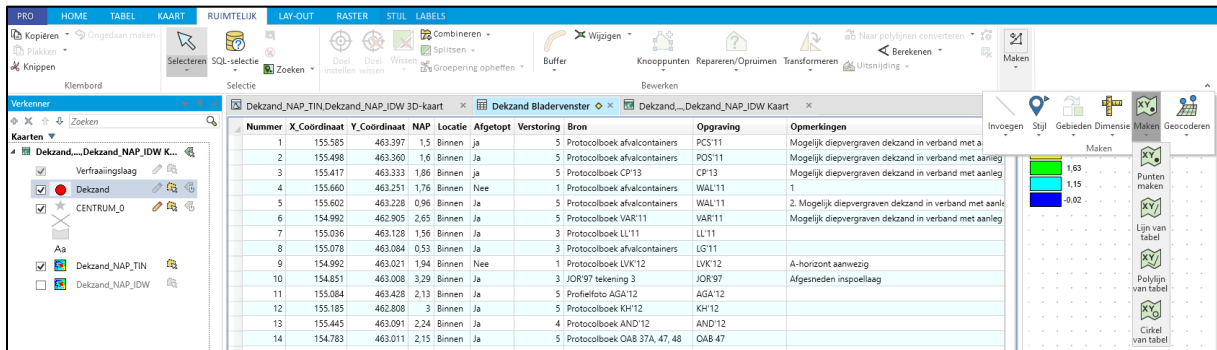
|    |                      |                                     |                                                                             |
|----|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 21 | OAB 21               | Autocad profieltekening OAB 21      |                                                                             |
| 22 | OAB 22               | Autocad profieltekening OAB 22      | Mogelijk diepvergraven dekzand in verband met aanleg sloot en knuppelpad.   |
| 23 | OAB 23               | Protocolboek OAB 23. Pg 2           | Mogelijk diepvergraven dekzand in verband met aanleg knuppelpad (en sloot). |
| 24 | OAB 24               | Autocad profieltekening OAB 24      | Mogelijk diepvergraven dekzand in verband met aanleg sloot en knuppelpad.   |
| 25 | OAB 25               | Profieltekening OAB25               |                                                                             |
| 26 | EL'11                | Dekzand profielstaafjes             | Profiel 1. Geen A                                                           |
| 27 | EL'11                | Dekzand profielstaafjes             | B3. Geen A                                                                  |
| 28 | KRO 36               | Rapport KRO 36. Pg 4                |                                                                             |
| 29 | MEUR'05              | Protocolboek MEUR'05                | WP 10. Profieltekening 33                                                   |
| 30 | MEUR'05              | MEUR'05 tekening 3                  | WP 1 Noordprofiel 90 meter.                                                 |
| 31 | STO'16               | STO'16 tekening 140                 | WP06 P48. Kaartlink                                                         |
| 32 | STO'16               | AOO 52. Pg 36                       |                                                                             |
| 33 | STO'16               | STO'16 tekening 3                   | WP01 P3                                                                     |
| 34 | STO'16               | STO'16 tekening 60                  | WP04 P18                                                                    |
| 35 | AAP'14               | AAP'14 tekening 9                   | West                                                                        |
| 36 | AP'08                | AOO26. Pg 24                        | Midden                                                                      |
| 37 | KM'84                | KM'84 tekening 4                    |                                                                             |
| 38 | HOF'91               | HOF'91 tekening B19                 | Put 1 Zuidprofiel                                                           |
| 39 | HOF'91               | HOF'91 tekening B18                 | Put 5 Oostprofiel                                                           |
| 40 | BLOE'86              | BLOE'86 tekening 2                  |                                                                             |
| 41 | Bloemendalsetraat 26 | Steekproefrapport 2017-05/03. Pg 16 |                                                                             |
| 42 | STPL'07              | Protocolboek STPL'07. Pg 18         |                                                                             |
| 43 | GK 5-6               | GK 5-6 Tekening 4                   |                                                                             |
| 44 | HAV 37               | AOO 31. Pg 17                       |                                                                             |
| 45 | ADK'06               | Protocolboek ADK'06                 | WP 1 Oostprofiel                                                            |
| 46 | ADK'06               | Protocolboek ADK'06                 | WP 6 Westprofiel                                                            |
| 47 | ADK'12               | AOO 49. Pg 18                       | WP 1 Noordprofiel                                                           |
| 48 | BRE'23               | Protocolboek BRE'23                 | Noordprofiel. Mogelijk onderste gedeelte van inspoellaag aanwezig.          |
| 49 | OS 11-15             | OS 11-15 tekening 2                 | WP 2, P4                                                                    |
| 50 | SPB'85               | SPB'85 word document. Pg 1          |                                                                             |
| 51 | ADK 32               | ADK 32 tekenvel 1                   | WP 1 Profiel 1                                                              |
| 52 | HE 4                 | HE 4 tekening 1                     | WP 3 Noordprofiel                                                           |
| 53 | AMI'99               | AMI'99 tekening 3                   |                                                                             |
| 54 | HOF 11-12            | HOF 11-12 tekening 4                | Oostprofiel                                                                 |
| 55 | HOF 11-12            | HOF 11-12 tekening 4                | Westprofiel                                                                 |
| 56 | ROCH'02              | ROCH'02 tekening 12                 | Westprofiel                                                                 |
| 57 | HA 8-14              | HA 8-14 tekening 1                  | Oostprofiel                                                                 |

|    |        |                   |                                        |
|----|--------|-------------------|----------------------------------------|
| 58 | LVS 12 | LVS 12 tekening 4 | Alle lagen behalve A-horizont          |
| 59 | AMI'00 | AMI'00 tekening 1 | Uitspoellaag aanwezig                  |
| 60 | MP'98  | MP'98 tekening 12 | WP 1 Zuidprofiel. Inspoellaag aanwezig |
| 61 | MP'98  | MP'98 tekening 6  | WP 2 Zuidprofiel                       |
| 62 | VAR'01 | VAR'01 tekening 1 | WP 1 Westprofiel                       |



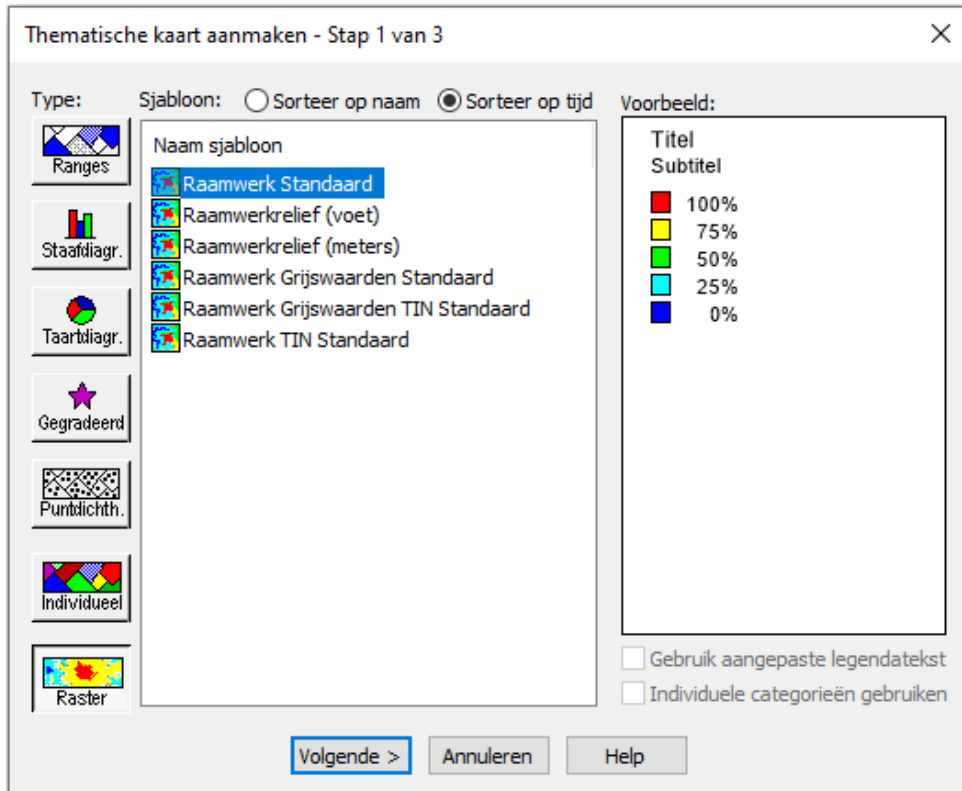
## Bijlage 4: Handleiding

1. Open de database in Microsoft Access.
2. Vul nieuwe gegevens in.
3. Open de Access-database in Mapinfo.
4. Gebruik de 'Punten maken'-functie met het coördinatensysteem 'Netherlands National System [mm acc]'.



4,5. Optioneel om nog een kaart van Amersfoort te openen als laag.

5. Gebruik de 'Thema toevoegen'-functie.



6. Selecteer Database als Tabel en NAP als Veld.

The dialog box is titled 'Thematische kaart aanmaken - Stap 2 van 3'. It contains the following elements:

- Selecteer een tabel en een veld:**
  - Tabel: Dekzand
  - Veld: NAP
- ☐ Negeer nulwaarden of lege velden
- Roosteropties**
  - Selecteer een tabel met vlakken om te clippen:
    - Tabel: Geen
  - Raster bestandsnaam:
    - \\fp2\home\REF1\Documents\Dekzand\_NAP.mi
    - Bladeren...
- Buttons at the bottom: < Terug, Volgende > (highlighted with a blue border), Annuleren, Help.

7. Selecteer TIN of IDW methode als interpolator.

The dialog box is titled 'Thematische kaart maken - Stap 3 van 3'. It contains the following elements:

- Voorbeeld:**
  - Dekzand naar NAP
  - Legend: 100% (red), 75% (yellow), 50% (green), 25% (cyan), 0% (blue)
- Aanpassen**
  - Instellingen... (highlighted with a blue border)
  - Stijlen...
  - Legenda...
- Interpolator:**
  - IDW
- Aantal kolommen:**
  - 1
- Volgorde legendalabels**
  - ☐ Oplopend
  - ☒ Aflopend
  - ☐ Aangepast
  - Volgorde...
- Thema aan tabel koppelen**
  - ☐ Standaardthemaweergave
  - ☐ Std.themaweergave verwijderen
- Sjabloon**
  - Opslaan als...
  - Samenvoegen...
- Buttons at the bottom: < Terug, OK, Annuleren, Help.

## 8. Open 3D-kaart om het 3D-model te zien.

