

2018

It takes guts

Een statistisch onderzoek naar de verschillen in diepteregistratie tussen de Sonic Drill met Aqualock Sampler en de handgutsboor in de Almere Oosterwold.



Kevin Schell

Saxion Archeologie

12-12-2018

VOORWOORD

Voor u ligt mijn afstudeerwerkstuk in het kader van mijn afstuderen aan de bachelor-opleiding archeologie van Saxion Hogeschool in Deventer. Het betreft een statistisch onderzoek naar de verschillen in diepteregistratie tussen de Sonic Drill met Aqualock Sampler en de handgutsboor in Almere Oosterwold. Dit onderzoek is tussen februari en december 2018 uitgevoerd. Het veldwerk is uitgevoerd tussen september 2017 en juni 2018.

Graag wil ik hieronder een aantal mensen bedanken die dit afstudeerwerkstuk mogelijk hebben gemaakt.

Als eerste Wouter Smith, die de opdracht verzorgd heeft. Tijdens de opdracht gaf hij mij veel vertrouwen. Wouter heeft mij geholpen met het statistische onderzoek en leverde de benodigde literatuur aan. Wilko van Zijverden, mijn afstudeerbegeleider, wil ik bedanken voor de interessante en nuttige discussies. Don van den Biggelaar wil ik ervoor bedanken dat hij altijd open stond om uitleg te geven over de werkzaamheden. Daarnaast wil ik Jos de Moor en Peter Jongste bedanken voor het verzorgen en versturen van de benodigde databases, Excel-bestanden, boorprofielen en kaartmateriaal.

De studiegroep bij Saxion bestond uit: Paul Scholten, Mara Grandia, Felicia Hulsof, Wouter Hinrichs en Peter Kalkman. Zonder hen had ik het afstudeertraject nooit volgehouden. Ik wil graag de moeder van Paul Scholten bedanken voor het lenen van haar auto, zodat ik naar de onderzoekslocatie kon rijden. Daarnaast ben ik Esther van Assen dankbaar voor haar grammaticale controle, dat kan geen eenvoudige opgave geweest zijn.

Ten slotte gaat mijn dank uit naar mijn familie, Fred Schell, Erica Schell, Dennis Schell en Deveney Stolk. Zij hebben gezorgd voor de benodigde pauzes en rust in het drukke traject.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Kevin Schell

Deventer, 25-2-2019

SAMENVATTING

Dit afstudeeronderzoek is uitgevoerd in opdracht van, en in samenwerking met, Bureau Archeologie en Monumentenzorg van de gemeente Almere. In het onderzoek is gekeken naar de verschillen in samendrukking per textuur tussen de Aqualockboor (diameter: 7 centimeter) en de handgutsboor (diameter: 3 centimeter). Dit onderzoek komt voort uit eerdere veldonderzoeken, waaruit bleek dat genoemde boormethodes verschillende resultaten opleverden. Het veldonderzoek is uitgevoerd met behulp van EARTH-intergrated archaeology. Het veldonderzoek heeft plaatsgevonden van oktober 2017 tot juni 2018.

In dit afstudeeronderzoek zijn 115 Aqualockboringen vergeleken met gepaarde handgutsboringen. Het doel hiervan was om duidelijk te maken in welk sediment zich de belangrijkste verschillen voordoen. Dit is gedaan door de boorbeschrijvingen statistisch te analyseren op de gemiddelde dieptes en het verschil in dikte van de beschreven textuurlagen. Voor deze analyse is onder andere gebruikgemaakt van T-toetsen, correlatiecoëfficiënten en Z-toetsen. De gemeente Almere hanteert in haar standaard Programma van Eisen (PvE) voor verkennende booronderzoeken een maximale afwijking van vijf centimeter in diepteregistratie.

Er is onderzocht hoeveel afwijking er bestaat tussen de beschreven textuurlagen per meter. Hierbij is alleen gekeken naar de hoofdtexturen van het klei en het veen. Uit de T-toets bleken bijna alle berekende afwijkingen boven de 5% zijn. Deze verschillen zijn significant. De correlatietesten en verklarende variantie lieten zien dat de afwijking gering is. De Z-toets toonde aan dat slechts 10% van alle afwijkingen zich binnen de vijf centimeter bevindt.

De oorzaak van de beschreven textuurafwijkingen is niet alleen de verschillende boormethodes, maar ook werkwijze van de veldmedewerker. De textuurafwijkingen zijn mede veroorzaakt door het gebruik van een plastic meetlint dat niet stevig is bevestigd, afronding en verschil in interpretatie in het veld. Een plastic meetlint kan uitrekken, daarnaast is deze niet secuur neergelegd in een glooiend landschap. In het veld zijn de dieptes afgerond op vijf centimeter. Deze afronding kan bij een maximale afwijking van vijf centimeter funest zijn. Als laatste bevindt het grootste probleem zich in het verschil tussen de interpretatie in het veld. De ondergrond kent veel venige klei en kleig veen, deze twee grondsoorten lijken op elkaar en verschillen nauwelijks in lutumpercentage. Hierdoor is het bijna niet mogelijk om in het veld goed onderscheid te maken.

Uit het onderzoek is gebleken dat er geen systematische fout is op het gebied van de diepteregistratie tussen beide boormethodes. Dit geldt voor de top van het pleistocene ondergrond en de top van het veen. Met behulp van de T-toets is berekend dat de verschillen niet significant afwijken. De correlatietesten en de verklarende varianties laten zien dat de verschillen in diepteligging nagenoeg willekeurig zijn. Ook hier laat alleen de Z-toets zien dat het merendeel van de gemeten afwijkingen buiten de acceptabele norm ligt. Slechts 10% ligt binnen de marge van vijf centimeter.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek is gebleken dat er nagenoeg geen verschil is in samendrukking per boormethode. De gemeten verschillen in relatie tot de verschillende texturen kunnen verklaard worden door verschil in interpretatie en de gebruikte beschrijvingsmethode. Daarnaast speelt de ervaring van de veldmedewerker hierin een grote rol.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	1
Samenvatting	2
1 Inleiding.....	5
1.1 Projectopdracht	5
1.2 Onderzoekskader	6
1.1.1 Achtergrond	6
1.2.1 Locaties	6
1.2.2 Beschrijving boortechneik.....	9
1.3 Aanleiding, probleemstelling en vraagstelling.....	10
1.4 Leeswijzer.....	11
2 Methodes.....	12
2.1 Literatuuronderzoek	12
2.2 Statistische methodes.....	12
2.2.1 Het gemiddelde.....	12
2.2.2 Steekproefvariantie.....	12
2.2.3 Standaarddeviatie	13
2.2.4 Gepaarde T-toets	13
2.2.5 Onafhankelijke T-toets voor twee gemiddeldes.....	14
2.2.6 De T-verdeling	15
2.2.7 Pearson correlatiecoëfficiënt.....	15
2.2.8 Z-toets	16
Methodes afstudeeronderzoek	17
3 Onderzoeksresultaten.....	19
3.1 De werking van de Aqualock en de handgutsboor	19
3.1.1 Handgutsboor	19
3.1.2 Aqualockboor	20
3.2 Textuurverschillen in het onderzoeksgebied.....	22
3.2.1 Pleistocene formaties	22
3.2.2 Holocene afzettingen	23
3.3 Resultaten van de boren.....	25
3.3.1 Resultaten van de handgutsboringen	25
3.3.2 Resultaten van de Aqualockboringen	26
3.4 De verschillen tussen de beschreven laagdiktes.....	27
3.4.1 Correlatietesten	29

3.4.2	Z-toets	34
3.4.3	T-toets	36
3.4.4	Diepteregistraties.....	37
3.4.5	T-toets Stichtsekanth	39
3.4.6	GIS	40
4	Discussie.....	44
4.1	Verklaring voor de verschillen	44
4.2	De archeologische impact.....	47
4.3	Verklaringen vanuit andere onderzoeken	47
4.4	Onderzoek.....	49
4.5	Macro-, meso-, microniveau	50
5	Conclusie	51
	Textuurdiktes	51
	Diepteregistraties.....	52
	Antwoord op de hoofdvraag.....	53
6	Aanbevelingen	54
6.1	Aanbevelingen veldonderzoek.....	54
6.2	Aanbevelingen afstudeeronderzoek.....	54
6.3	Macro-, meso-, microniveau	55
	Literatuurlijst.....	56
	Bijlagen.....	58
	Kaart materiaal	58
	SPSS.....	64
	Statistiek Excel:	81

1 INLEIDING

In het kader van de afronding van de opleiding Archeologie van Saxion in Deventer, is een afstudeeronderzoek uitgevoerd. Dit afstudeeronderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Bureau Archeologie en Monumentenzorg van de gemeente Almere. Het afstudeeronderzoek betreft een statistisch onderzoek naar de samendrukkings- en diepteverschillen in de resultaten van de Sonicboor met aqualock sampler (Aqualockboor) en de handgutsboor in het onderzoeksgebied in Almere Oosterwold (Figuur 1). Het onderzoeksgebied heeft een nieuw bestemmingsplan gekregen. Er worden nieuwe woningen gebouwd. Voordat de bouw begint, moet er archeologisch onderzoek plaatsvinden.

Dit afstudeeronderzoek is ontstaan vanuit eerdere onderzoeksresultaten van archeologische booronderzoeken. In deze booronderzoeken is gebruikgemaakt van de Aqualockboor. De Aqualockboor wordt in Almere regelmatig ingezet voor prospectief booronderzoek, onder andere voor het in kaart brengen van de diepere gelegen grondlagen (top van het pleistocene ondergrond, veenlagen, Oude Getijdenafzettingen). Met de Aqualockboor worden in de praktijk vaak andere dieptes geregistreerd dan met de handgutsboor. Deze afwijkingen worden onder andere veroorzaakt door samendrukking in de boorbuis en verdringing van slappe sedimenten. Dit heeft consequenties voor de kwaliteit van het archeologisch vooronderzoek in Almere.¹ Het is onduidelijk hoe groot de verschillen zijn tussen de boorinformatie verkregen met de Aqualockboor en de handgutsboor. Hierbij moet onderzocht worden wat de consequenties van de verschillen zijn voor de kwaliteit voor het archeologisch vooronderzoek.

Dit is al eerder onderzocht. Het archeologische rapport van Tol *et al.* onderzocht de statistische betrouwbaarheid van verschillende boormethodes, maar keek hierbij alleen naar de archeologische opsporingskansen en de karterende fase. Verschillen in de diepteregistratie zijn hierin niet opgenomen.²

In het rapport van Hissel en Londen wordt geconcludeerd dat bij gebruik van de Sonicboor 10% van het sediment wordt verloren.³ Nales en Smith beweren in hun rapport dat het sediment bij de Aqualockboor juist langer lijkt door uitzetting.⁴ In dit afstudeeronderzoek wordt er ingegaan op wat de oorzaak is van de verschillen tussen de uitkomst van beide boormethodes.

1.1 PROJECTOPDRACHT

In oktober 2017 is er een grootschalig inventariserend veldonderzoek van start gegaan in Almere Oosterwold. Bij dit veldonderzoek is hoofdzakelijk gebruikgemaakt van de Aqualockboor. Daarnaast zijn er bij dit veldonderzoek 115 controleboringen gezet met behulp van een handgutsboor (Figuur 2). Deze controleboringen zijn gezet om de kwaliteit van de Aqualockboor te controleren.

Door de boorbeschrijvingen te vergelijken, moet duidelijk worden in welk sediment zich de belangrijkste verschillen voordoen. Dit is gedaan door de boorbeschrijvingen statistisch te analyseren op de gemiddelde dieptes en het verschil in dikte van de beschreven lagen. Voor deze analyse is onder andere gebruikgemaakt van normaalverdelingen, Z-toetsen, T-toetsen en correlatiecoëfficiënten.

¹ Hamburg/Lohof/Quadflieg 2011, 59; Nales/Smith 2012, 35-36; Van Zijverden/De Moor 2014, 235; Hamburg *et al.* 2014, 155, 176; Nales 2016, 14.

² Tol *et al.* 2004, 91.

³ Hissel/Van Londen 2004, 49-50.

⁴ Nales/Smith 2012, 25.

De gemeente Almere hanteert een standaard PvE voor booronderzoeken. Hierin staat vermeld dat de maximale afwijking van diepteregistratie bij een verkennend booronderzoek 5 centimeter is. In dit afstudeeronderzoek wordt daarom deze 5 centimeterafwijking ook gehanteerd. Verder staat vermeld dat alle boorbeschrijvingen gebeuren conform de Archeologische Standaard Boorbeschrijving (ASB) van de SIKB uit 2008.

1.2 ONDERZOEKSKADER

In deze paragraaf wordt behandeld wie betrokken zijn geweest bij het veldonderzoek. Daarna wordt het gebied weergegeven waarbinnen het afstudeeronderzoek heeft plaatsgevonden. Als laatste worden andere boortypes beschreven die niet gebruikt zijn voor het afstudeer- en veldonderzoek en de reden daarvoor. De gebruikte boormethodes staan verder uitgeschreven in paragraaf 3.1.

1.1.1 Achtergrond

Het veldonderzoek heeft tussen oktober 2017 en juni 2018 plaatsgevonden. Dit veldonderzoek is uitgevoerd door het bedrijf EARTH Intergrated Archaeology (EARTH), in opdracht van de gemeente Almere. Jos de Moor is teamleider van EARTH, Don van den Biggelaar en Jurgen de Kramer zijn uitvoerend medewerkers. De veldgegevens die zijn gebruikt in dit afstudeeronderzoek, zijn beschreven door Don van den Biggelaar. Wouter Smith heeft namens de gemeente Almere het bevoegde gezag en is tevens de opdrachtgever van dit afstudeerwerkstuk. Peter Jongste is adviseur namens de opdrachtgever.

Om een betrouwbare dataset te verkrijgen, is het van belang dat de boorbeschrijver ervaren is met de ondergrond van Flevoland. Don van den Biggelaar heeft een doctoraat behaald door geo-archeologisch onderzoek te doen in de provincie Flevoland. Met behulp van onder andere boringen is de geschiedenis van Flevoland in kaart gebracht.⁵ Daarnaast is hij betrokken geweest bij meerdere boorprojecten in Flevoland. Om de kwaliteit van de dataset te waarborgen, zijn de handgutsboringen door hem uitgevoerd. Daarnaast zijn de gepaarde Aqualockboringen ook door hem beschreven. Voor de statistiek in dit afstudeerwerkstuk heeft Wouter Smith de begeleiding verzorgd.

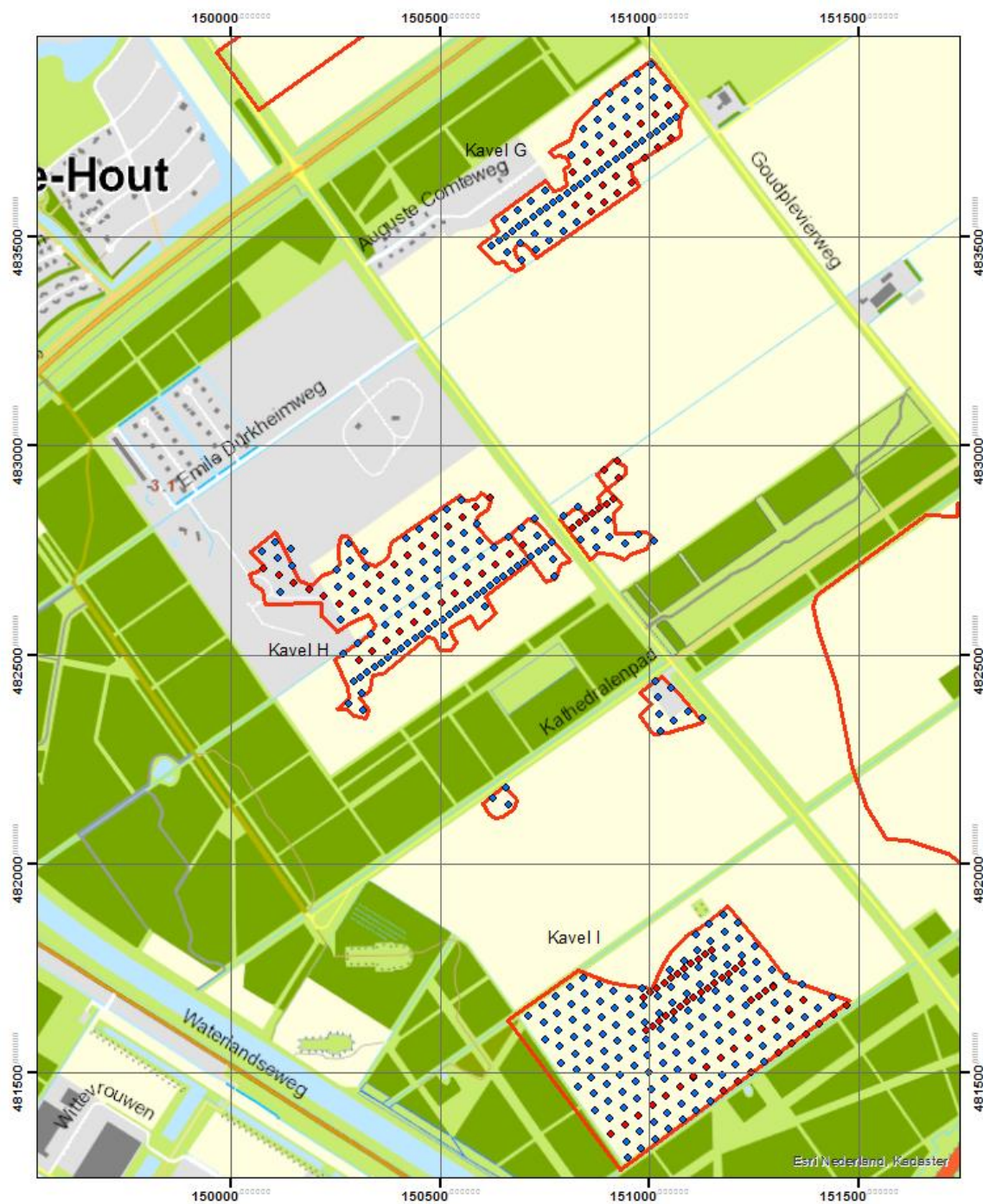
1.2.1 Locaties

In Figuur 1 zijn boorlocaties van de Aqualockboringen in het plangebied Almere Oosterwold te zien. Op de rood-omlijnde kavels wordt het nieuwe bestemmingsplan gerealiseerd. In Figuur 2 wordt er ingezoomd op de kavels waar de controleboringen zijn gezet. De rode punten staan voor de handgutsboringen en de blauwe punten staan voor de Aqualockboringen. Deze punten overlappen elkaar waar de handgutsboringen geplaatst zijn. Deze overlapping wordt veroorzaakt doordat de gutsboringen op dezelfde locatie gezet zijn als de Aqualockboringen. In de praktijk wijkt dit iets af, maar dit is niet relevant voor de kaarten.

⁵ Biggelaar, van den 2017.



Figuur 1: Boorkavels Aqualockboringen. Topografische kaart: Esri Nederland, Kadaster.



Legenda

- ◆ Gutsboringen
- ◆ Aqualockboringen
- Grens Kavels

0 0,125 0,25 0,5
Kilometer



Figuur 2: Locaties controle boringen met omliggende Aqualockboringen. Topografische kaart: Esri Nederland, Kadaster.

1.2.2 Beschrijving boortechniek

Hieronder worden meerdere boormethodes beschreven. Deze boormethodes zijn in eerdere onderzoeken gebruikt in de gemeente Almere. In dit veldonderzoek is alleen gebruikgemaakt van de Aqualockboor en de handgutsboor. De overige boormethodes zijn niet gebruikt omdat deze niet geschikt zijn voor diepteregistratie of ongeschikt zijn voor de bodem van Almere. Een uitgebreide beschrijving van de werking van de Aqualockboor en de handgutsboor staat in paragraaf 3.1.

1.2.2.1 Mechanische boren

Aqualock

De Aqualockboor maakt gebruik van trillingen om de boorbuis naar de gewenste diepte te brengen. Een zuiger sluit de steekbuis af. Deze wordt in plaats gehouden door het water in de steekbuis. Om een monster te nemen, wordt het water aan de bovenkant weggedrukt.⁶

In dit veldonderzoek is gebruikgemaakt van de Aqualock 70. De diameter van de doorbuis is anders dan die van de Aqualock 100. De diameter is 7 centimeter in plaats van 10 centimeter. Er zijn voor- en nadelen aan het toepassen van deze boor ten opzichte van de Aqualock 100, maar deze zijn niet relevant voor dit onderzoek en worden daarom niet verder beschreven.⁷

Begemann-boor

Bij de Begemann-boor worden twee buizen tegelijk de grond ingeduwd: de buitenbuis (de eigenlijke steekbuis) en een pvc-monsterbuis. Het monster wordt tijdens het steken door een nylonkous omgeven. Deze kous zit in de kop van het steekmonster en wordt geleidelijk afgestroopt. Bij deze mechanische boormethode kunnen meterslange continue boormonsters genomen worden. De Begemann-boor had voor dit onderzoek uitstekende resultaten kunnen leveren, maar het grootste nadeel van deze boortechniek is de hoge prijs.⁸ Om financiële redenen is gekozen voor de Aqualockboor in dit veldonderzoek.

Piston Sampler

Deze boortechniek werkt op bijna dezelfde manier als de Aqualockboor. De Piston Sampler gebruikt geen watersysteem om het monster uit de grond te trekken. Wanneer de Piston Sampler op de gewenste diepte is, blijft de afsluitende zuiger op zijn plaats terwijl de steekbuis verder gaat. Bij de Piston Sampler is het lastiger om een doorlopend bodemprofiel te krijgen dan bij de Aqualockboor. Bovendien is de Piston Sampler tijdrovender dan de Aqualockboor.⁹ Daarom is er in dit onderzoek gekozen voor de Aqualockboor.

Avegaar

De Avegaarboor lijkt op een kurkentrekker, die machinaal de grond in gedraaid wordt en hydraulisch naar boven gehaald wordt. Hierbij wordt sediment verzameld op de schroefbladen.¹⁰ Door de onbeschermd boorkern is het sediment gevoelig voor verstoring en vervuiling. Dit gebeurt aan de zijkant van de centrale as, wanneer de boor moet 'wrikken' om los te komen.¹¹

⁶ Tol *et al.* 2004, 90; Van Zijverden/De Moor 2014, 235.

⁷ Nales/Smith 2012, 28-32.

⁸ Hissel/van Londen 2004, 16-17, 60-61.

⁹ Hissel/van Londen 2004, 18, 60-61.

¹⁰ Van Zijverden/de Moor 2014, 236.

¹¹ De Boer/Lesparre-de Waal 2012, 47.

Mede hierdoor is de Avegaar ongeschikt voor stratigrafische waarnemingen, beschrijvingen van bodemhorizonten, sedimentaire kenmerken en dieptebepalingen. De Avegaarboor is wel geschikt voor karterende fases, waarin monsters meer van belang zijn.¹²

1.2.3.2 Handboren

Edelmanboor

De Edelmanboor heeft een holle, open kop in een gedraaide cilindervorm met een schroefachtige punt. Er zijn verschillende diameters beschikbaar, tussen de 5-20 centimeter. De meest gebruikelijke diameter is 7 centimeter. De boor wordt handmatig in de grond gedraaid. Het sediment dat zich tijdens het indraaien in de boorkop verzamelt, wordt met een spatel verwijderd. Zo ontstaat er een 'aan elkaar gepuzzeld' bodemprofiel.¹³ De Edelmanboor is niet geschikt voor natte bodems en is niet in dit onderzoek gebruikt omdat de relevante bodems in Almere vaak onder het grondwater liggen.

Handguts

De handgutsboor behoort tot de categorie 'steekboren'. De boor wordt de grond ingeduwd tot de lengte van het boorijzer volledig gevuld is met grond. Tijdens dit proces wordt de boor een slag om zijn as gedraaid. Hierdoor komt het grondmonster los. Hierna wordt de boor weer naar boven getrokken.¹⁴

1.3 AANLEIDING, PROBLEEMSTELLING EN VRAAGSTELLING

Tijdens eerdere booronderzoeken in Almere waarbij gebruik is gemaakt van een Aqualockboor wordt vastgesteld dat de dieptebepaling bij de Aqualockboor niet correct is. Deze constatering vormde de aanleiding voor dit afstudeeronderzoek. Aan de hand van de diepteligging van de verschillende lithostratigrafische eenheden wordt een globale ouderdom bepaald. Als de eenheden op onjuiste dieptes liggen, kan dit leiden tot onjuiste verwachtingen met betrekking tot het voorkomen van sporen van bewoning uit bepaalde perioden. Ook is de diepteligging van belang voor de bepaling van de hoeveelheid water die weggepompt moet worden tijdens opgravingen door middel van een bronbemaling. Een verkeerd ingeschatte diepteligging kan consequenties hebben voor adviezen ten aanzien van grondwaterstandsverlaging in relatie tot het behoud van vindplaatsen.

In dit afstudeeronderzoek is het probleem benaderd vanuit drie niveaus: macro-, meso- en microniveau. Het macroniveau is van belang op nationale schaal, dit is de grootste schaal. De problemen of resultaten die specifiek voor Flevoland zijn, worden het 'mesoniveau' genoemd. De kleinste schaal is het microniveau, dit zijn problemen die alleen voor Almere gelden.

De onbetrouwbaarheid van de boor is relevant voor alle toekomstige onderzoeken waarin gebruikgemaakt wordt van de Aqualockboor (macroniveau). Dit probleem is vooral van belang voor de provincie Flevoland, omdat hier vaak onderzoek gedaan wordt met behulp van de Aqualockboor (mesoniveau). Er is eerder vastgesteld dat de diepteligging afwijkt bij onderzoeken waarbij de Aqualockboor gebruikt is. Veel van deze onderzoeken hebben in Almere plaatsgevonden. De resultaten van dit onderzoek kunnen inzicht geven in de eerder gevonden afwijkingen (microniveau).

¹² Van Zijverden/de Moor 2014, 236.

¹³ Hissel *et al.* 2005, 33; Van Zijverden/de Moor 2014, 231.

¹⁴ Hissel/van Londen 2004, 16.

De probleemstelling luidt: het is onzeker hoeveel verschil er is in samendrukking tussen de Aqualock- en de handgutsmethode voor de texturen die in Flevoland (en in Almere in het bijzonder) aangetroffen kunnen worden.

De hoofdvraag van dit afstudeeronderzoek luidt: *wat zijn de verschillen in samendrukking per methode in relatie tot de verschillende texturen binnen het onderzoeksgebied?*

Deelvragen

De deelvragen van dit onderzoek luiden als volgt:

1. Wat is de werking van de Aqualockboor en de handgutsboor?
2. Welke texturen zijn binnen het onderzoeksgebied aanwezig?
3. Hoe gedragen de verschillende texturen zich onder invloed van de door de boorsystemen uitgeoefende druk?
4. Welk verschil is aanwezig in de beschreven laagdiktes van de textuurbeschrijvingen?
5. Door welke factoren kunnen deze verschillen verklaard worden?
6. Hoe groot is de impact van de verschillen op het archeologisch vooronderzoek?
7. Welke verklaringen hebben andere onderzoeken voor de gemeten afwijkingen?

1.4 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 worden de methodes beschreven die in dit onderzoek gebruikt zijn. Onder het kopje 'literatuur' worden de gebruikte bronnen vermeld. Daarna worden de statistische formules uitgeschreven.

De resultaten van het onderzoek worden beschreven in hoofdstuk 3. Hier worden de eerste vier deelvragen behandeld, de overige deelvragen worden behandeld in hoofdstuk 4: de discussie. De conclusie wordt beschreven in hoofdstuk 5. Tot slot worden de aanbevelingen naar aanleiding van de conclusie besproken in hoofdstuk 6.

2 Methodes

In dit hoofdstuk worden de methodes beschreven. Onder het kopje 'literatuuronderzoek' wordt aangegeven welke bronnen zijn gebruikt tijdens dit afstudeeronderzoek en welke formaties en afzettingen er gevonden zijn. Daarna worden de statistische methodes beschreven. Het hoofdstuk wordt afgesloten met de overige methodes.

2.1 LITERATUURONDERZOEK

Voor dit afstudeeronderzoek is literatuur aangeleverd door Wouter Smith. Deze literatuur bestaat uit archeologische rapporten over booronderzoeken in de omgeving van Almere. Voor deze onderzoeken is onder andere gebruikgemaakt van de Aqualockboor. In één onderzoeksrapport is een vergelijking tussen de Aqualockboor en de handgutsboor beschreven. Deze rapporten hebben geholpen bij het opzetten van de gebruikte methodes in dit afstudeeronderzoek. Een overzicht van deze rapporten is te vinden in de literatuurlijst.

Voor de statistische methodes wordt 'Statistiek in Stappen' gebruikt. Daarnaast is ook 'Quantifying Archaeology' gebruikt, waarin de Z-toets staat beschreven. Het boek van Shennan is volledig gericht op statistiek binnen de archeologie en geeft helderdere voorbeelden dan het boek van Verhoeven.

Om inzicht te krijgen in de verschillende formaties en afzettingen, is gebruikgemaakt van 'De Geologie en Bodem van Zuidelijk Flevoland'. Dit rapport beschrijft een overzicht dat door veel onderzoekers gebruikt wordt voor Flevoland. In 3.2.1 en 3.2.2 staat een samenvatting van dat bericht. Deze samenvatting brengt de basiskennis over de ondergrond van Flevoland in kaart.

Door het literatuuronderzoek kunnen deelvragen 2, 5 en 7 beantwoord worden. Daarnaast ondersteunt het de theoretische kant van deelvragen 1, 3 en 6.

2.2 STATISTISCHE METHODES

Hieronder worden de statistische formules uitgeschreven die tijdens dit onderzoek gebruikt zijn. De statistische methodes geven antwoord op de deelvragen 3 en 4. Alle formules staan beschreven in 'Statistiek in Stappen'. Behalve de Z-toets, deze staat in 'Quantifying Archaeology'. De statistische methodes zijn gekozen in overleg met Wouter Smith.

2.2.1 Het gemiddelde

Bij het gemiddelde wordt de som van de waarnemingen gedeeld door het totaal aantal waarnemingen.¹⁵

Formule: $\bar{x} = \sum x / n$

$\bar{x}$ = gemiddelde

$\sum$ = som van

x = waarnemingen

n = totaal aantal waarnemingen

2.2.2 Steekproefvariantie

Boringen zetten betekent een steekproef nemen. Vaak wordt hiermee de verwachting getoetst die in een bureauonderzoek is gemaakt. Daarnaast wordt er aan de hand van boringen uitspraak gedaan over een groter oppervlakte dan de boringen beslaan. Daarom is in dit onderzoek de steekproefvariantie aangehouden en niet de populatievariantie. De variantie laat zien hoe de

¹⁵ Verhoeven 2013, 60-61.

waarnemingen verspreid liggen ten opzichte van het gemiddelde. Hoe hoger de variantie is, hoe meer afwijking er is ten opzichte van het gemiddelde.¹⁶

Formule steekproefvariantie:

$$s^2 = \sum (x - \bar{x})^2 / (n-1)$$

s^2 = steekproefvariantie

$n-1$ = aantal vrijheidsgraden

$\bar{x}$ = gemiddelde

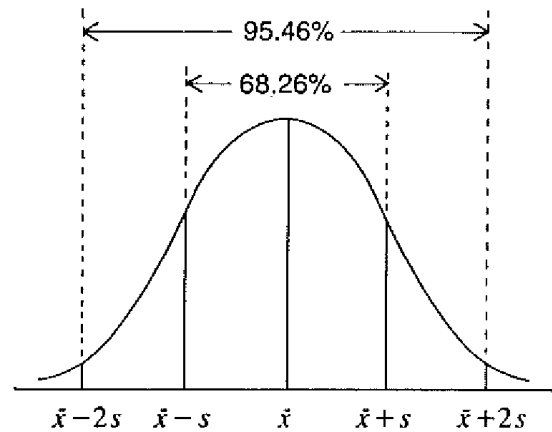
x = waarnemingen

2.2.3 Standaarddeviatie

Formule:

$$s = \sqrt{s^2}$$

De formule van de standaarddeviatie is de wortel van de steekproefvariantie. De standaarddeviatie laat zien hoeveel waarde, in dit afstudeeronderzoek in centimeters, één stap is van het gemiddelde. Dit werkt vooral goed wanneer gegevens in een normaalverdeling staan. Figuur 3 toont het gemiddelde in het midden. Hierin is te zien dat een standaarddeviatie binnen 68,26% van het gemiddelde valt. Dit geldt voor elke standaarddeviatie, zolang de gegevens normaal verdeeld zijn. De waarde van één standaarddeviatie hoort, geeft dus aan hoeveel er binnen 68,26% valt. Twee standaarddeviaties van het gemiddelde is 95,46%.¹⁷



Figuur 3: Normaal verdeling naar Shennan 1997, 73.

2.2.4 Gepaarde T-toets

De gepaarde T-toets wordt gebruikt om twee populaties, die van elkaar afhankelijk zijn, met elkaar te vergelijken. In dit afstudeeronderzoek is binnen hetzelfde gebied met twee methodes getest. Hierdoor zijn de populaties als afhankelijk beschouwd. Bij deze T-toets is een waarde van 5% aangehouden. Als de waarde van 5% overschreden werd, was de afwijking significant. Er is voor een waarde van 5% gekozen, omdat dit de laagste acceptabele waarde is. Indien alle testen binnen de 5% blijven, kan er eventueel een kleiner percentage gebruikt worden.

Voor de T-toets is een H_0 -hypothese nodig. Bij een H_0 -hypothese worden twee stellingen gemaakt, een H_0 en een H_1 . Een voorbeeld van een H_0 -hypothese is: *de waardes liggen binnen de 5%*. Dan is de H_1 -hypothese: *de waardes liggen buiten de 5%*. Met de gepaarde T-toets wordt gepoogd de H_0 te verwerpen. Indien dit niet het geval is, wordt de H_0 geaccepteerd. In dit afstudeeronderzoek wordt de waarde van 5% aangehouden.

Voor dit afstudeeronderzoek is de H_0 -hypothese:

H_0 : er zijn geen verschillen tussen de handgutsboor en Aqualockboor.

H_1 : er zijn wel verschillen tussen de handgutsboor en Aqualockboor.

Door de hypothese op deze manier te formuleren, zijn de gegevens tweezijdig getoetst. Dit was ook de bedoeling aangezien er geen verwachting was over of het verschil een bepaalde kant op zou

¹⁶ Verhoeven 2013, 67-72.

¹⁷ Verhoeven 2013, 72-75.

gaan. Door de hypothesen zo te formuleren, is geprobeerd de H_0 te ontkrachten. De hypothese is onderzocht om verschillen te vinden.¹⁸

Formule:

$$t = (\bar{x}_d - H_0\text{-hypothese}) / (s / \sqrt{n})$$

t= de t-toets

$\bar{x}_d$ = gemiddelde verschil

s= standaarddeviatie

n= aantal

H_0 -hypothese= dit getal is in dit geval '0' Omdat de H_0 -hypothese in deze test is dat er geen verschillen verwacht worden.

2.2.5 Onafhankelijke T-toets voor twee gemiddeldes

De onafhankelijke T-toets wordt gebruikt om twee populaties te vergelijken wanneer de populatievariantie niet bekend is, maar de steekproefvariantie wel. Met deze toets kan gekeken worden of de verschillen tussen de twee groepen significant zijn. Deze toets is gebruikt om de resultaten van dit afstudeeronderzoek te vergelijken met die van het onderzoek bij Stichtsekan. In het onderzoek bij Stichtsekan is ook gekeken naar de verschillen tussen de handgutsboor en de Aqualockboor.¹⁹

In dit afstudeeronderzoek is er een waarde van 5% aangehouden. Als de waarde van 5% overschreden wordt, is de afwijking significant. Voor de T-toets wordt de volgende H_0 -hypothese gehanteerd:

H_0 : er zijn geen verschillen tussen Oosterwold en Stichtsekan.

H_1 : er zijn wel verschillen tussen Oosterwold en Stichtsekan.

Door de hypothese op deze manier te formuleren, zijn de gegevens tweezijdig getoetst. Dit is de bedoeling want er was geen verwachting over of het verschil een bepaalde kant op zou gaan.

Formule:

$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2) / \sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2}$$

t= de t-toets

$\bar{x}_1$ = gemiddelde van één steekproef

s= standaarddeviatie

n_1 = aantal van één steekproef

μ_1 = de verschillen van de populaties. Doordat H_0 stelt dat er geen verschillen zijn, is deze '0'.

Om de p -waarde vast te kunnen stellen, moet het aantal vrijheidsgraden vastgesteld worden. Bij twee steekproeven kan ervan uitgegaan worden dat het aantal vrijheidsgraden '2' is.²⁰

De onafhankelijke T-toets stelt als eis dat de varianties van de twee populaties gelijk zijn. Omdat dit niet zeker was, is de correctieformule ook behandeld. Als de varianties niet overeenkomen wordt er een correctie op de T-toets gedaan. Dit houdt in dat de vrijheidsgraden aangepast worden. De formule hiervoor is:²¹

¹⁸ Verhoeven 2013, 182-185.

¹⁹ Nales/Smith 2012.

²⁰ Verhoeven 2013, 187-189.

²¹ Verhoeven 2013, 193-195.

$$df = (V_1 + V_2)^2 / V_1^2 / n_1 - 1 + V_2^2 / n_2 - 1$$

Om aan de 'V' te komen, is de volgende formule nodig:

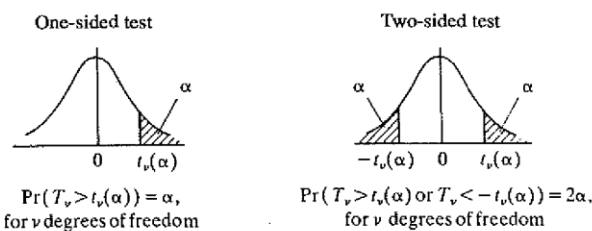
$$V_1 = s_1^2 / n_1$$

$$V_2 = s_2^2 / n_2$$

2.2.6 De T-verdeling

De T-verdeling is anders dan de T-toets. De T-toets is een alternatief voor de standaardnormaalverdeling. De T-verdeling wijkt daar vanaf bij kleine steekproeven (tot 120). De T-verdeling kent een iets grotere spreiding, daarnaast hangt de vorm af van het aantal vrijheidsgraden. Met de T-verdeling kunnen de gemiddelde afwijkingen tot op 95% zekerheid berekend worden.

Naast vrijheidsgraden is voor deze verdeling Figuur 4 nodig. Hierin staan aan de bovenkant de intervallen. De onderste getallenreeks geven tweezijdige toetsen aan. In dit onderzoek is 0,05 (95%) aangehouden. Aan de linkerkant staat het aantal vrijheidsgraden. Voor deze formule zijn die berekend door het totale aantal -1.²²



ν	$\alpha = 0.4$ $2\alpha = 0.8$	0.25 0.5	0.1 0.2	0.05 0.1	0.025 0.05	0.01 0.02	0.005 0.01	0.0025 0.005	0.001 0.002	0.0005 0.001
1	0.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.321	318.309	636.619
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.327	31.599
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.215	12.924
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

Figuur 4: Aantal vrijheidsgraden T-verdeling naar Shennan 1997, Table D.

Formule:

$$t\text{-verdeling} = \bar{x} \pm t_{\text{kritiek}} / (s / \sqrt{n})$$

$t_{\text{kritiek}} = n-1$, waarde uit de tabel

$\bar{x}$ = gemiddelde

s = standaarddeviatie

n = totaal aantal

2.2.7 Pearson correlatiecoëfficiënt

Om te zien of er een verband is tussen de diepteligging en de totale afwijking, is de correlatie berekend. Op basis hiervan kan berekend worden of de afwijkingen groter zijn wanneer er dieper geboord wordt. De correlatietest toont aan dat er een statistische relatie tussen getallen bestaat. Als

²² Verhoeven 2013, 154-157.

er een consequente afwijking in de dataset aanwezig is wordt dit als sterke correlatie gezien. Een sterke correlatie betekent niet direct dat de afwijkingen niet groot zijn.

De formule ziet er als volgt uit:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x}) * (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 * \sum (y - \bar{y})^2}}$$

r = correlatiecoëfficiënt

x = de waarde van x

$\bar{x}$ = het gemiddelde van x

y = de waarde van y

$\bar{y}$ = het gemiddelde van y

De uitkomst zal tussen de -1 en 1 liggen. Als het getal negatief is, dan is de correlatie negatief. Als het getal positief is, dan is de correlatie positief. Als de uitkomst '0' is, dan is er geen samenhang waarneembaar. Bij een negatieve correlatie wordt de afwijking minder hoe dieper de boring is. Bij een positieve correlatie wordt de afwijking groter met de diepte. De uitkomst bepaalt ook direct de sterkte van de samenhang. Tussen de 0 en 0,3 is er sprake van een zwakke samenhang. Ligt het tussen 0,3 en 0,5, dan is er sprake van een gemiddeld sterke samenhang. Alles boven de 0,5 is een sterke samenhang. Hetzelfde principe geldt voor een negatieve correlatie.²³

De verklarende variantie laat zien hoe goed de regressielijn op de gegevens past. De hoeveelheid variantie in de afhankelijke variabele wordt verklaard door de onafhankelijke variabelen. De verklarende variantie berekent het verschil tussen de voorspelling en de werkelijke waarde. Hoe groter deze verschillen zijn, hoe slechter de regressielijn en hoe kleiner de verklarende variantie zijn. Net als bij de correlatiecoëfficiënt, komt hier een waarde uit tussen de '0' en '1'. Ook de waardes zijn hetzelfde. 0-0,3 wordt gezien als zwak, 0,3-0,5 als gemiddeld en 0,5-1 is een sterk effect.²⁴

De verklarende variantie wordt op de volgende manier berekend:

$$R^2 = 1 - \frac{KS_{\text{residu}}}{KS_{\text{totaal}}}$$

$$KS_{\text{residu}} = \sum (y - \hat{y})^2$$

y = waargenomen waarde

$\hat{y}$ = voorspelde waarde

$$KS_{\text{totaal}} = \sum (y - \bar{y})^2$$

$\bar{y}$ = gemiddelde van de afhankelijke variabele

2.2.8 Z-toets

De normaalverdeling geeft samen met de standaarddeviatie aan hoeveel procent bepaalde waardes van het gemiddelde af liggen. In dit onderzoek is gekeken hoeveel procent van de gemeten verschillen 5 centimeter afwijkt. Vaak geeft een standaarddeviatie niet precies 5 centimeter aan, of ligt het gemiddelde niet op 0 centimeter. Om te achterhalen hoeveel procent binnen de afwijking valt, wordt de Z-toets toegepast.

De formule is:

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

Z = de Z-waarde

x = de gewenste waarde

$\bar{x}$ = het gemiddelde

s = de standaarddeviatie

²³ Verhoeven 2013, 202-208.

²⁴ Verhoeven 2013, 213-215.

De Z-waarde die uit de formule komt, kan opgezocht worden in een Z-waarde-tabel. Een Z-waarde van 1,5 geeft bijvoorbeeld een waarde van 0,06681. Dit betekent dat er nog 6,7% rechts van de curve rechts van de Z-waarde 1,5 ligt. Om te weten hoever 1,5 van het gemiddelde af ligt, wordt het volgende berekend: $0,5 - 0,06681$. Alles rechts van het gemiddelde is 0,5 en alles links van het gemiddelde is ook 0,5. Door de berekening van $0,5 - 0,06681$ wordt de curve omgedraaid. Hierdoor is het percentage berekend van het gemiddelde tot de waarde van 1,5. Namelijk $0,5 - 0,06681 = 0,43319$ of 43,3% ligt tussen het gemiddelde tot de Z-waarde van 1,5.

Voor de waarde aan de andere kant van het gemiddelde, dus de linkerkant van de curve, wordt dezelfde formule toegepast. Hier zal waarschijnlijk een negatieve Z-waarde uitkomen. In dit geval wordt de Z-waarde tabel gebruikt met negatieve waarde.

Uiteindelijk komen er twee waardes uit voor beide kanten. Wanneer deze opgeteld worden, geeft dat het totaalpercentage van wat binnen de afwijking valt.

Voor de absolute waarde wordt alleen de linkerkant berekend. Vaak komt hier een negatieve Z-waarde uit. In plaats van 0,5 min de waarde te berekenen, wordt nu 1 min de waarde berekend. Zo wordt alleen berekend hoeveel procent het is tot de 5 cm, in plaats van tot het gemiddelde. Hierdoor kan er een uitspraak gedaan worden over hoeveel kans er is dat een dieptemeting binnen een acceptabele norm ligt. In dit onderzoek is bijvoorbeeld gesteld dat 5 centimeter diepteverschil acceptabel is. Het percentage dat uit de Z-toets komt geeft aan hoeveel dieptemetingen aan deze eis voldoen.²⁵

METHODES Afstudeeronderzoek

Naast statistische methodes, zijn er ook andere methodes gebruikt in het onderzoek. Deze methodes worden hieronder behandeld.

In dit afstudeeronderzoek worden alleen de hoofdtexturen met elkaar vergeleken. Dit heeft te maken met de grote afwijking in de sub-texturen. Er worden regelmatig meerdere kleilagen beschreven bij een boor, met elk een andere sub textuur. Bij de controleboring is er slechts één laag klei beschreven, of de sub-texturen komen niet volledig overeen met die van de controleboring. Omwille van tijd, kennis en de grootte van het veldonderzoek is ervoor gekozen om alleen naar de hoofdtexturen te kijken.

De vergelijkingsmethode die toegepast is, werkt als volgt. Elke boring is opgedeeld per meter vanuit het maaiveld. Er is voor deze methode gekozen om een goed overzicht te krijgen van de diepteliggingen en laagdiktes. Een andere methode is om vanuit de onderkant van de boorstaat naar boven te werken. Hiervoor is niet gekozen omdat dit tot onoverzichtelijke diepteregistratie kan leiden.

Tijdens de berekening van de verschillen is onderscheid gemaakt tussen totale afwijking en absolute afwijking. Bij de totale afwijking is de beschreven waarde van de Aqualockboor van de beschreven waarde van de handgutsboor afgehaald. Hier kunnen positieve en negatieve getallen uitkomen. Dit geeft echter niet aan hoeveel de gemiddelde afwijking daadwerkelijk is. Daarom is er gewerkt met de absolute afwijking. Hierbij zijn alle negatieve waardes van de totale afwijking omgezet naar positieve waardes. In dit onderzoek wordt telkens benoemd van welke van deze twee methodes gebruikgemaakt is.

²⁵ Shennan 1997, 73-77.

De eerste twee meter zijn overgeslagen, omdat deze te weinig verschillende texturen hebben. De eerste meter bestaat volledig uit klei en de tweede meter bevat nauwelijks veen. Pas vanaf twee meter zijn er verschillen in textuur te zien.

De boringen die de volle meter niet haalden, zijn uit de dataset gehaald. Bijvoorbeeld wanneer een boring tot 3,30 meter kwam, is deze niet opgenomen voor de meter 3-4 registratie, om een vertekend beeld van de beschreven verschillen in de laagdiktes te voorkomen. Alleen representatieve boringen zijn meegenomen in de dataset. Representatieve boringen zijn boringen die verder reiken dan de halve meter.

De boringen zijn in meters opgedeeld. Om het overzicht te kunnen bewaren, zijn de gebruikte meters benoemd. Zo bestaat een boring tot 5 meter bijvoorbeeld uit: meter 0-1, meter 1-2, meter 2-3, meter 3-4 en meter 4-5. In dit onderzoek is op deze manier verwezen naar het bedoelde boorsegment.

Extreme afwijkingen zijn uit de dataset gehaald. Dit zijn afwijkingen van meer dan 50 centimeter. Afwijkingen groter dan 50 centimeter kwamen niet veel voor, maar hebben wel grote invloed op de gemeten verschillen. Om een representatieve selectie te krijgen, zijn deze waardes eruit gehaald. Dit is ook gebeurd bij de diepteligging van de pleistocene ondergrond. Hierbij waren ook een aantal afwijkingen van meer dan 50 centimeter. Bij de pleistocene ondergrond is alleen naar de diepteregistratie gekeken, omdat de handgutsboringen niet door de pleistocene laag heen gingen. In Tabel 1 staat hoeveel representatieve records er per ingedeelde categorie zijn.

De top van het veen is op dezelfde manier vergeleken als de pleistocene ondergrond, om te kunnen kijken of de afwijkingen door de diepte of door de texturen worden veroorzaakt. De top van de eerste veenlagen ligt relatief hoger dan het pleistocene oppervlak. Daarnaast bood het veen een duidelijkere grens dan een bepaald type klei.

	Pleistoceen	Top Veen	Meter 2-3	Meter 3-4	Meter 4-5
Aantal records	107	69	94	67	29

Tabel 1: Totaal aantal records per ingedeelde categorie.

Uit statistisch onderzoek blijkt niet wat de oorzaak is van de verschillen. Het onderzoek zegt niets over de rol van de locatie. Wellicht is het zo dat alle grote afwijkingen bij elkaar liggen. Als dit zo is, geeft dit reden tot verder onderzoek naar dergelijke locaties. Om zeker te zijn dat dit niet het geval is, zijn de gegevens in een Geografisch Informatie Systeem (GIS) geladen. Deze GIS kan helpen met het beantwoorden van deelvraag 5.

De informatie voor de GIS is uit de Exceltabellen verzameld en omgezet naar een *Comma Separated Value* (CSV)-bestand. In dit CSV-bestand staan de coördinaten, boornummers en diepteverschillen van het pleistocene oppervlak. Vervolgens is dit in het GIS-programma (ArcGIS 10.4.1) geladen. In ArcGIS is op basis van de coördinaten een punt *shapefile* gemaakt. Voor de duidelijkheid van de locaties zijn de kavelgrenzen ook ingeladen.

Hierna is de *symbolology* aangepast. Hiermee kunnen de waardes van de verschillen gecategoriseerd worden. Volgens de norm van het PvE is 5 centimeter de maximale toestaande afwijking. Alle punten met een afwijking van 5 centimeter of minder, kregen een groene kleur. Afhankelijk van de spreiding is de rest ingedeeld in geel en rood. Op deze wijze valt een eventueel cluster op.

3 ONDERZOEKSRESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksresultaten gepresenteerd. Dit wordt gedaan aan de hand van de onderzoeksvragen. Het onderzoek heeft op enkele vragen geen eenduidig antwoord opgeleverd. Deze vragen worden besproken in hoofdstuk 4, de discussie. In dit hoofdstuk worden de onderzoeksvragen beantwoord die wel een eenduidig antwoord hebben opgeleverd.

3.1 DE WERKING VAN DE AQUALOCK EN DE HANDGUTSBOOR

Om te begrijpen hoe de verschillende boorbeschrijvingen tot stand komen, is het van belang te weten hoe beide grondboren werken. Hieronder worden achtereenvolgens de werking van de handgutsboor en de Aqualockboor uitgelegd.

3.1.1 Handgutsboor

De handgutsboor behoort tot de categorie 'steekboren'. De handgutsboor is een cilindervormig boorijzer met een halfronde, holle vorm en een scherpe rand aan de onderkant. De boor wordt de grond ingeduwd tot de lengte van het boorijzer volledig gevuld is. De lengte van het boorijzer is 1 meter. Wanneer dit is gebeurd, wordt de boor een slag om zijn as gedraaid. Hierdoor komt het grondmonster los. Hierna wordt de boor weer naar boven getrokken. Het grondmonster blijft in het boorijzer hangen.²⁶

Met een handgutsboor kan een goed leesbaar profiel gemaakt worden door het monster te snijden. Het profiel is goed leesbaar door de harde rand en de lengte van het boorijzer van de handgutsboor die het sediment omringt. Hierdoor kan het profiel in een keer gesneden worden. Nadat dit profiel gesneden is, wordt het naast een plastic meetlijn gelegd. Zo kan de beschrijver noteren op welke diepte welke sedimenten liggen. Hierna wordt het sediment uit de gutsboor gehaald. Dit sediment wordt langs de plastic meetlijn gelegd, aansluitend op het voorgaande monster.



Figuur 5: Handguts.

Bron: Hissel en van Londen 2004.



Figuur 6: Voorbeeld van het snijden van het sediment in een handgutsboor. Eigen foto.

²⁶ Hissel/van Londen 2004, 16.

De gutsboor is geschikt voor half gerijpte klei-, ongerijpte klei- en veengronden en voor kleigronden onder de waterspiegel. Bij gerijpte klei- en veengronden bestaat het risico dat de grond bezwijkt door de druk die door de boor wordt uitgeoefend. Daarom wordt het gebruik van een handgutsboor bij deze gronden niet aangeraden.²⁷ In het veldonderzoek is er niet dieper geboord dan de pleistocene ondergrond, omdat het (bijna) niet mogelijk is om door de pleistocene laag heen te boren met een handgutsboor. Dit is de reden dat er weinig zand te zien is in de boorstaten van handgutsboringen.

De nauwkeurigheid van de diepteregistratie bij de handguts is verschillend. Bij ondiepe boringen (niet dieper dan 3 – Mv) is de nauwkeurigheid zeer hoog. Bij diepere boringen neemt de nauwkeurigheid af.²⁸ De ervaring van de boorder is van groot belang voor de kwaliteit van de boorbeschrijvingen. Zo blijkt de diepteregistratie van handgutsboringen uitgevoerd door een onervaren boorder, onnauwkeuriger te zijn dan de diepteregistratie bij een Aqualockboring. De diepteregistratie van een handgutsboring door een ervaren boorder is echter nauwkeuriger dan de diepteregistratie bij een Aqualockboring.²⁹

3.1.2 Aqualockboor

De Aqualockboor werkt op een basis van hoogfrequente trillingen van de boorbuis (Sonic-boor). Door de hoge trillingen wordt de grond aan de rand van de boorbuis als het ware vloeibaar. Hierdoor kan de boorbuis eenvoudig op de gewenste diepte gebracht worden. Hierna wordt er een monster genomen met behulp van de Aqualock-sampler. Deze Aqualock-sampler sluit de steekbuis af, zodat sediment niet ongewild opgenomen wordt. De lengte van de steekbuis is 2 meter. De Aqualock-sampler wordt door het water in de steekbuis op zijn plaats gehouden. Het monster wordt opgenomen in de steekbuis (de Aqualock-sampler) wanneer de machine het water aan de bovenzijde van de buis laat ontsnappen.³⁰ Dankzij de Aqualock-sampler ontstaat er een vacuüm in de boorbuis, dat ervoor zorgt dat de grond in de buis blijft.³¹



Figuur 7: Aqualockboor, eigen foto.

²⁷ Van Zijverden/De Moor 2014, 232.

²⁸ Hamburg *et al.* 2014, 151.

²⁹ Nales/Smith 2012, 24.

³⁰ Van Zijverden/De Moor 2014, 235.

³¹ Tol *et al.* 2004, 90.

Zonder deze Aqualock-sampler geeft de Sonic-boor slechtere resultaten.³²

Het sediment wordt door middel van water uit de Aqualock-sampler gedrukt. Het water wordt aan de bovenkant van de sampler ingespoten. Waar eerst water zat om het sediment op te nemen, zorgt het er nu voor dat het sediment er weer uit gaat. Door de hydraulische kracht komt het sediment uit de boor. Door de verandering van een omgeving met hoge druk naar een omgeving met lage druk kan het sediment wat uitzetten.³³

Het is bij de Aqualockboor van belang dat de boormeester precies 2 meter aan sediment opneemt. Als dit minder is, bestaat de kans dat het sediment terugloopt. Dit kan zorgen voor een vertekening van het sediment. Als er meer sediment opgenomen wordt, kan het slappere sediment verdukt worden.³⁴

Het sediment wordt opgevangen in een doorgesneden plastic buis. Nadat het opgevangen is, worden de buizen naast een plastic meetlint gelegd,

zodat de beschrijver net als bij de handgutsboor de lithologie kan registreren. Dit gebeurt ook door middel van een gesneden profiel. Doordat de plastic buis het sediment van de boorkern niet nauw



Figuur 8: Voorbeeld van opgevangen sediment uit een Aqualockboor. Eigen foto.

³² Hamburg *et al* 2014, 154.

³³ Nales/Smith 2012, 25.

³⁴ Van den Biggelaar 2017 (pers. com.).

omsluit, bestaat de kans op uitsmering tijdens het snijden van het profiel. Dit is te zien in Figuur 8. Het sediment is hier deels gesneden om uitsmering te voorkomen.

3.2 TEXTUURVERSCHILLEN IN HET ONDERZOEKSGBIED

In deze paragraaf worden alle verschillende formaties en afzettingen die voorkomen binnen het onderzoeksgebied kort beschreven. Deze beschrijving is gemaakt op basis van een overzicht van Menke, van Laar en Lenselink.

Allereerst worden de pleistocene formaties beschreven. De formaties staan beschreven van oud naar jong. In het Holoceen is er maar een formatie bekend in Zuid-Flevoland: de Westland Formatie. De holocene afzettingen van deze formatie zijn ook van oud naar jong beschreven.

3.2.1 Pleistocene formaties

Hieronder worden alle pleistocene formaties beschreven die aangetroffen worden in zuidelijk Flevoland. De formaties zijn: de formatie van Oosterhout, de formatie van Maassluis, de formatie van Tegelen, de formatie van Harderwijk, de formatie van Enschede, de formatie van Urk/Sterksel, de formatie van Eindhoven, de formatie van Drenthe, de Eem formatie, de formatie van Asten en de formatie van Twente.

3.2.1.1 *Formaties van Oosterhout en Maassluis*

De basis van het kwartaire sedimentenpakket wordt gevormd door de vroeg-pleistocene formaties van Oosterhout en Maassluis. In zuidelijk Flevoland ligt de bovenkant van de formatie van Maassluis ongeveer tussen 200 en 280 meter beneden NAP.

3.2.1.2 *Fluviatiele formaties*

De formaties van Tegelen, Harderwijk en Enschede zijn ontstaan in het Tiglien (Vroeg-Pleistoceen). In het Tiglien gingen de rivieren een grotere rol spelen, met als gevolg fluviatiele afzettingen. De rivieren in het zuiden van Nederland (de Rijn, Maas en lokale rivieren) behoren tot de formaties van Tegelen (en Kedichem). De rivierafzettingen in het noorden van Nederland vallen onder de formatie van Harderwijk. Tijdens de overgang van het Vroeg- naar het Midden-Pleistoceen, vormden de oostelijke rivieren een delta. De afzettingen die hierbij gevormd werden, vallen onder de formatie van Enschede.³⁵

Aan het begin van het Midden Pleistoceen is de Rijn de belangrijkste sedimentaanvoerder. Dit sediment wordt gerekend tot de formatie van Urk/Sterksel. Er kan in zuidelijk Flevoland geen onderscheid gemaakt worden tussen Urk/Sterksel I of II, omdat de formatie van Peelo hier ontbreekt.³⁶

3.2.1.3 *Formatie van Eindhoven*

De formatie van Eindhoven bestaat vooral uit eolische zanden. Het is onduidelijk of deze zanden zijn aangetroffen in zuidelijk Flevoland. De aangetroffen zanden kunnen tot de formatie van Urk/Sterksel of Eindhoven behoren.³⁷

3.2.1.4 *Formatie van Drenthe*

De formatie van Drenthe omvat alle afzettingen die samenhangen met de landijsbedekking tijdens het Laat-Saalien. In zuidelijk Flevoland zijn ijsblokken vanuit het Laat-Saalien achtergebleven. Het

³⁵ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 19-20.

³⁶ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 20.

³⁷ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 21.

smelten van deze blokken resulteerde in de vorming van grote meren of waterbekkens. Deze bekkens zijn opgevuld met warvenkleien en -zanden. In zuidelijk Flevoland bestaat de bekkenopvulling vooral uit lacustroglaciale afzettingen, met in aan de rand van deze bekkens ook keileem.³⁸

3.2.1.5 De Eem formatie

De Eem formatie is ontstaan in een interglaciaal. De klimatologische omstandigheden kunnen vergeleken worden met hedendaagse omstandigheden. Tijdens deze tussenijstijd steeg de zeespiegel tot ongeveer 8 meter beneden NAP.

De Eem formatie bestaat vooral uit marien-litorale afzettingen, maar ook terrestrische afzettingen. Naar deze terrestrische afzettingen wordt ook verwezen als 'de formatie van Asten'. De mariene Eem formatie bestaat uit kleihoudende zanden, zandige kleien en vaste kleien met schelpen. De terrestrische Eem formatie, of formatie van Asten, bestaat uit veenlagen en humeuze kleien.³⁹

3.2.1.6 Formatie van Twente

De formatie van Twente bevat alle pleistocene dekzanden. Deze dekzanden zijn eolisch. De formatie van Twente is voor een groot deel in Nederland aan het oppervlak te vinden. In zuidelijk Flevoland ligt de formatie van Twente rond de 2 tot 10 meter beneden NAP. Er zijn diepe dalen in het pleistocene zand uitgeschuurd. Dit gebeurde aan het eind van het pleistocene en het Vroeg-Holocene tijdvak. Dit is veroorzaakt door doorsnijdende rivieren zoals de Eem en door meerdere afwateringsgeulen vanaf hoger gelegen stuwwallen.⁴⁰

3.2.2 Holocene afzettingen

De holocene afzettingen in het IJsselmeergebied vallen onder de Westland formatie. Binnen de Westland formatie zijn verschillende afzettingen aanwezig. Deze afzettingen zijn hieronder beschreven van oud naar jong. De afzettingen zijn: Basisveen, Oude Getijde Afzettingen, Hollandveen, Flevomeer Afzettingen, Almere Afzettingen, Zuiderzee Afzettingen en IJsselmeer Afzettingen. Deze afzettingen worden hieronder behandeld.

3.2.2.1 Basisveen

Basisveen is gevormd op het pleistocene dekzand en is afgedekt met Oude Getijde Afzettingen. De veengroei is veroorzaakt door een slechtere afwatering, dat wordt veroorzaakt door de zeespiegelstijging. Het basisveen komt niet voor waar de Eem bedding ligt en ook niet waar de pleistocene dekzanden hoog liggen. Er kan geen onderscheid gemaakt worden tussen Basisveen en Hollandveen wanneer de Oude Getijde Afzettingen het Basisveen niet afdekken. Meestal bestaat Basisveen uit rietzeggeveen, maar broekzeggeveen komt ook voor. Het organische stofgehalte ligt tussen de 50-70%.⁴¹

3.2.2.2 Oude Getijde Afzettingen

Binnen de Oude Getijde Afzettingen wordt er onderscheid gemaakt tussen Oude Zeeklei Afzettingen en het Hauwert Complex.

Oude Zeeklei Afzettingen komen in drie verschillende facies voor: onder water afgezette kleien, oeverwallen en geulopvullingen. De onder water afgezette kleien zijn zware kleien met 40-50% lutum, zijn glad en niet begroeid. De oeverwallen zijn ook onder water afgezet, maar zijn vaak

³⁸ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 21-23.

³⁹ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 23-26.

⁴⁰ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 28-30.

⁴¹ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 35-36.

begroeid met riet waardoor het organische stofgehalte 7-13% is. De oevers zijn opgeslibd langs de voormalige wad-geulen. Het sediment is daardoor frequent drooggevallen, ontwaterd en verstevigd. In de geulopvullingen komt vaak een gelaagdheid voor. Afhankelijk van de wisselende stroomsnelheden zijn zand, silt of lutumdeeltjes afgezet.

De textuur van het Hauwert Complex is zeer gevarieerd. Dit zijn vooral kleiige, zavelige en humeuze afzettingen. De kleiige afzettingen worden gedomineerd door *Cerastoderma glaucum* (brakwaterkokkel).

De humeuze afzettingen zijn gevormd door smalle verbindingsgeulen tussen het Vecht-IJsselsysteem van Oost-Flevoland en het Eem-systeem van Zuid-Flevoland. De geulen zijn ontstaan door de sterk verslechterde afvoersituatie van het Vecht-IJsselsysteem. Hierdoor zocht het water een nieuwe weg naar zee. De waterspiegel lag in de veenmeren niet op hetzelfde niveau. Dit heeft waarschijnlijk een initiërende rol gespeeld in het ontstaan van de verbindingsgeulen.⁴²

3.2.2.3 Hollandveen

Hollandveen bestaat voor een groot deel uit riet- of zeggerietveen, plaatselijk kan ook broek- en heideveen voorkomen. In het broekveen zijn de meest voorkomende houtsoorten els, berk en wilg. Het organische stofgehalte van het Hollandveen ligt tussen de 45-85%. Daarnaast zijn ook hoge lutumgehaltes opgemerkt bij veenlagen. Deze komen overeen met de Oude Getijde Afzettingen.

De grondwaterstand is verbonden met de groei en samenstelling van het Hollandveen. Toen het grondwater stagneerde, kon het veen zich ontwikkelen. Wanneer het veen verdronk door een stijgende grondwaterspiegel, kwamen er Oude Getijde Afzettingen overheen.⁴³

3.2.2.4 Flevomeer Afzettingen

Flevomeer Afzettingen bestaan uit detritus-gyttja. Dit is een onder water afgezet mengsel van dierlijke en plantaardige resten en minerale delen. Het organische stofgehalte varieert tussen de 5-45% en het lutumgehalte tussen de 10-20%. Door uitschieters in het organische stofgehalte van de Flevomeer Afzettingen wordt Hollandveen soms als gyttja geïnterpreteerd.⁴⁴

3.2.2.5 Almere Afzettingen

De Almere Afzettingen lijken op de Flevomeer Afzettingen. Dit kan voor foute interpretaties zorgen. Het verschil is dat de Almere Afzettingen kleiiger zijn dan de Flevomeer Afzettingen.

De Almere Afzetting is meestal een gelaagd sedimentenpakket met min of meer humeuze klei- en fijnzandlagen. Naar het oppervlak toe wordt het sediment zwaarder, minder humeus en tegelijkertijd stijgt het lutumgehalte.⁴⁵

3.2.2.6 Zuiderzee Afzettingen

De Zuiderzee Afzettingen bestaan uit een lichte klei met mariene schelpen. Het lutumgehalte is 25-40%. Naar de randen toe neemt het lutum af en kunnen de afzettingen overgaan in zand. Deze zanden zijn matig-fijn tot middelfijn en lutumarm (maximaal 3%). Het organische stofgehalte ligt tussen de 2-3 %. De Zuiderzee Afzettingen zijn mariene afzettingen uit de voormalige Zuiderzee.⁴⁶

⁴² Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 36-43.

⁴³ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 43-44.

⁴⁴ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 44-45.

⁴⁵ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 45-47.

⁴⁶ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 47.

3.2.2.7 IJsselmeer Afzettingen

De IJsselmeer Afzettingen bestaan uit fijn zandig sediment. Hierbij is 20-60% van de minerale fractie groter dan 50 µm. Het lutumgehalte varieert tussen de 5-35%, de silt-fractie ligt rond de 40%. Het organische stofgehalte ligt tussen de 1-6%. Het kalkgehalte ligt rond de 10%. De IJsselmeer Afzettingen zijn voor het grootste deel opgenomen in de bouwvoor.⁴⁷

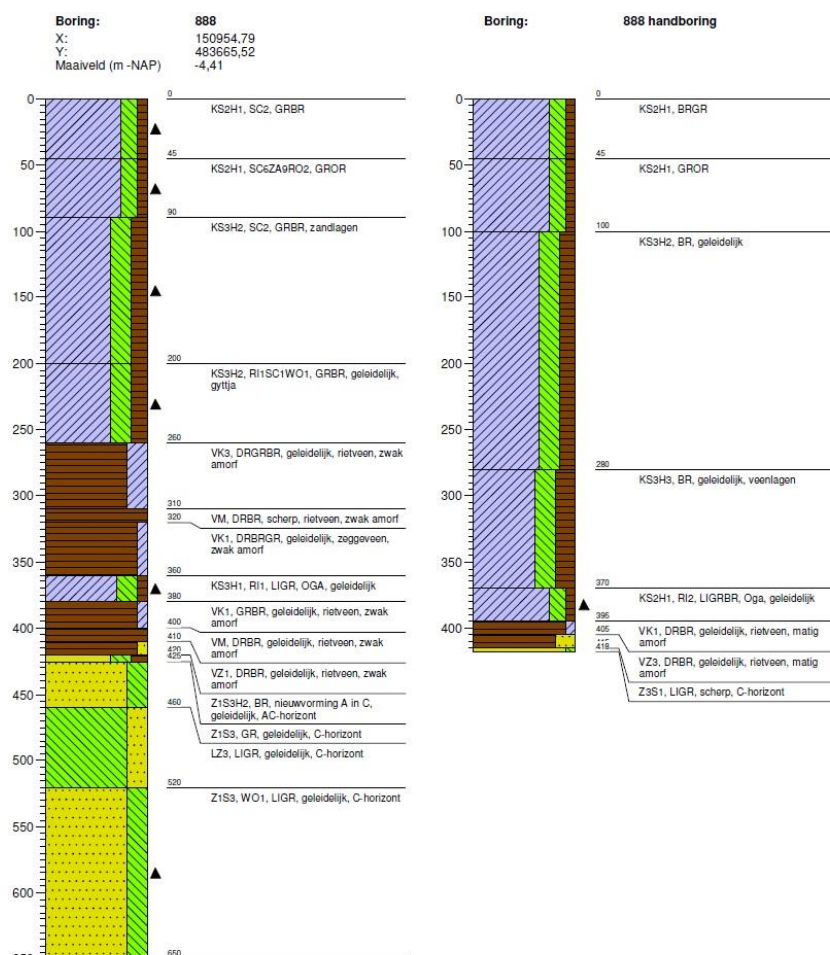
3.3 RESULTATEN VAN DE BOREN

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de aanwezige texturen zich gedragen onder invloed van de van de druk die op de grond wordt uitgeoefend bij het gebruik van de verschillende boorsystemen. Hiervoor wordt er eerst gekeken naar de texturen uit het veldonderzoek. Daarna wordt gekeken of deze vervormingen ook zijn gebleken uit andere archeologische projecten. Eerst worden de texturen ten opzichte van de handgutsboor behandeld, daarna de Aqualockboor.

3.3.1 Resultaten van de handgutsboringen

Het eerste dat opvalt bij de gutsboorbeschrijvingen (zie bijgevoegd Excelbestand; tabel: 'Percentage inhoud boren') is dat er minder veen wordt aangetroffen dan bij de Aqualockboor-beschrijvingen. Zoals beschreven is in paragraaf 3.1, kunnen gerijpte veen- en kleigronden bezwijken onder druk. Op de onderzoeklocatie was geen gerijpte grond.⁴⁸

De zanddiepte van de pleistocene ondergrond lijkt geen grote afwijkingen te vertonen wanneer de zanddiepte van de handgutsboringen wordt vergeleken met de zanddiepte van Aqualockboringen. Het is wel zo dat bij veel handgutsboringen het zand niet is opgeboord. Dit komt doordat de indringingsweerstand van zandgrond te groot is voor de handguts. Hierdoor kan de boor niet diep in het zand gestoken worden. De top van de pleistocene ondergrond wordt genoteerd op de diepte waar de boor niet verder in de grond kan worden gestoken. Een onervaren boorder kan zich echter snel vergissen in de



Figuur 9: Voorbeeld dat zand niet opgeboord wordt met de handguts.

⁴⁷ Menke/van de Laar/Lenselink 1998, 47-48.

⁴⁸ de Moor 2018, (pers. com.).

geschatte zanddiepte. De boor kan immers om verschillende redenen niet verder de grond in geduwd worden terwijl dit eigenlijk wel zou kunnen. In dit veldonderzoek lijkt dit niet te zijn voorgekomen aangezien de zanddiepte geen grote afwijkingen vertoont.

3.3.2 Resultaten van de Aqualockboringen

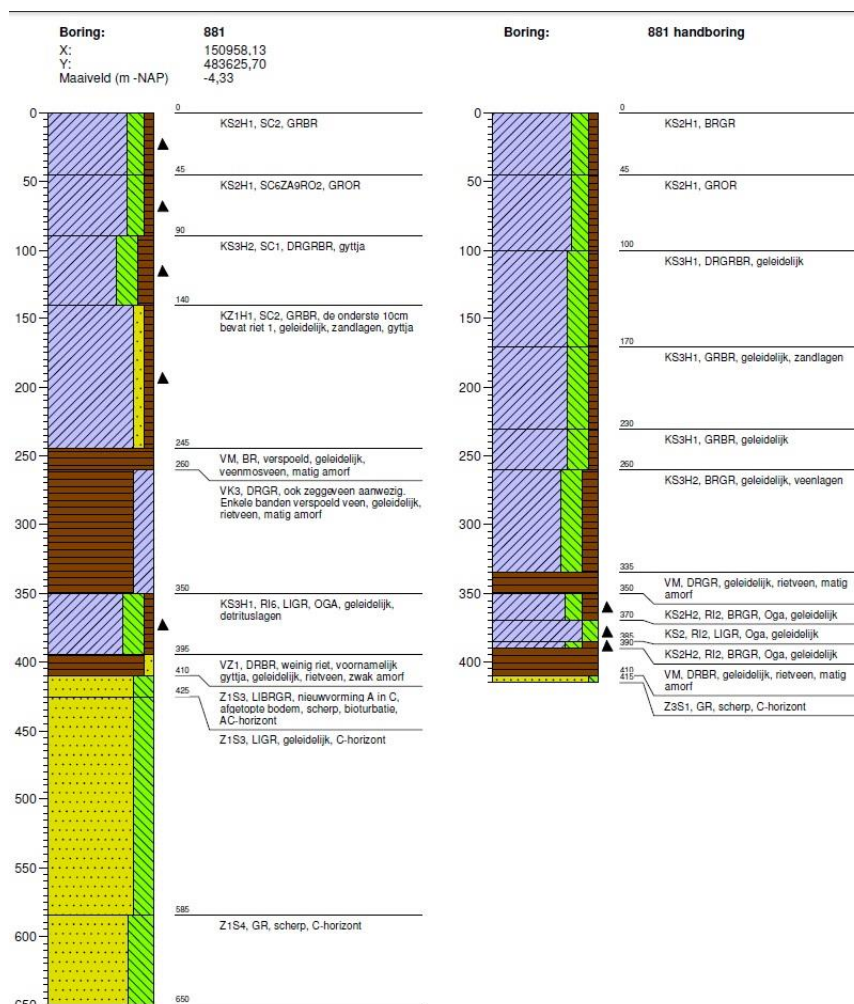
Bij de Aqualockboringen is het tegenovergestelde aan de hand van de handgutsboringen. Bij deze boringen is veel meer veen beschreven dan bij de handgutsboringen, zoals te zien is in Tabel 2. Dit kan veroorzaakt worden door de zuigkracht van de Aqualockboor. Hierdoor kan slappe klei worden samengeperst. Het veen kan hierdoor in de originele kleilaag vermengen, waardoor de klei als kleiig veen wordt geïnterpreteerd, in plaats als klei.

	Percentage klei	Percentage veen	Standaarddeviatie klei	Standaarddeviatie veen
Aqualock	77,8%	21,9%	11,5	11,1
Handguts	83,9%	15,5%	9,7	9,5

Tabel 2: gemiddelde percentages en standaarddeviaties klei en veen per boormethode.

In boringen 791, 881 en 891 zijn bij de handgutsboringen klei- of veenlagen te zien. Deze lagen zijn niet beschreven bij de Aqualockboringen. Bij deze boorbeschrijvingen is een grotere klei- of veenlaag weergegeven. Het lijkt er op dat deze lagen samengedrukt zijn. Dit is een mogelijke verklaring voor de gemeten verschillen aangezien alle sedimenten ongerijpt zijn.

Het sediment kan iets uitzetten bij de Aqualockboor. Dit komt door een verandering van de luchtdruk. Dit uitzetten wordt door veldmedewerkers gezien als een verklaring voor de verschillen van de pleistocene ondergrond tussen guts- en Aqualockboringen. Het is



Figuur 10: Voorbeeld van mogelijke samendrukking door de Aqualockboor in boring 881.

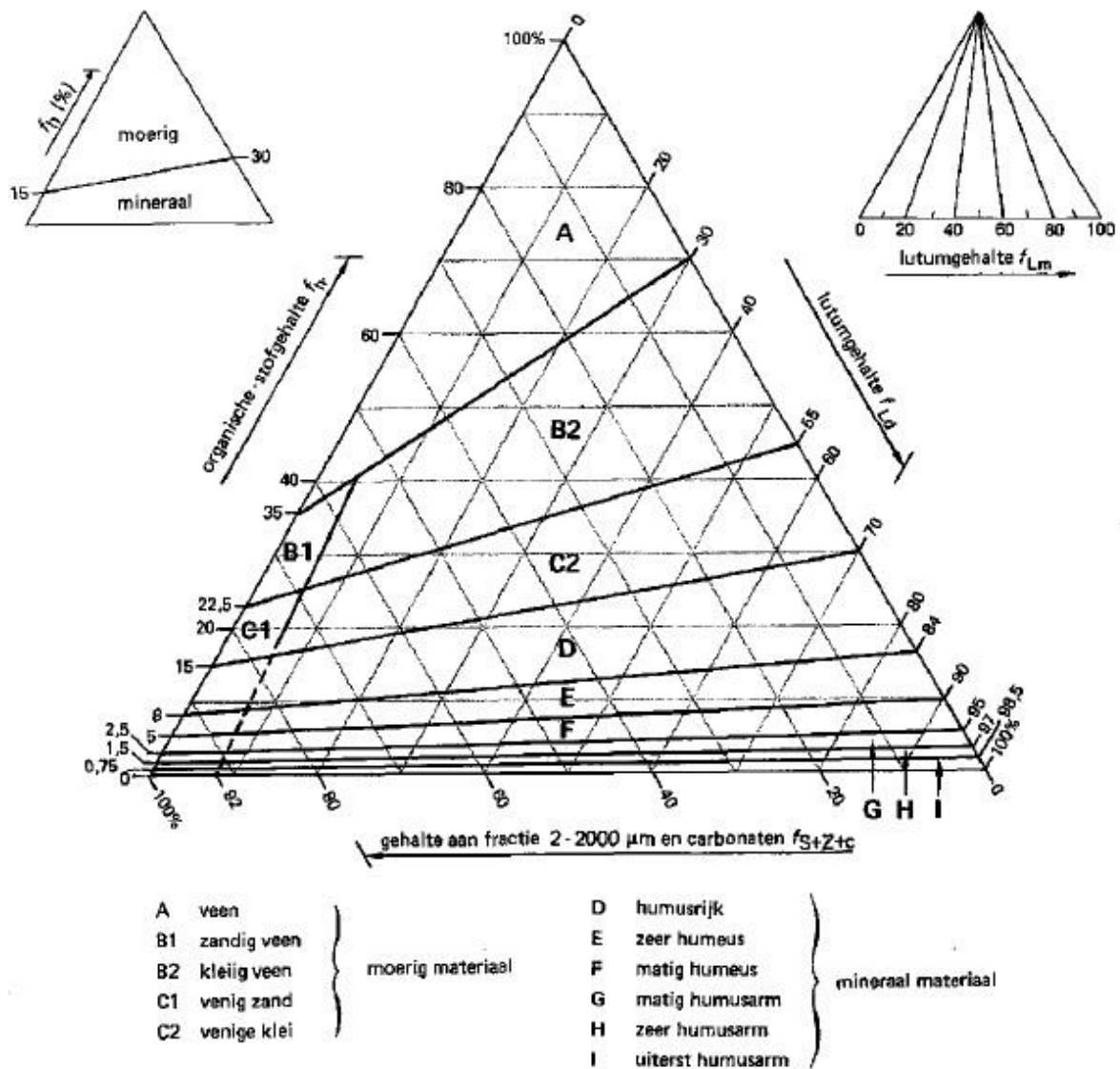
onduidelijk hoeveel centimeter dit verschil kan bijdragen. Volgens Nales en Smith kan dit 14 centimeter zijn.⁴⁹

3.4 DE VERSCHILLEN TUSSEN DE BESCHREVEN LAAGDIKTES

In deze paragraaf worden de verschillen tussen de gemeten klei- en veenlaagdiktes van de guts- en Aqualockboringen met elkaar vergeleken. Hierbij wordt niet gekeken naar de gemeten diepte van de lagen. In de sub-paragrafen wordt er wel inhoudelijk op diepte en dikte ingegaan.

Voor een belangrijk deel komen de beschreven laagindelingen van guts- en Aqualockboringen overeen. De dikte van de lagen en andere details, zoals het humusgehalte, kunnen wel verschillen. Zelfs wanneer de lithologische beschrijving (veen of klei) niet overeenkomt, is te zien dat het verschil in laagdikte gering is. De beschrijving van boornummer 878 bevat bijvoorbeeld bij de Aqualockboring meer veen dan bij de handgutsboring. Het betreft hier een verschil in textuurbeschrijving: venige klei en kleilig veen. Het verschil in lutumgehalte van deze texturen is gering. Een verschil in interpretatie is daardoor snel gemaakt. Dit is weergegeven Figuur 11. Over het algemeen heeft de ondergrond van het plangebied Oosterwold een laag lutumgehalte en organische stofgehalte. Figuur 11 toont de kenmerken voor C1 (kleilig veen) en C2 (venige klei). In het veld kan het precieze lutumpercentage niet goed bepaald worden. In het veld is het lutumpercentage ingeschat op 5-10%, dit is precies op de grens tussen C1 en C2.

⁴⁹ Nales/Smith 2012, 24-25; Van den Biggelaar 2017, (pers.com.).



Figuur 11: Indeling en benaming van de organische stofklassen bij de Stichting voor Bodemkartering. Naar de Bakker/Schelling, 1966: 61.

Wanneer verder wordt gekeken dan de hoofdgrondsoort, lijken de verschillen in textuur minder ver van elkaar af te liggen. Het humusgehalte verschilt weleens, maar dit is vaak maar een klasse verschil. Dit verschil wordt veroorzaakt door de beschrijver. De volgende uitspraak van een van de veldmedewerkers is wat dit betreft illustratief: *"of ik iets humeus 1 of 2 noem, ligt maar net aan hoe mijn pet staat."*⁵⁰

Het komt in dit veldonderzoek vrijwel niet voor dat de beschreven bijmengingen veel van elkaar verschillen. De enige uitzondering hierop lijkt het veen. In het veen komt het met regelmaat voor dat de beschreven bijmenging verschilt tussen de Aqualockboor- en handgutsboorbeschrijvingen. Terwijl dit bij de beschreven kleiklassen vaker overeenkomt.

De gemeten verschillen kunnen ook verklaard worden doordat de boordiameters van beide methoden verschillen. Dat de waarneming afhankelijk is van de boordiameter en boormethodiek, is

⁵⁰ van den Biggelaar 2018, (pers. com.).

eerder beschreven.⁵¹ Dit kan bijdragen aan kleine verschillen in de textuurbeschrijving, zoals een onderscheid tussen venige klei en kleiig veen. Daarnaast zijn fenomenen als bioturbatie lastiger te herkennen met een kleinere diameter.

3.4.1 Correlatietesten

In deze paragraaf worden de resultaten van het Pearson correlatiecoëfficiënt beschreven. De correlatietesten laten zien of er correlaties zijn tussen de laagdiktes in de beschrijvingen van boringen die met verschillende technieken zijn gezet.

In dit afstudeeronderzoek is per beschreven meter de correlatie onderzocht van de beschreven klei- en veenlaagdiktes. Daarnaast is onderzocht of er een correlatie is tussen de gemeten dieptes. Dit is gedaan voor de top van het pleistocene oppervlak en voor de top van het veen. Daarna is onderzocht wat de correlatie is tussen de verschillen in beschreven laagdiktes en dieptemetingen. Als laatste is de correlatie berekend voor de absolute verschillen van de beschreven laagdiktes of dieptes.

Zoals beschreven in hoofdstuk 2, liggen de resultaten van de correlatiecoëfficiënten tussen de -1 en 1. Hierbij betekenen waarden tussen de 0,0 en de 0,3 dat de correlatie zeer zwak is. Waarden tussen de 0,3 en 0,5 zijn gemiddeld sterke waarden. Alle waarden tussen de 0,5 en 1 zijn zeer sterke waarden.

Tevens is de verklarende variantie per correlatie berekend. De verklarende variantie laat zien hoe goed de regressielijn op de gegevens past. Bij de verklarende variantie komt er een waarde uit tussen de 0 en 1. Net als bij de correlatiecoëfficiënt, betekent een uitkomst tussen de 0 en 0,3 een zwakke variantie. 0,5-0,7 is een gemiddeld sterke variantie en 0,7 tot 1 is een sterke variantie.

3.4.1.1 Correlaties textuurdiktes

In deze sub-paragraaf worden de resultaten van de correlatietesten van de klei- en veenlaagdiktes beschreven (Tabel 3). Hierna wordt de correlatie en verklarende variantie van de top van het pleistocene oppervlak en de top van het veen beschreven (Tabel 4).

De correlaties van de textuurdiktes per meter liggen tussen de 0,7 en 0,9. Dit zijn sterk positieve correlaties. Dit betekent dat de klei- en veenlaagdiktes overeenkomen per opgedeelde meter.

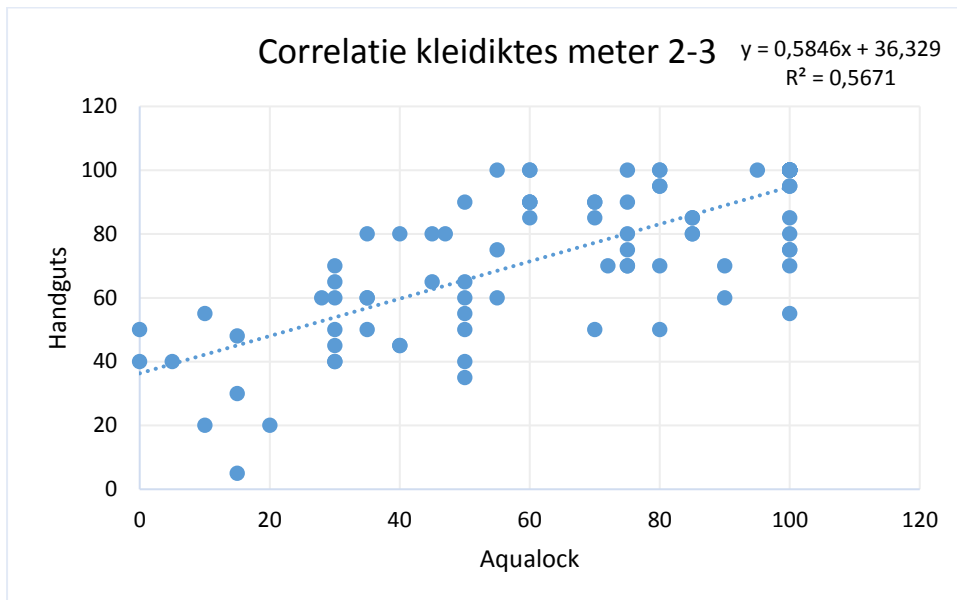
De verklarende variantie geeft ook sterke waarden aan. Namelijk tussen 0,5 en 0,75. Dit betekent dat er tussen de 50-75% van de gegevens voorspeld kan worden door de werkelijke waarde. Dit geeft aan dat de verschillen niet ver van elkaar verwijderd zijn. Met deze gegevens kunnen er nieuwe voorspellingen gemaakt worden per meter en per diepte.

De getallen van de correlatiecoëfficiënt worden beter naarmate de diepte toeneemt. Hoe dieper de boring is, hoe minder de afwijking. Dit kan komen doordat er minder records zijn naarmate de diepte toeneemt. Hierdoor neemt de kans toe dat de resultaten op toeval berusten.

⁵¹ Hissel/van Londen 2005, 50.

	Klei laagdikte	Veen laagdikte
Correlatie meter 2-3	0,7530	0,7597
Verklarende variantie meter 2-3	0,5671	0,5771
Correlatie meter 3-4	0,8941	0,8589
Verklarende variantie meter 3-4	0,7994	0,7434
Correlatie meter 4-5	0,9070	0,8406
Verklarende variantie meter 4-5	0,7427	0,7004

Tabel 3: Correlaties klei- en veen laagdiktes.

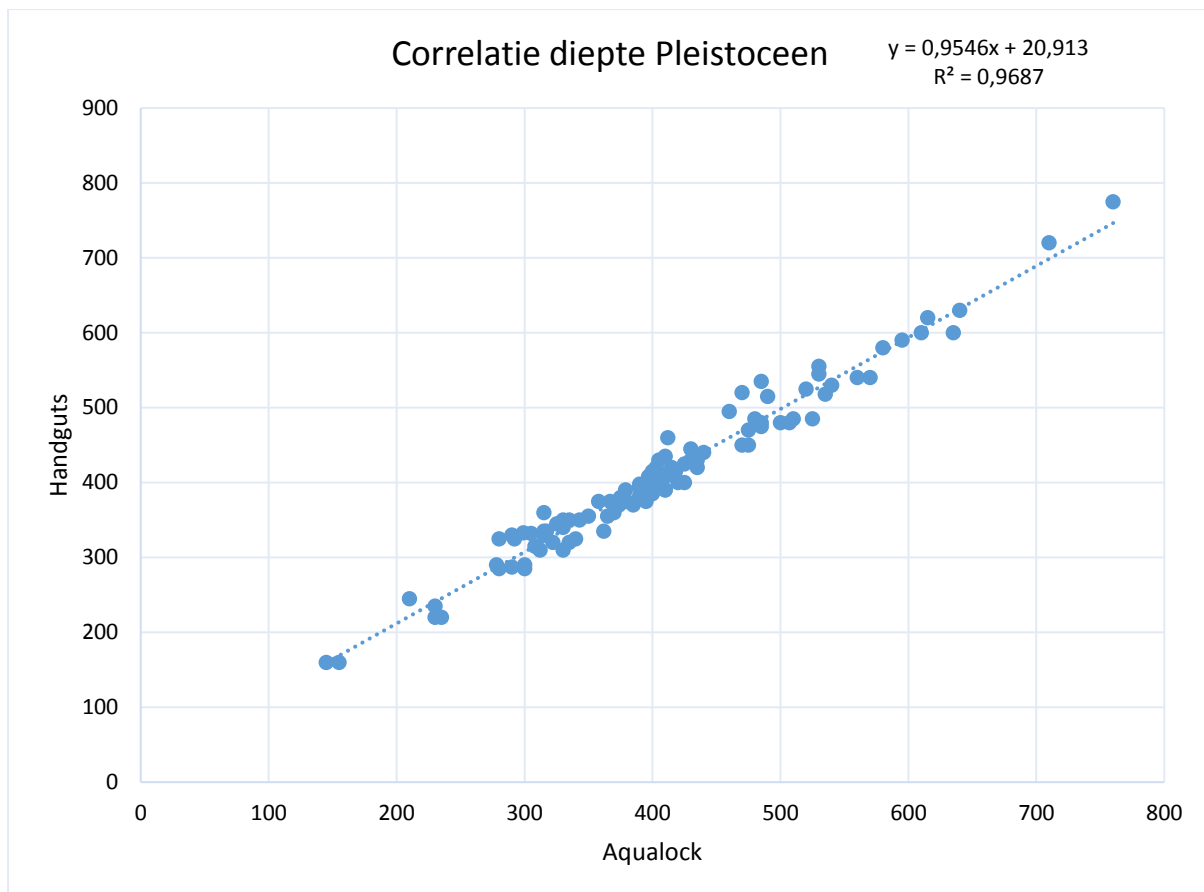


Figuur 12: Voorbeeld correlatie en verklarende variantie kleidiktes meter 2-3.

Bij de top van het pleistocene oppervlak is gekeken of de gemeten dieptes verschillen per boormethode. Bij de top van het pleistocene oppervlak kwam hier een correlatie van 0,984 en een verklarende variantie van 0,9687 uit. Dit geeft aan dat er bijna geen verschil is tussen de boormethode als het aankomt op diepteregistratie van de pleistocene ondergrond. Om te controleren of overall grote afwijkingen bestaan, is ook de top van het veen bestudeerd. Hieruit kwam ongeveer hetzelfde resultaat als bij het pleistocene oppervlak. Dit betekent dat er geen extreme verschillen zijn in de boormethoden op het gebied van de diepteregistratie.

	Waardes
Correlatie pleistoceen	0,984
Verklarende variantie pleistoceen	0,9687
Correlatie top veen	0,9477
Verklarende variantie top veen	0,8981

Tabel 4: Correlatie en verklarende variantie van het pleistocene diepte.



Figuur 13: Correlatie en verklarende variantie pleistocene diepte.

3.4.1.2 Correlatietesten voor de totalen verschillen

In dit kopje worden de verschillen in de resultaten van de correlatietesten van de totalen verschillen beschreven. Dit wordt beschreven voor de verschillen in de klei- en veenlaagdiktes. Hierbij wordt de beschreven klei- of veenlaagdikte van de handgutsboor vergeleken met het berekende verschil tussen de boorsystemen. Op deze manier wordt berekend of er een correlatie is tussen de beschreven laagdikte en de beschreven afwijking. Bij de totale verschillen wordt ook onderzocht of de diepte een rol speelt in een diepere of ondiepere afwijking. Daarna wordt hetzelfde gedaan voor de top van het pleistoceen en de top van het veen.

Uit de correlatietest tussen de klei- en veenlaagdikte en de totale verschillen is gebleken dat, net als bij de vorige correlatietesten, de uitkomsten van het klei en veen dichtbij elkaar liggen. De correlatiecoëfficiënt van meter 2-3 en meter 3-4 zijn zeer zwak. De waardes blijven onder de 0,283. Bij de eerste meter 2-3 zijn de waardes zelfs zo laag dat ze onder de 0,00 blijven. Ook de verklarende variantie bij deze meters is zeer laag. De waardes komen niet boven de 0,0525. Deze waardes zijn dusdanig laag dat er geen enkele twijfel mogelijk is. Er is geen correlatie tussen de hoeveelheid textuur en de totale afwijking in de eerste 4 meter van dit onderzoek. De verschillen in textuurdikte hebben niets te maken met de dikte van de textuur (Tabel 5).

In meter 4-5 zijn de resultaten anders. Daar is bij beide texturen een sterke correlatiecoëfficiënt tussen de 0,513 en 0,599 aangetroffen. De verklarende variantie is voor de klei 0,2633 en voor het veen 0,3586. In eerste instantie lijkt het dus dat er tussen 4 en 5 meter diepte een relatie is tussen de afwijking en laagdikte. De verklarende variantie toont dat de klei een zwakke samenhang heeft. Voor het veen geeft de verklarende variantie een gemiddeld sterke samenhang weer. Een verklaring

waarom hier wel een relatie bestaat, kan gevonden worden in de grootte van de dataset. Alle andere correlatietesten bestaan uit een grotere dataset dan de laatste meter. Voor de laatste meter zijn er dertig boringen, voor de overige meters meer dan zestig boringen. De kans dat de resultaten op toeval berusten is bij de laatste meter dus groter.

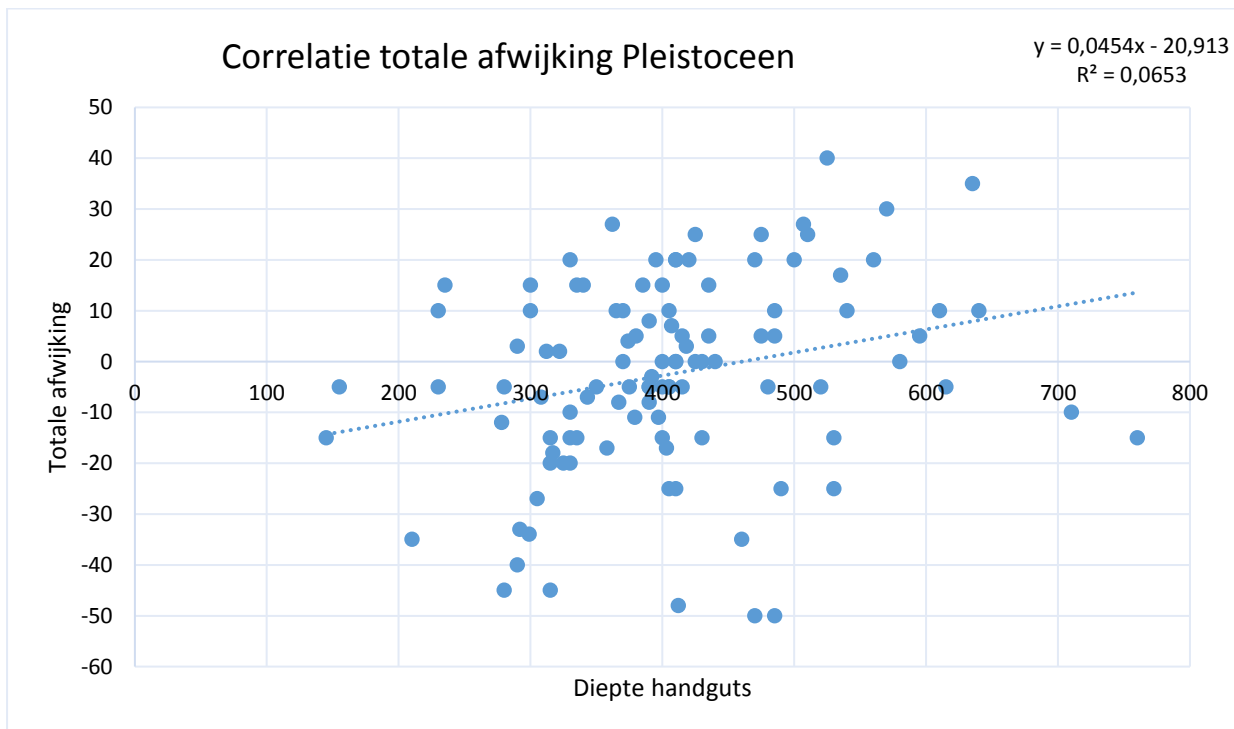
	Klei verschil	Veen verschil
Correlatie meter 2-3	<0	<0
Verklarende variantie meter 2-3	0,0012	0,0066
Correlatie meter 3-4	0,2292	0,2832
Verklarende variantie meter 3-4	0,0525	0,0802
Correlatie meter 4-5	0,5131	0,5989
Verklarende variantie meter 4-5	0,2633	0,3586

Tabel 5: Correlaties verschillen klei en veen.

Bij het pleistoceen is gekeken naar de diepte en de totale verschillen. Ook hierbij zijn de handgutsboringen als basis gebruikt om de beschreven verschillen te meten. De correlatie geeft een gemiddeld sterke samenhang en een lage verklarende variantie weer (Tabel 6). Door de combinatie van een gemiddeld sterke samenhang en een lage verklarende variantie is niet met zekerheid te zeggen of er een relatie is met de diepteligging en afwijking. Bij de top van het veen is er meer duidelijkheid. Hierbij is de correlatie en verklarende variantie zwak. Dit betekent dat er geen samenhang is tussen de diepteligging en afwijking bij de top van het veen.

	Waardes
Correlatie verschil pleistoceen	0,3219
Verklarende variantie verschil pleistoceen	0,1036
Correlatie verschil top veen	0,0727
Verklarende variantie verschil top veen	0,0053

Tabel 6: Correlaties verschillen pleistocene oppervlakte en top veen.



Figuur 14: Correlatie totale en verklarende variantie totale afwijking bij het pleistocene oppervlak.

3.4.1.3 Correlatietesten voor de absolute verschillen

In de vorige correlatietesten zijn de totale afwijkingen gebruikt. Dit is gedaan met de gedachte dat er wellicht een correlatie was met de diepte en diepere of ondiepere afwijking. Uit de resultaten is dit niet overtuigend gebleken. Om zeker te zijn dat de afwijkingsgrootte niets met diepte te maken heeft, is ook de absolute afwijking gebruikt. Dit houdt in dat alle negatieve getallen van de verschillen omgezet zijn naar positief. Hierdoor wordt het absolute verschil vergeleken met de diepte.

De resultaten verschillen per beschreven meter en textuur. Sommige correlaties worden sterker en andere zwakker in vergelijking met de eerdere correlatietesten. Over het algemeen blijven de correlaties zwak. Behalve bij het veen in meter 4-5, hier is een correlatie van 0,681. Hetzelfde geldt voor de verklarende varianties. De varianties liggen tussen de 0,0172 en de 0,0895, met uitzondering van de laatste meter veen. Het lijkt erop dat alleen bij het veen van meter 4-5 samenhang bestaat tussen textuurdikte en absolute afwijking. Wederom is de kans op toeval groter in deze dataset (Tabel 7).

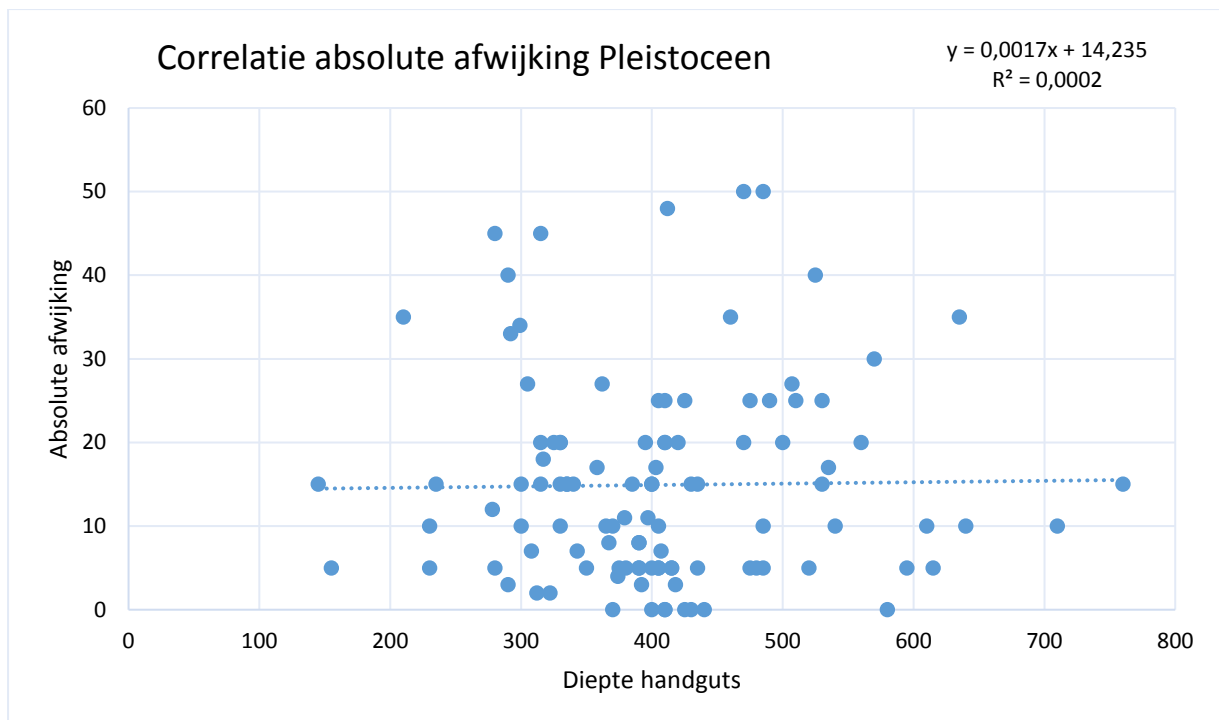
	Klei absoluut	Veen Absoluut
Correlatie meter 2-3	-0,2063	0,2992
Verklarende variantie meter 2-3	0,0425	0,0895
Correlatie meter 3-4 meter	0,2034	-0,1311
Verklarende variantie meter 3-4	0,0414	0,0172
Correlatie meter 4-5	-0,187	0,6810
Verklarende variantie meter 4-5	0,0349	0,4638

Tabel 7: Correlaties absolute verschillen klei en veen.

Hetzelfde is gedaan voor de absolute afwijking voor de top van het pleistocene oppervlak en de top van het veen. Bij het pleistocene oppervlak is de correlatie drastisch gezakt in vergelijking met de eerdere test. De correlatie en verklarende variantie bij deze test geven aan dat er geen samenhang is tussen de diepte en absolute verschillen, terwijl er bij de vorige test een gemiddeld sterke correlatie bestond. Bij de top van het veen is een sterkere correlatie dan bij de eerdere test te zien. De correlatie blijft echter wel zwak. Hetzelfde geldt voor de verklarende variantie (Tabel 8). Uit deze correlatietest blijkt dat er geen samenhang is tussen de diepteligging en absolute afwijking.

	Waardes
Correlatie absoluut verschil pleistoceen	0,0481
Verklarende variantie absoluut verschil pleistoceen	0,0023
Correlatie absoluut verschil top veen	0,1192
Verklarende variantie absoluut verschil top veen	0,0142

Tabel 8: Correlaties absolute verschillen Pleistocene oppervlak en top veen.



Figuur 15: Correlatie en verklarende variantie absolute afwijking Pleistocene oppervlak.

3.4.2 Z-toets

Bij de Z-toets wordt gekeken hoeveel procent een bepaalde spreiding heeft in de normaalverdeling. In dit geval wordt er berekend hoeveel procent vijf centimeter is in de normaalverdeling.

Deze waarde is aangehouden omdat een afwijking van 5 centimeter is toegestaan volgens het PVE van Almere. Dit is gedaan met de totale verschillen en de absolute verschillen. Als eerst zijn de laagdiktes berekend, daarna de top van het pleistocene oppervlak en de top van het veen.

3.4.2.1 Z-toets totale verschillen

De totale verschillen zijn tweezijdig getest. Het percentage dat hierbij wordt berekend ligt tussen -5 en 5 centimeter. Bij de totale verschillen wordt dus een afwijking van 10 centimeter berekend. Hierdoor valt het percentage hoger uit dan bij de absolute verschillen. Dit wordt veroorzaakt door de andere spreiding, het gemiddelde en de standaarddeviatie.

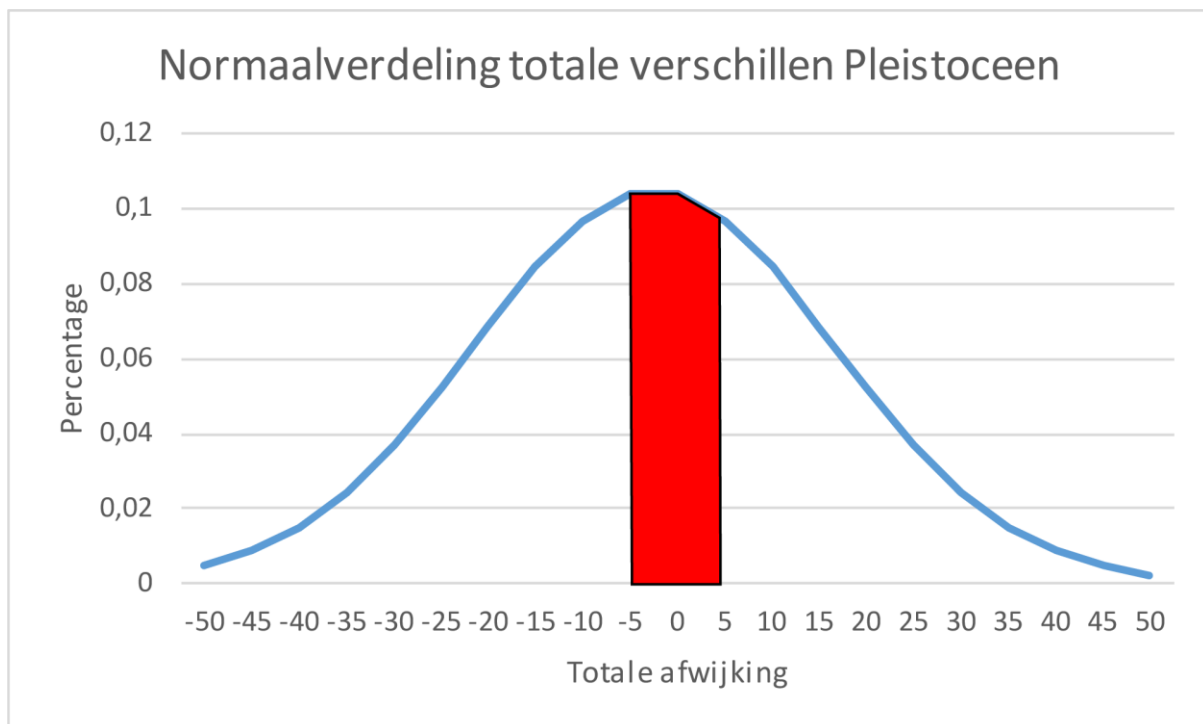
Bij de totale afwijking zijn de textuurdiktes per meter eerst onderzocht, net zoals bij de correlatietesten. De resultaten van deze Z-toetsen liggen rond de 20%. De enige uitzondering is het klei van meter 2-3, met 10,5%. De resultaten geven aan dat de meeste boringen een kans van 20% hebben om binnen de -5 en 5 centimeter te liggen (Tabel 9). De afwijking van het pleistocene oppervlak en de top van het veen ligt ook in de buurt van de 20%. De resultaten van het pleistocene oppervlak en de top van het veen staan in Tabel 10.

	Klei	Veen
2-3 meter totalen	10,5%	18,7%
3-4 meter totalen	22,3%	20,5%
4-5 meter totalen	20,9%	22,4%

Tabel 9: Z-waardes totalen verschillen laagdiktes.

Z waarden	
Pleistocene	19,6%
Top veen	25,7%

Tabel 10: Z-waarden Pleistocene oppervlak en top veen.



Figuur 16: Visualisatie van de Z-waarde in een normaalverdeling.

3.4.2.2 Z-toets absolute verschillen

Bij de absolute verschillen is niet linkszijdig gekeken. Linkszijdig testen zou betekenen dat de resultaten onder de '0' kunnen voorkomen. Bij de absolute afwijking is het niet mogelijk om negatieve waarden te krijgen. In Tabel 11 is alleen berekend hoeveel procent van de afwijkingen er tussen de 0 en de 5 centimeter is.

De resultaten voor de absolute afwijking verschillen niet zoveel van elkaar. Het percentage dat tussen de 0 en 5 centimeter is ligt tussen de 8,8-11,8%. Er lijkt geen verschil te zitten tussen de diepte of textuur (Tabel 11). De resultaten laten zien dat de kans dat de beschreven laagdikte minder dan 5 centimeter afwijkt, rond de 10% is.

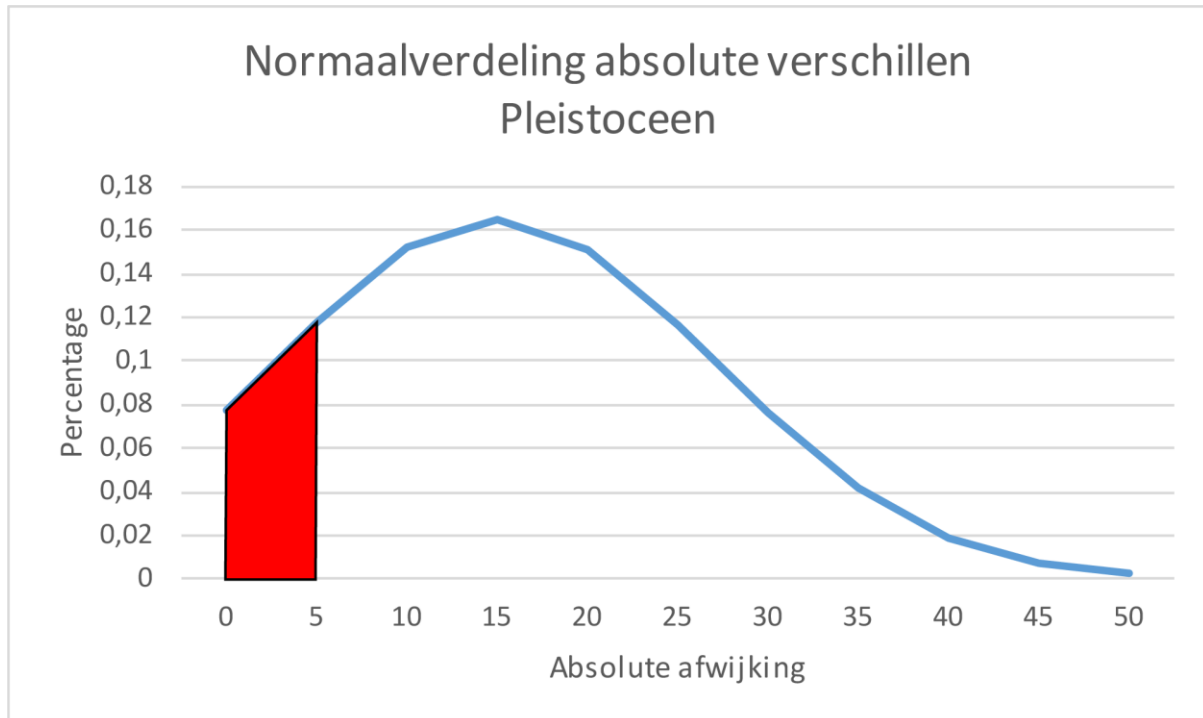
Bij het pleistocene oppervlak ligt de afwijking op 9,5%. Dit betekent dat een dieptemeting een kans heeft van 9,5% dat de diepteregistraties minder dan 5 centimeter afwijkt. Voor de diepteregistraties van de top van het veen is dat 12,6%.

Deze Z-waarden geven aan dat de overgrote meerderheid van de boringen boven de 5 centimeter-marge zitten, die in het PvE is gesteld. Dit geldt voor de totale en absolute verschillen. De kans dat de afwijking boven de 5 centimeter is, is 90%.

De uitkomsten van de Z-toets met de absolute waarnemingen mogen niet zomaar aangenomen worden. Aangezien de absolute waarnemingen geen normaalverdeling hoort te vormen. Dit is te zien in Figuur 18. De totale afwijkingen zijn wel normaal verdeeld zoals te zien in Figuur 19 en kunnen wel aangenomen worden.

	Klei	Veen
2-3 meter	8,8%	9,1%
3-4 meter	13,9%	10,3%
4-5 meter	10,9%	11,8%

Tabel 11: Z-waardes totalen verschillen klei en veen laagdiktes per meter.



Figuur 17: Visualisatie van de Z-waarde absolute verschillen Pleistocene oppervlak in een normaalverdeling.

3.4.3 T-toets

Met de T-toets wordt berekend of de verschillen in gemeten laagdiktes van guts- en Aqualockboringen significant afwijken. Er is gekozen om te werken met de gepaarde T-verdeling met twee gemiddeldes, omdat in het veldonderzoek dezelfde grond met twee methodes is getest. De T-toets wordt gebruikt om twee populaties te vergelijken wanneer de populatievariantie niet bekend is, maar de steekproefvariantie wel. Met deze toets kan gekeken worden of de verschillen tussen de twee groepen significant zijn. Er is gekozen voor een kritieke waarde van 5%. Voor de T-toets is een H_0 -hypothese nodig. De volgende hypothese is in dit afstudeeronderzoek gehanteerd:

H_0 : er zijn geen verschillen tussen de gemeten laagdiktes van handguts- en Aqualockboringen.

H_1 : er zijn wel verschillen tussen de gemeten laagdiktes van handguts- en Aqualockboringen.

Door de hypothese op deze manier te formuleren worden de gegevens tweezijdig getoetst. Op deze manier is er geen verwachting of het verschil een bepaalde kant opgaat. De verschillen kunnen hoger of lager uitvallen. Bij de T-toets worden een T-waarde en een significantiewaarde berekend. Wanneer de T-waarde hoger is dan de significante waarde, verschillen de afwijkingen significant.

Net als bij de voorgaande toetsen, zijn de klei- en veenlaagdiktes steeds opgedeeld in verschillende meters. Deze toets is ook toegepast op de diepteregistratie van de top van het pleistocene oppervlak en de top van het veen.

Bij de klei- en veenlaagdiktetoeetsen valt op dat alleen meter 4-5 niet significant afwijkt. De overige meters vallen buiten de 5%-afwijking. Dit kan te maken hebben met een kleinere steekproef, wat ook bij de correlatietesten het geval was. Door de kleinere groep is de kans op toeval groter. Deze resultaten geven aan dat de waardes van klei- en veenlaagdiktes significant van elkaar verschillen.

De top van de pleistocene oppervlak ligt binnen de significante afwijking. Dit geldt ook voor de top van het veen. Dit geeft aan dat de waarden van de diepteregistratie tussen de verschillende boormethodes niet significant van elkaar verschillen (Tabel 12).

In eerste instantie zijn alle testen in Excel uitgevoerd. Later in het onderzoek is er een licentie beschikbaar gekomen voor het programma SPSS Statistics versie 24.0. De resultaten van de onderzoeken van SPSS en Excel komen overeen. De resultaten van SPSS staan in bijlage 2.

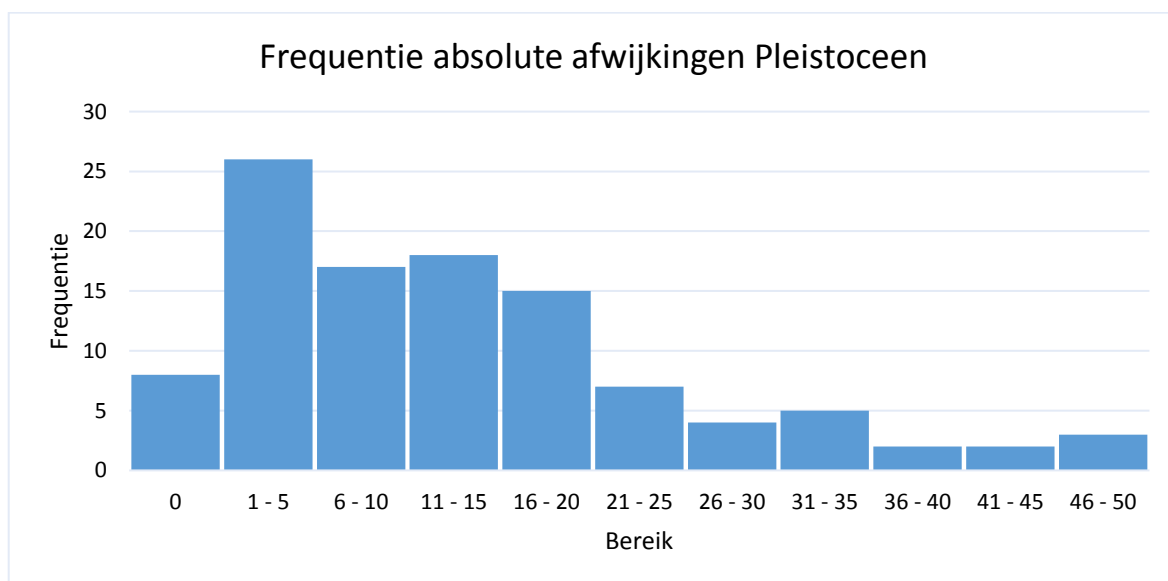
	T waarde	Significantie	Overschreden
2-3 meter klei	5,92	1,96	Ja
2-3 meter veen	5,89	1,96	Ja
3-4 meter klei	3,52	2,00	Ja
3-4 meter veen	3,84	2,00	Ja
4-5 meter klei	0,18	2,05	Nee
4-5 meter veen	1,09	2,045	Nee
Pleistocene	1,35	1,96	Nee
Top veen	1,71	2,00	Nee

Tabel 12: Gepaarde T-toetsen.

3.4.4 Diepteregistraties

Om inzicht te krijgen in de verschillen in diepteligging, wordt hieronder een samenvatting gegeven van de beschreven dieptes. De gemiddeldes, standaarddeviaties, varianties en medianen van de top van het pleistocene ondergrond en de top van het veen worden hieronder per boormethode beschreven. Ook wordt er gekeken of de guts vaker hoger of lager uitkomt dan de Aqualock. Dit is gedaan om een eventuele trend op te merken. Als laatste zijn de gemiddelde afwijkingen met 95% zekerheid berekend door middel van een T-test.

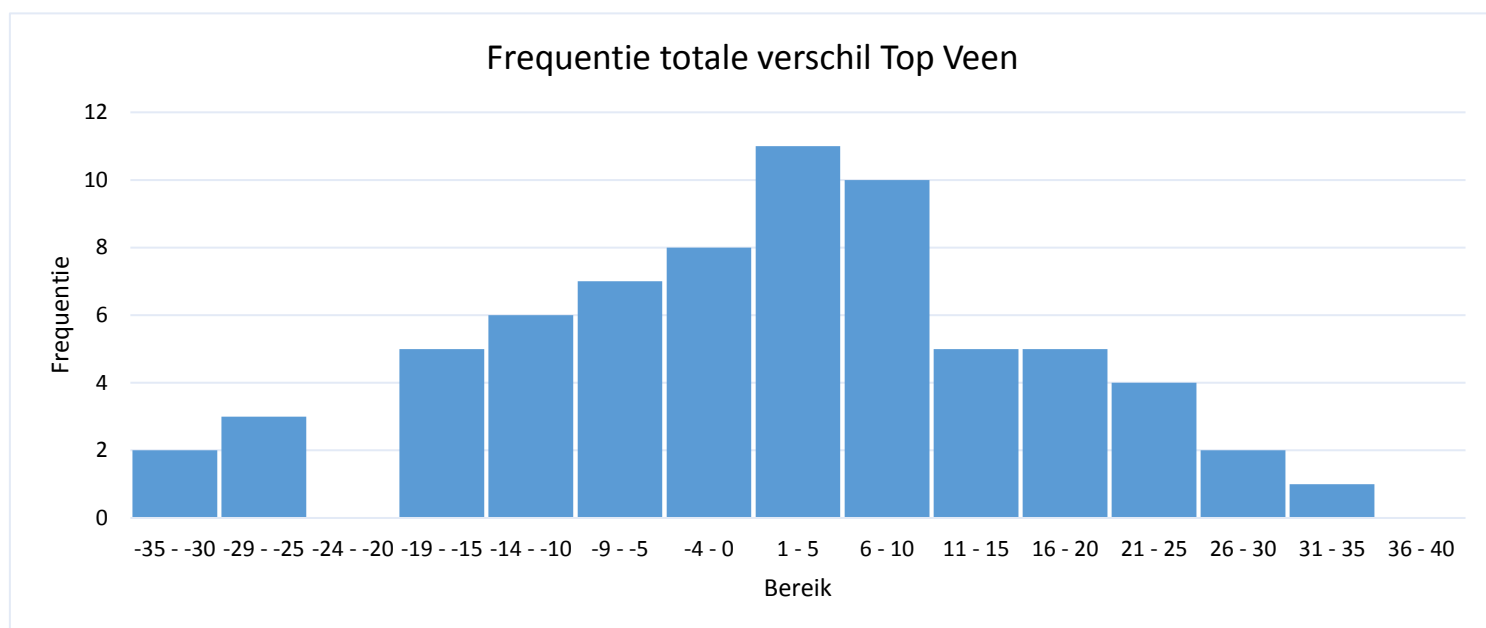
Bij de top van de pleistocene ondergrond ligt het absolute verschil op 14,92 centimeter, in een spreiding van 0 tot 50 centimeter en met een standaarddeviatie van 12,08 centimeter. Een verschil van 5 centimeter is volgens het PvE acceptabel. Volgens de Z-toets voldoet ongeveer 90% van de metingen hier niet aan. De significante waarde wordt niet overschreden bij de beschreven dieptes. De verdelingsgrafiek Figuur 18 laat zien dat de modale klasse 1-5 centimeter is. Maar laat wel zien dat het merendeel buiten deze marge ligt.



Figuur 18: Frequentie absolute afwijkingen van de pleistoceen ondergrond.

Het totaal aantal boringen waarbij de top van het pleistocene ondergrond in gutsboringen ondieper lag bij de Aqualockboringen, is 53; in 46 gevallen lag de grens bij de handgutsboor dieper dan bij de Aqualockboor; 8 keer waren de resultaten gelijk. Deze uitkomsten tonen aan dat een diepere of ondiepere registratie niet met regelmaat voorkomt bij een bepaald boortype.

Dezelfde vergelijking is gedaan voor de top van het veen. Hier kwam een gemiddeld absoluut verschil uit van 11,99 centimeter, met een standaarddeviatie van 8,99 centimeter. De spreiding ligt tussen de 0 en 35 centimeter. Het totaal aantal boringen waarbij de top van het veen bij de handgutsboor ondieper lagen dan bij de Aqualockboor, was 23; in 38 gevallen lag de top van het veen in de handgutsboor dieper dan in de Aqualockboor; 8 keer waren de resultaten gelijk.



Figuur 19: Frequentie totale verschil Top Veen.

	Gemiddelde	Standaarddeviatie	Variantie	Mediaan
Diepte pleistoceen Aqualock	408,34 cm	104,23 cm	10864,81	398
Diepte pleistoceen guts	405,86 cm	107,46 cm	11549,22	400
Diepte top veen Aqualock	258,14 cm	46,06 cm	2121,57	250
Diepte top veen guts	261,17 cm	44,72 cm	2000,23	260
Absolute verschil pleistoceen	14,92 cm	12,08 cm	145,96	12
Absolute verschil top veen	11,99 cm	8,99 cm	80,78	10
Totale verschil pleistoceen	-2,49 cm	19,09 cm	364,31	0
Totale verschil top veen	3,03 cm	14,74 cm	217,23	5

Tabel 13: Overzicht dieptewaardes van de Aqualock en guts van het pleistocene ondergrond en het top van het veen. Ook verwerkt zijn de verschillen zowel absoluut als totaal.

Als laatste is er gekeken naar wat het gemiddelde met 95% zekerheid is. Dit is gedaan voor het pleistocene ondergrond en de top van het veen. Voor beide categorieën is dit gemiddelde voor de totale en absolute verschillen berekend.

Bij het pleistocene ondergrond kwam er voor de totale afwijking een waarde van 3,66 centimeter uit. Dit betekent dat de gemiddelde totale afwijking tussen de -6,15 en 1,17 centimeter ligt. Voor de absolute afwijking was dit 2,32 centimeter. De gemiddelde absolute afwijking van het pleistocene ondergrond lag tussen de 12,60 en de 17,23 centimeter.

Bij de top van het veen kwam er voor de totale afwijking een waarde van 2,16 centimeter uit. Dit betekent dat de gemiddelde totale afwijkingen tussen de 0,87 en 5,19 centimeter lagen. Voor de absolute afwijking was dit 3,54 centimeter. De gemiddelde absolute afwijking van de top van het veen lag tussen de 8,45 en 15,53 centimeter.

	Laagste afwijking	Gemiddelde	Hoogste afwijking
Pleistoceen totaal	-6,15 cm	-2,49 cm	1,17 cm
Top veen totaal	0,87 cm	3,03 cm	5,19 cm
Pleistoceen absoluut	12,60 cm	14,92 cm	17,23 cm
Top veen absoluut	8,45 cm	11,99 cm	15,53 cm

Tabel 14: 95% zekerheid Pleistocene ondergrond en Top veen.

3.4.5 T-toets Stichtsekan

Zoals vermeld in hoofdstuk 2, is er in Almere Stichtsekan onderzoek gedaan naar de verschillen tussen de resultaten van de Aqualockboor en de handgutsboor. De data van dat onderzoek zijn vergeleken met de resultaten van dit onderzoek. Dit is gedaan door de tabellen met elkaar te vergelijken. Daarnaast is er een onafhankelijke T-toets met twee gemiddeldes uitgevoerd om te bepalen of er een significant verschil was. Er is voor deze toets gekozen omdat beide onderzoeken net in een ander gebied liggen, maar waarbij wel dezelfde methodiek is gehanteerd.

In Tabel 15 staan de resultaten van Stichtsekan en van Oosterwold. Wanneer deze met elkaar vergeleken worden, is te zien dat de resultaten vrijwel overeenkomen. Het grootste verschil tussen Stichtsekan en Oosterwold is het aantal boringen. Stichtsekan telt 49 boringen en Oosterwold 107. Voor de zekerheid is de T-toets toegepast om te kijken of de resultaten van de onderzoeken daadwerkelijk overeenkomen.

	Oosterwold	Stichtsekan
Gemiddeld verschil (cm)	14,92	14,63
Mediaan (cm)	12	10
Variantie	145,96	169,24
Standaard deviatie (cm)	12,08	13,01

Tabel 15: waardes Oosterwold in combinatie met de waardes Stichtse Kan naar Nales/Smith 2012, 25.

Voor deze T-toets is er een waarde van 5% aangehouden. Als de waarde van 5% overschreden werd, was de afwijking significant. In dat geval is er geen overeenkomst. Voor de T-toets is de volgende H_0 -hypothese gehanteerd:

H_0 : er zijn geen verschillen tussen Oosterwold en Stichtsekan.

H_1 : er zijn wel verschillen tussen Oosterwold en Stichtsekan.

Omdat de variantie verschilt, is er een correctie uitgevoerd zoals beschreven in hoofdstuk 2. De gecorrigeerde variantie is 53, afgerond tot 50. De waarde bij het aantal vrijheidsgraden van 50 is 2,009. De waarde die uit de T-toets komt is 0,13 en ligt daarmee ruim binnen de

overschrijdingswaarde. Dit bevestigt de H_0 -hypothese. In de volgende hoofdstukken wordt geanalyseerd waarom beide onderzoeken zo dichtbij elkaar liggen.

Ter controle is de T-test ook uitgevoerd in SPSS. De SPSS-tabellen staan in bijlage 2. De test in SPSS laat ook zien dat de H_0 -hypothese bevestigd kan worden. Met een Sig. (2 tailed) van 0,895, komen de data goed overeen. Om een significant verschil aan te tonen is er in SPSS een Sig. kleiner dan 0,05 nodig.⁵²

3.4.6 GIS

Om te zien of er een verband is tussen de locatie en de afwijking, is de dataset in een GIS geladen. De kaarten zijn te zien in bijlage 1. In dit hoofdstuk staan enkele kaarten als voorbeeld. De data zijn geclassificeerd om eventuele clusters te vinden. Als er duidelijke clusters gevonden worden, kan er verder onderzoek naar die locaties gedaan worden. Wellicht ligt een cluster in een bepaald bodemtype dat kan verklaren waarom het cluster daar ligt.

Om de boorlocaties weer te geven is er besloten dit in een vector formaat te doen. Aangezien 2D voldoende is voor de doeleinde van dit onderzoek is er gekozen om dit in vectorpuntformaat te zetten. Ook omdat we slechts één coördinaten-set hebben per boring.⁵³

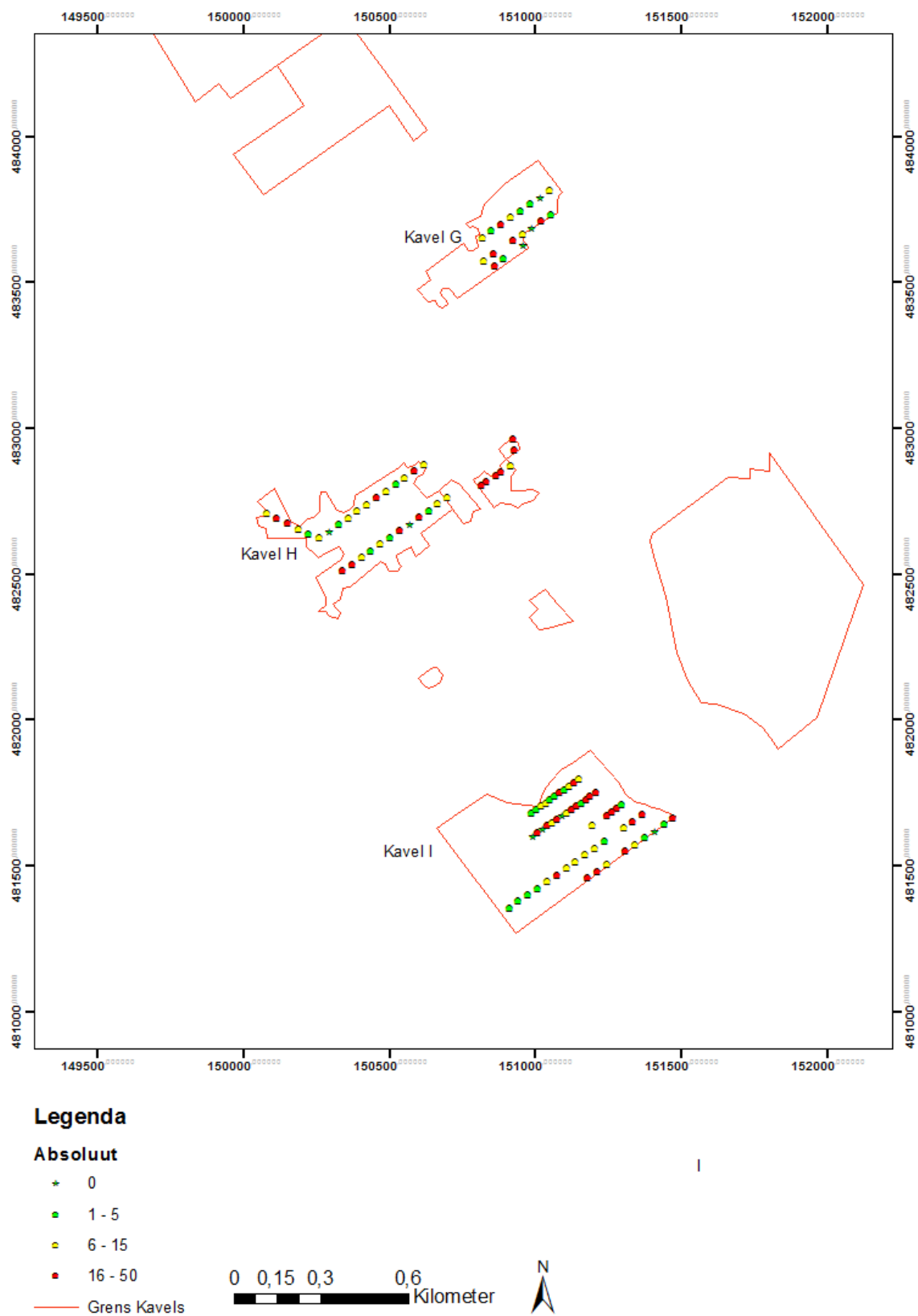
De classificering is als volgt gedaan. Alle waardes tussen de 0 en 5 centimeter kregen een groene kleur. Waardes tussen de 6 en 15 centimeter hadden een gele kleur. Alle waardes tussen de 16 en 50 centimeter kregen een rode kleur. Voor de totale afwijkingen is deze kleurcombinatie ook toegepast. Hierbij zijn geen puntsymbolen, maar driehoeksymbolen gebruikt. Een normale driehoek is voor positieve getallen. Een omgekeerde driehoek is gebruikt voor negatieve getallen.

Dit is gedaan omdat een afwijking van 5 centimeter volgens het PvE van Almere acceptabel is. Alles tussen de 6 en 15 kan veroorzaakt zijn door een meetfout. Dit ligt boven de acceptabele norm maar binnen de gemiddelde afwijking. Fouten groter dan 15 centimeter kunnen niet alleen door een meetfout verklaard worden. Deze afwijkingen kunnen onder andere ontstaan door de verschillen in boorsystemen. Alle afwijkingen kunnen verklaard worden door een combinatie van factoren.

Figuur 20 toont de absolute verschillen van de pleistocene ondergrond. Hier zijn een aantal mogelijke clusters te zien. In Kavel I ligt in het zuidoosten een cluster aan waardes met een afwijking van boven de 15 centimeter. In Kavel H is in het oosten ook een dergelijk cluster te zien. In latere afbeeldingen zijn de punten gelabeld om clusters duidelijker in kaart te kunnen brengen. Op de overzichtskaarten zouden de labels de kaart onoverzichtelijk maken.

⁵² Verhoeven 2013, 191-193.

⁵³ Longley *et al.* 2005, 183.



Figuur 20: Overzichtkaart absolute verschillen pleistocene ondergrond.

In bijlage 1 (vierde afbeelding) zijn de totale afwijkingen van de pleistocene ondergrond afgebeeld. Op deze wijze worden clusters zichtbaar, waarbij de diepte bij de controlehandgutsboringen dieper

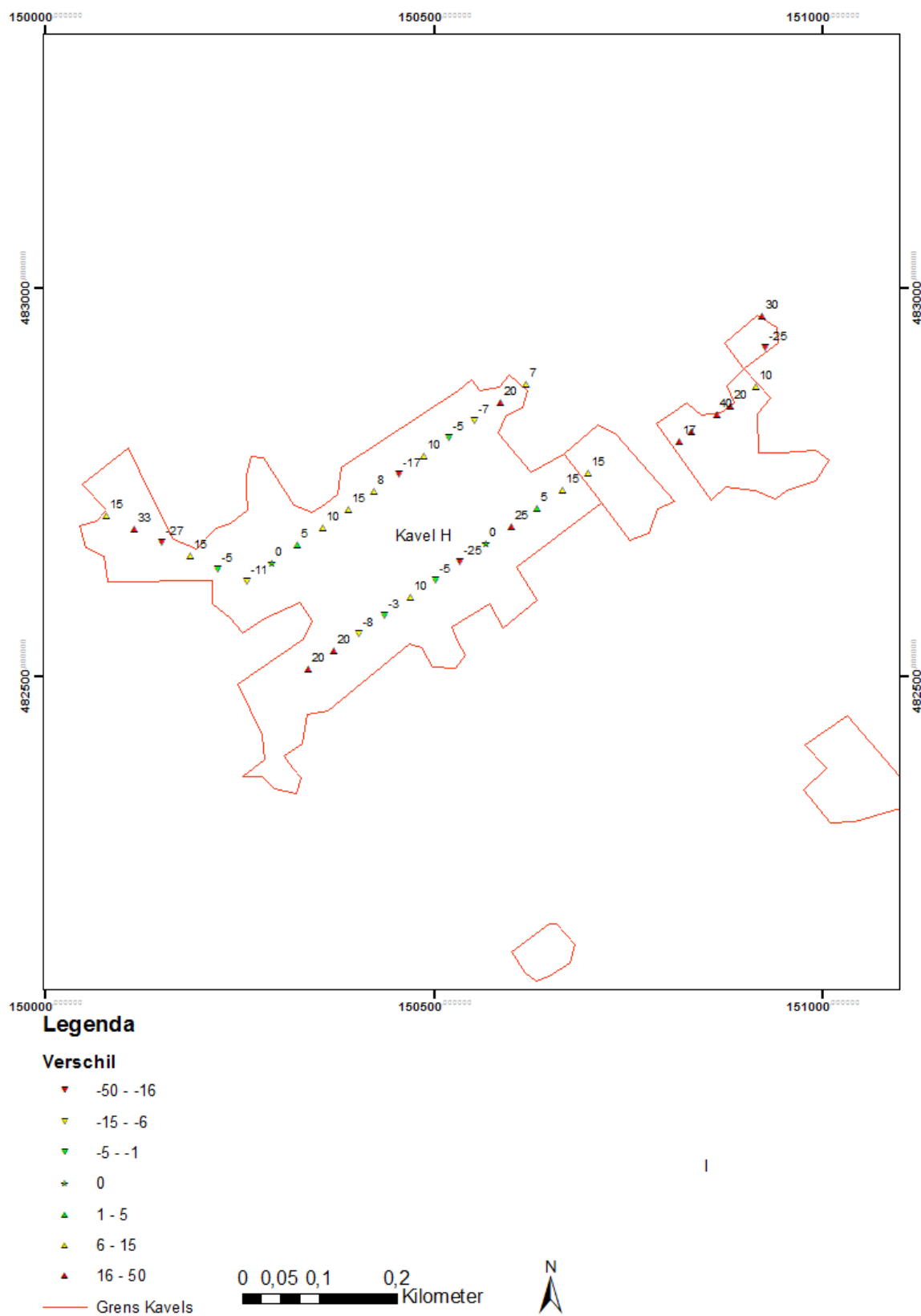
of ondieper is. Een negatief getal betekent hierbij dat de pleistocene ondergrond bij de handgutsboor ondieper is dan de Aqualockboor. Wanneer een getal positief is, is de pleistocene ondergrond bij de handgutsboor dieper dan bij de Aqualockboor. Op deze kaart is geen nieuw mogelijk cluster te zien. De clusters van Figuur 20 lijken overeen te komen.

Voor elk kavel is een aparte kaart gemaakt. Bij deze kaarten zijn alle punten gelabeld, zodat de grensgevallen zouden opvallen. Op deze manier konden clusters met ongeveer gelijke waardes zichtbaar worden. De kleurcombinatie uit Figuur 20 is ook bij deze kaarten aangehouden. De kaart van Kavel H (Figuur 21) staat hier als voorbeeld afgebeeld. De overige kaarten staan in bijlage 1.

In Kavel G, bijlage 1 (eerste afbeelding), is geen duidelijk cluster te zien, mits boorpunt 890 niet meegerekend wordt. Deze afwijkingen liggen tussen de -15 en 15 centimeter. Dit kan betekenen dat hier meetfouten gemaakt zijn. Dit wijst er wellicht op dat hier een cluster ligt met juiste gegevens. Het gaat hier om de boornummers 881, 888, 889 en 891 en 909-913.

Bij Kavel H, bijlage 1 (tweede afbeelding), is een cluster van lage waardes te zien. Dit cluster ligt in het midden van de kavel. Het gaat om de boornummers 811 tot en met 820, 823 en 832. In het noordoosten is een klein cluster zichtbaar met grote waardes. Deze waardes geven aan dat de guts dieper is dan de Aqualock. Het gaat om de boornummers 755, 756 861, en 864.

In Kavel I, bijlage 1 (derde afbeelding), is in het zuiden te zien dat boringen 280-292 qua afwijking redelijk bij elkaar liggen. Deze boringen liggen in een lijn vanuit het zuidwest naar noordoost. De boringen liggen tussen de -7 en 5 centimeter. De enige uitzondering op deze trend lijkt boring 285 te zijn, met een afwijking van 45 centimeter. Mogelijk is hier sprake van een mislukte boring vanwege de grote afwijking. Het kan ook zijn dat hier net met de Aqualockboor in een geul is geboord en niet met de handgutsboor. Ook is er in het oosten van Kavel I een cluster van grote afwijkingen te zien. Daar liggen waardes die aangeven dat de pleistocene ondergrond bij de handgutsboor ondieper is dan bij de Aqualockboor.



Figuur 21 Voorbeeld Kavel H.

4 DISCUSSIE

In dit hoofdstuk worden de deelvragen behandeld die niet definitief beantwoord konden worden. De volgorde van deze vragen staat beschreven in hoofdstuk 1. Daarnaast worden onderdelen behandeld waar tijdens dit afstudeeronderzoek tegenaan is gelopen. Als laatste worden de discussiepunten op macro-, meso- en microniveau beschreven.

4.1 VERKLARING VOOR DE VERSCHILLEN

Er zijn meerdere factoren die de verschillen tussen de boorstaten kunnen verklaren. Allereerst is er een groot verschil tussen de techniek van de boorsystemen. Bij de Aqualock kan samendrukking ontstaan in de boorbuis. Hierdoor worden lagen dunner gemeten dan ze daadwerkelijk zijn. Dit kan vooral gebeuren bij half- en ongerijpte kleibodems. Verder zet het sediment uit wanneer het uit de Aqualock geperst wordt.⁵⁴ In hoeverre deze processen elkaar opheffen is nog niet duidelijk.

De boormeester speelt ook een belangrijke rol. Als deze nauwkeurig te werk gaat, zal een boormonster van hogere kwaliteit zijn dan wanneer iemand onnauwkeurig werkt. Soms laat de boormeester het sediment te vroeg of te laat trekken. Hierdoor kunnen vertekeningen in het sediment ontstaan. Doordat tijdens het veldonderzoek verschillende boormeesters en boorbedrijven zijn ingezet, is de kans aanwezig dat dit is gebeurd in het onderzoek. Hoewel dit niet direct terug te zien is in de data, kan dit gevolgen hebben voor de consistentie van de dataset, zeker gezien de verschillen in bediening van de Aqualock bij de verschillende bedrijven. Het bedrijf dat het meest is gebruikt, stuurde altijd twee mensen om de boor te bedienen, een boormeester en een boorhulp. Het andere bedrijf stuurde slechts één persoon. Als maar één persoon de boor bedient, moet deze ook het sediment opvangen en verplaatsen, of de beschrijver krijgt één van deze taken erbij. Dit zorgt voor een verhoogde werkdruk bij de functionarissen, waardoor een vergissing sneller gemaakt wordt.

Voor het gebruik van de handgutsboor is de ervaring van de medewerker van groot belang. Het lijkt erop dat dit in dit onderzoek niet van toepassing is, aangezien de veldmedewerker ervaring had met grondboringen in Flevoland. Alle controleboringen zijn alleen door deze persoon uitgevoerd. Een ander risico is dat veen kan bezwijken onder de uitgeoefende druk van de handguts. Harder sediment kan zachter sediment wegdrukken, waardoor er minder van het zachte sediment wordt opgeboord.⁵⁵ Dit fenomeen is waarschijnlijk te zien in boringen 255, 283, 285, 291, 293, 322, 817, 837, 1239, 1274, 1277 en 1280. Of dit daadwerkelijk om bezwijken veen gaat is onduidelijk, omdat op dit punt de rijpingsgegevens nog niet bekend zijn. Bij de boringen 255, 285, 291, 817 en 837 ligt de pleistocene ondergrond waarschijnlijk hoger door dit fenomeen.

⁵⁴ Nales/Smith 2012, 25.

⁵⁵ Van Zijverden/de Moor 2014, 232.

Over het algemeen is de medewerker een belangrijke factor. Wanneer de lithologische beschrijving door een onervaren medewerker wordt gedaan, wordt dit vaker fout geïnterpreteerd. Hierbij is een discussiepunt wanneer iemand ervaren is. Daarnaast betekent het niet dat als iemand ervaren is dat diegene ook altijd correct interpreteert.

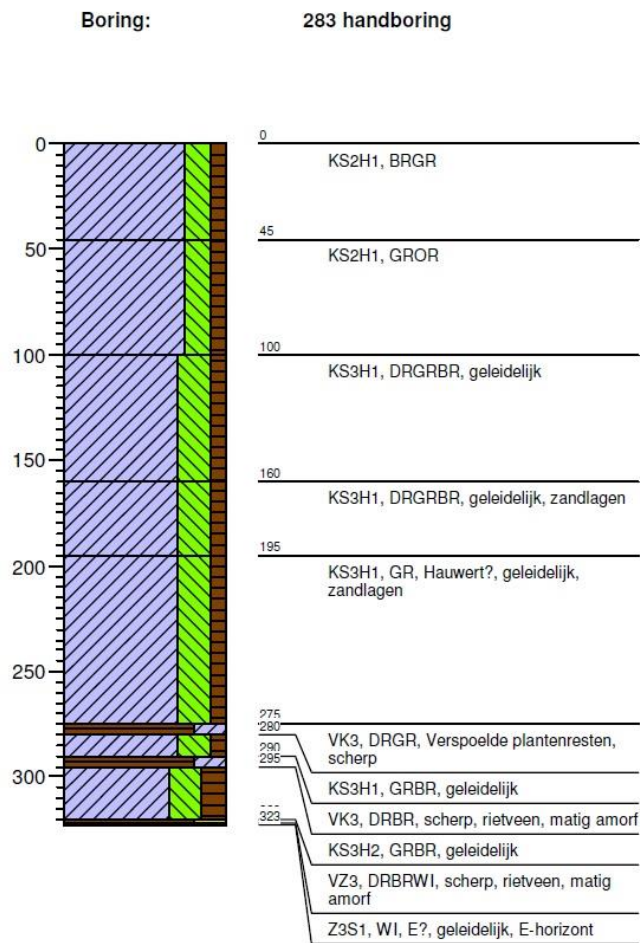
Het interpretatieverschil kan ook veroorzaakt zijn door de tijdsperiode waarin dit veldonderzoek is uitgevoerd. Het veldonderzoek dat is uitgevoerd met de Aqualockboor heeft ruim een half jaar geduurd. Na afronding van dit onderzoek heeft het ongeveer een maand geduurd voor de handgutsboringen werden uitgevoerd. Er moet eerst kritisch gekeken worden naar de locaties van de handgutsboringen en alle partijen moet het eens zijn over de gekozen boorlocaties. Hierdoor zijn sommige handgutsboringen een half jaar later uitgevoerd dan de gepaarde Aqualockboring. Als gevolg hiervan wist veldmedewerker niet of de

veldmedewerker bij de Aqualockboring een laag als venige klei of kleilig veen had beschreven. Aan de ene kant is het goed dat de veldmedewerker niet beïnvloed is door de boorbeschrijving van de eerdere boring. Aan de andere kant gaat het om controle van de diepteregistratie op hoofdklasseniveau. Het is bekend dat de klassegrens tussen venig klei en kleilig veen in het veld lastig kan worden vastgesteld. Omdat het doel van deze boringen de controle van de diepteregistratie van laaggrenzen op hoofdklasseniveau is, is het zinvol om gebruik te maken van eerdere beschrijvingen voor deze specifieke laagovergang.

Er bestaat een kans dat een controleboring in verstoorde grond of in een geul is geplaatst. De Aqualockboring is in onverstoord grond geplaatst. Boring 886 laat een dergelijke verstoring goed zien. In deze gevallen kan er geen uitspraak worden gedaan over de textuurlagen op deze diepte.

Daarnaast kan ook de diameter van de boor een rol spelen in de interpretatie. De handgutsboor heeft een diameter van 3 centimeter, die van de Aqualockboor is 7 centimeter. Bij de handgutsboor is hierdoor bijvoorbeeld de herkenning van bioturbatie lastiger, terwijl dit in een bredere Aqualockboring eenvoudiger te herkennen is. De verschillende diameters kunnen invloed hebben op de interpretatie.

De rijping speelt een belangrijke rol in de textuurverschillen. In dit onderzoek zijn alleen ongerijpte, dus slappe, sedimenten aangetroffen. Zoals eerder vermeld, kan een slappe grond problemen opleveren bij de Aqualock. De samendrukking lijkt een rol te spelen in sommige textuurdikteverschillen. Dit lijkt echter weinig tot geen invloed te hebben op de diepteregistratie van de pleistocene ondergrond.



Figuur 22: Voorbeeld van mogelijk bezwijken veen in handboring 283.

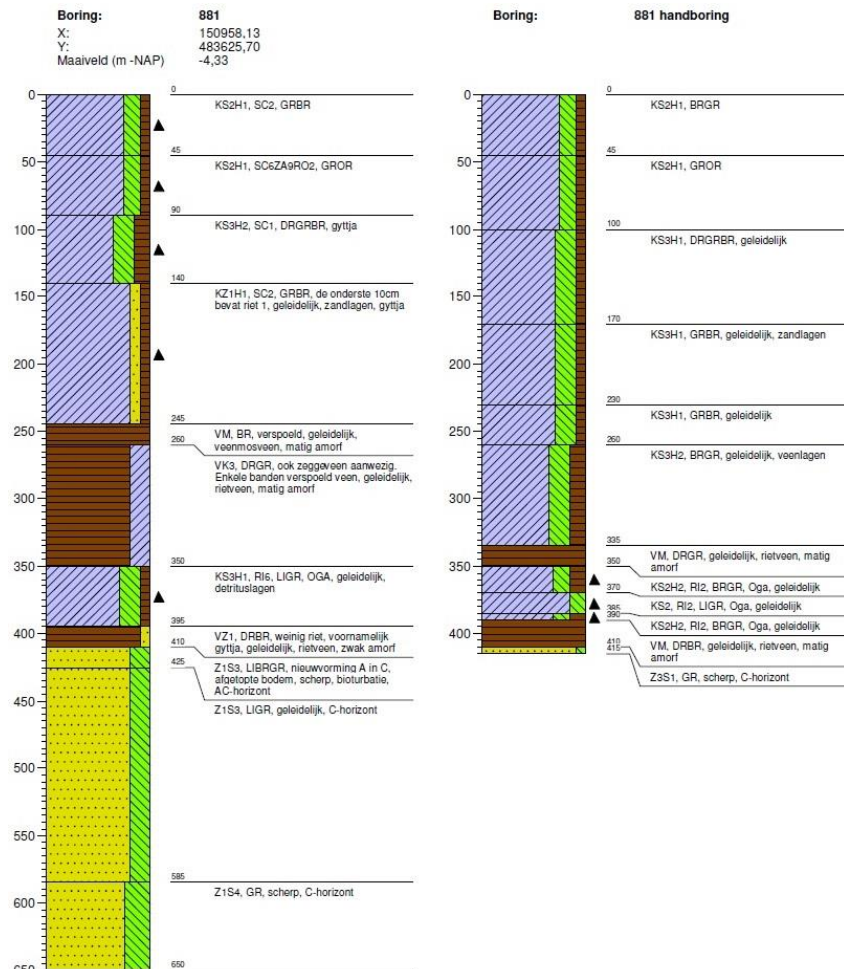
Dit afstudeeronderzoek laat zien dat een ervaren medewerker geen garantie biedt voor een vaste interpretatie. Er is vaak weinig klei en kleig veen aangetroffen. De veldmedewerker heeft aangegeven dat de interpretatie hiervan kan verschillen. Ook is er klei genoteerd met veenlagen en veen met kleilagen. Dit fenomeen komt voor waar een groot verschil bestaat tussen klei of veen. Een voorbeeld hiervan is te zien in boringen 791, 881 en 891. Deze notering kan een leiden tot een andere interpretatie van de controleboring. Wat verder aan dit fenomeen opvalt, is dat deze veen- of kleilagen vooral gevonden worden met de handgutsen.

Wellicht komt dit door de samendrukking van de Aqualockboor. De samendrukking zorgt er misschien voor dat de veenlagen samenmengten met de klei. Hierdoor is het lastiger om het onderscheid tussen veen en klei te maken met de Aqualockboor. Ook een ervaren medewerker zal hierbij niet altijd hetzelfde noteren.

Tijdens het veldonderzoek zijn de meetgegevens afgerond tot op 5 centimeter. Bij twijfel is afgerond naar '0' of '5'. Bij de controleboring kan zo'n afronding opnieuw voorkomen, waardoor de kans op een afwijking van 5 centimeter vergroot wordt.

Daarnaast is er gewerkt met een plastic meetlint (op een glooiende ondergrond), dat niet stevig was bevestigd. Dit kan tot een aantal centimeter afwijking leiden. In combinatie met de afrondingsfouten kunnen hierdoor afwijkingen ontstaan van 10-15 centimeter, overeenkomstig met de gemiddelde absolute afwijking van dit afstudeeronderzoek. Dit geldt voor het pleistocene ondergrond en de top van het veen. In het onderzoek bij de Stichtsekan is dezelfde afwijking van 15 centimeter gevonden. Er is niet met zekerheid te zeggen of de meetmethode verantwoordelijk is voor de gemeten afwijkingen. Dit moet verder onderzocht worden.

Tijdens het veldonderzoek is laagsgewijs beschreven. Dit houdt in dat de meetwaardes genomen zijn aan het begin en aan het eind van de sediment-laag. In theorie zou dit niet veel verschil moeten leveren in diepteregistratie, alhoewel het sediment rond Almere lastig te beschrijven is. Een andere methode die hier wellicht geschikter voor zou zijn, is de beschrijving van sedimenten op discrete afstanden. Vooral bij complexe sedimenten kan dit maatvaster zijn dan de toegepaste methode.



Figuur 23: Voorbeeld van gevonden veenlagen in klei bij de handgutsboor.

4.2 DE ARCHEOLOGISCHE IMPACT

De gemeten verschillen van dit afstudeeronderzoek kunnen van belang zijn voor het vervolg van het archeologisch onderzoek. De verschillen kunnen grote implicaties hebben voor de datering van de grondlagen. Aangezien datering in Almere op basis van Makaske *et al.* (2001) gedaan wordt.

Daarnaast is er op basis van de gegevens in het verkennend booronderzoek een uitspraak gedaan over het archeologisch vervolgonderzoek.

In Almere wordt er onder andere gedateerd aan de hand van de diepteligging. Bij de pleistocene ondergrond is een gemiddelde absolute afwijking van 15 centimeter gevonden. Bij de top van het veen was dit ongeveer 12 centimeter. Volgens de verdrinkingscurve van Makaske *et al.* (2001) kan een verschil van 15 centimeter de datering met 100-300 jaar beïnvloeden. Vooral het verschil in dekzand is van belang. Op basis van deze gegevens wordt een landschapsmodel gecreëerd. Vanuit dit landschapsmodel worden zones aangewezen voor de karterende fase.⁵⁶

Het probleem met het gebruik van de verdrinkingscurve, is dat deze eigenlijk niet geschikt is voor datering. Dit komt doordat de verdrinkingscurve uitgaat van scherpe grenzen. Uit onderzoek blijkt dat het basisveen en het dekzand in elkaar overlopen en geen scherpe grens vormen. In het dekzand zijn sporen van verspoeling gevonden, in het basisveen komen zandkorrels voor. Dit toont aan dat onder een schijnbaar intacte laag basisveen niet altijd een intacte dekzandbodem schuilgaat. Deze lagen zijn in werkelijkheid niet in tact.⁵⁷

Een correcte diepteligging van de lagen is ook van belang voor de ontwatering van de onderzoekslocatie. In het geval van een opgraving in Almere, moet er flink ontwaterd worden. Er wordt in dat geval een waterbemaling aangelegd zodat er geen grondwater naar boven komt. Als de verwachte diepte 15 centimeter afwijkt, kan er per vierkante meter veel water omhoog komen. Tijdens een onderzoek bij Hattemberbroek is de bronbemaling op deze wijze misgegaan. Hierdoor kon het onderzoek niet volledig worden uitgevoerd.⁵⁸

Een incorrecte diepteligging kan ook voor een verkeerde inschatting zorgen bij de karterende fase. Deze wordt in Almere vaak uitgevoerd met een Avegaarboor. Een Avegaar is niet geschikt voor lithologische diepteregistraties. De benodigde diepte is afhankelijk van de gegevens van het verkennend booronderzoek. In de praktijk wordt er naast de Avegaar een guts ingezet om zeker te zijn van de te bemonsteren diepte.⁵⁹ In het karterend onderzoek wordt alleen onderzoek gedaan naar archeologische indicatoren. Deze kunnen op de verkeerde diepte opgenomen worden door de boormethode en een incorrecte diepteligging.

4.3 VERKLARINGEN VANUIT ANDERE ONDERZOEKEN

Hieronder worden de mogelijke verklaringen voor de verschillen door andere onderzoeken beschreven. Als eerst wordt 'Afgedekt Verleden' behandeld, gevolgd door het rapport 'Archeoloog of Machine', hierna wordt 'Almere, H5 Kathedralenpad' en als laatste wordt 'De kwaliteit van de waarneming' behandeld.

In 'Afgedekt Verleden' is gesteld dat handgutsboringen zeer nauwkeurig zijn. Hierbij staat vermeld dat dit alleen het geval is bij ondiepe boringen. Als er dieper dan drie meter geboord moet worden,

⁵⁶ Nales/Smith 2012, 33-34.

⁵⁷ Makaske *et al.* 2001, 23.

⁵⁸ Hamburg 2010, 21-24.

⁵⁹ Nales 2015, 9.

neemt deze nauwkeurigheid af.⁶⁰ Veel boringen van dit onderzoek reiken met de handgutsboor dieper dan drie meter.

Met betrekking tot de problemen met de Aqualockboor, wordt gesteld dat zeer stugge klei problemen kan veroorzaken. Veel sediment wordt niet opgeboord. Een oplossing hiervoor is voorboren met een Edelmanboor.⁶¹

De Aqualockboor heeft ook problemen bij zandgronden. Zo komt het vaak voor dat met water verzadigd zand uit de boor valt. Bij het steken van twee meter ontbrak er vaak 20-40 centimeter sediment. Het is niet duidelijk of dit door compactie komt, of door materiaalverlies aan de onderkant.⁶²

In het rapport 'Archeoloog of Machine' van Nales en Smith staat dat direct mechanisch boren vanuit het maaiveld tot grote afwijkingen heeft geleid, of zelfs de boring liet mislukken. Dit kwam door ingedroogde klei (Zuiderzee- en IJsselmeerafzettingen) die de boorbuis blokkeerde.⁶³ Dit komt overeen met wat er in 'Afgedekt Verleden' staat beschreven.

Voor de handgutsboringen is de ervaring van de medewerker van groot belang. Handgutsboringen kunnen nauwkeuriger zijn dan Aqualockboringen. Dit is alleen het geval wanneer de medewerker veel ervaring heeft met het zetten van handgutsboringen in Zuid-Flevoland. Een handgutsboring gezet door een onervaren medewerker, geeft minder betrouwbare resultaten dan de Aqualockboor.⁶⁴

Het is meerdere malen voorgekomen dat het sediment langer was dan de boorbuis van de Aqualockboor. Mogelijk komt dit door de verandering van de hokedruk omgeving van de boorbuis naar een lagedruk omgeving. Hierdoor zette het sediment uit. Dit komt niet voor met handgutsboringen, omdat hierbij de beschrijving niet gedaan wordt aan de hand van de lengte van de sedimentkern, maar aan de hand van de lengte van de boorstang.⁶⁵

In het onderzoek is gekeken of de diepte van het dekzand invloed heeft op de verschillen. Hierbij is getest of de verschillen toenemen als het dekzand dieper is. De gemeten correlatie is zeer zwak ($r = 0,222$ en $p = 0,126$), de diepte van het dekzand lijkt daardoor geen invloed te hebben op de verschillen in de resultaten.⁶⁶

In 'Almere, H5 Kathedralenpad' werd de propvorming als hoofdoorzaak aangewezen. De uiterst siltige slappe klei kan problemen opleveren bij het gebruik van een Aqualockboor. In het veldonderzoek bij het Kathedraalpad heeft deze slappe klei, in combinatie met een verdroogde bovengrond, geleid tot een vergrote kans op propvorming in de Aqualockboor. Hierdoor ontstond er verdrinking in de boor, waardoor de dieptewaarden van de klei sterk afweken. Uit de resultaten van de handgutsboringen in deze boring bleek dat De Oude Getijde-Afzettingen 40 tot 190 centimeter afweek van de Aqualockboring. De klei werd dieper beschreven dan bij de eerdere Aqualockboring.⁶⁷

Volgens 'De kwaliteit van de waarneming' levert de handgutsboor geen maatvast boorkern op. Dit is alleen het geval wanneer de gehele boorbuis precies gevuld is. Als de boorbuis niet volledig is

⁶⁰ Hamburg *et al.* 2014, 151.

⁶¹ Hamburg *et al.* 2014, 176.

⁶² Hamburg *et al.* 2014, 155.

⁶³ Nales/Smith 2012, 18.

⁶⁴ Nales/Smith 2012, 24.

⁶⁵ Nales/Smith 2012, 25.

⁶⁶ Nales/Smith 2012, 26.

⁶⁷ Nales 2016, 14.

gevuld of te ver doorgeduwd wordt, kan de maatvastheid niet meer gegarandeerd worden.⁶⁸ Dit lijkt ook weer met de ervaring van de medewerker te maken te hebben. Daarnaast wordt in het rapport beweerd dat een grotere diameter van de boorkern zorgt voor een betere lithologische beschrijving, omdat het met een kleinere diameter lastiger is om bijvoorbeeld bioturbatie te herkennen. Bij een grotere diameter zullen dit soort fenomenen meer opvallen, waardoor er minder discussie ontstaat over de grondlagen.⁶⁹

4.4 ONDERZOEK

In deze paragraaf worden de keuzes die in dit onderzoek zijn gemaakt, beschreven.

In dit afstudeeronderzoek is ervan uitgegaan dat de resultaten van de handgutsboor het meest maatvast zijn. Zoals besproken in paragraaf 4.1, is dit niet altijd het geval. Toch is er, waar nodig, gerekend vanuit de resultaten van de handgutsboor. Hierbij blijft de ervaring van de medewerker een belangrijk discussiepunt. Wanneer er naar de data gekeken wordt, lijkt het dat de medewerker redelijk maatvast gegevens levert met de handgutsboor. Bij twijfel over de kwaliteit van de medewerker moet er misschien voor de Aqualockboor gekozen worden voor maatvast resultaten.

Ook de Aqualockboor kan niet zomaar vertrouwd worden op maatvast resultaten. De ervaring van de boormeester is van belang voor de maatvastheid. In het veldonderzoek zijn verschillende boormeesters ingezet. Mede om deze reden wordt de uitkomst van de Aqualockboor in dit afstudeeronderzoek niet als maatvast gezien. De resultaten met de handgutsboor worden wel als maatvast gezien, omdat hier één ervaren persoon voor is ingezet.

Voor dit afstudeeronderzoek is er (om licentie-technische redenen) niet gewerkt met het veel toegepaste statistiekprogramma SPSS. Het statistisch onderzoek is uitgevoerd met Microsoft Excel. Werken met Excel kan een vergroot risico geven op invoerfouten. Anderzijds is een invoerfout ook mogelijk in SPSS. Excel heeft het voordeel dat fouten hersteld kunnen worden. Later in het onderzoekstraject was er wel een licentie en zijn de T-toetsen ter controle met SPSS uitgevoerd.

In het PvE van Almere staat dat er een maximale afwijking van 5 centimeter is toegestaan bij de diepteregistratie. Dit is begrijpelijk aangezien er in Almere gewerkt wordt met de verdrinkingscurve van Makaske. Hierin is een afwijking van 5 centimeter nog te overzien. Een afwijking groter dan 5 centimeter kan leiden tot een dateringsfout van 100-300 jaar. Wat opvalt bij het veldonderzoek is dat de diepte niet nauwkeurig genoeg wordt gedocumenteerd. Vaak wordt er afgerond op 0 of 5 centimeter. Dit resulteert in veel afwijkingen van 5 centimeter.

In dit afstudeeronderzoek is de analyse vanaf het maaiveld uitgevoerd. Het is ook mogelijk om de analyse vanaf de pleistocene ondergrond uit te voeren. Er is vanaf het maaiveld steeds een meter naar beneden gewerkt. Wanneer de boring niet diep genoeg reikte, is hierdoor de onderkant soms weggelaten uit de analyses, terwijl sommige boringen juist in het onderste traject de grootste verschillen vertonen. Later in het onderzoek is een methode bedacht om vanuit de onderkant steeds een meter naar boven te werken. In overleg is gekozen om deze methode niet toe te passen in dit afstudeeronderzoek. Een voordeel van de onderzoeksmethode vanuit de basis is dat alle pleistocene grenzen worden meegenomen in de berekeningen. Een nadeel van deze methode is dat het effect van de invloed van het watergehalte onevenwichtig verdeeld is.

⁶⁸ Hissel/van Londen 2004, 49.

⁶⁹ Hissel/van Londen 2004, 50.

4.5 MACRO-, MESO-, MICRONIVEAU

Hieronder worden de discussiepunten van het hoofdstuk ingedeeld op macro-, meso- en micro niveau.

De discussiepunten over de interpretatie, ervaring van de medewerker en de nauwkeurigheid zijn discussiepunten op macroniveau, omdat deze punten voor het gehele archeologische onderzoeksveld van toepassing kunnen zijn. De punten uit paragraaf 4.2 en 4.3 vallen onder het mesoniveau, aangezien deze alleen kunnen voorkomen als er met een Aqualockboor gewerkt wordt of wanneer de texturen van een nieuw onderzoek overeenkomen met die van dit onderzoek. De discussiepunten die onder 4.4 zijn beschreven, zijn discussiepunten op microniveau. Omdat ze alleen relevant zijn voor dit onderzoek.

5 CONCLUSIE

In dit hoofdstuk wordt de hoofdvraag van het afstudeeronderzoek beantwoord. De hoofdvraag luidt: *wat zijn de verschillen in samendrukking per methode in relatie tot de verschillende texturen binnen het onderzoeksgebied?*

Om deze hoofdvraag te beantwoorden, is een aantal deelvragen opgesteld. Hieronder worden de antwoorden op deze deelvragen kort samengevat en wordt vervolgens de hoofdvraag beantwoord.

Voor het afstudeeronderzoek zijn de boorbeschrijvingen van gutsboringen (diameter: 3 centimeter) vergeleken met de boorbeschrijvingen van Aqualockboringen (diameter: 7 centimeter), die op dezelfde plaats zijn uitgevoerd (gepaarde boringen). Voor de analyse is gebruikgemaakt van 115 gepaarde boringen binnen het plangebied Oosterwold in Almere. De boorbeschrijvingen zijn gedaan door één ervaren beschrijver van EARTH Integrated Archaeology. De tijd tussen de beschrijvingen van de verschillende kernen van één gepaarde boring was soms klein (enkele dagen) en soms groot (enkele weken tot maanden). Hierdoor zijn kleiig veen en venig klei waarschijnlijk steeds wisselend geïnterpreteerd.

Het antwoord op de hoofdvraag wordt gegeven op macroniveau. De conclusies over de texturen bevinden zich op mesoniveau. De statistische conclusies gaan over het microniveau.

TEXTUURDIKTES

Er is minder klei aangetroffen in de beschrijving van de Aqualockboringen dan in de beschrijving van de handgutsboringen. Dit kan te maken hebben met de rijping van de klei. Het is bekend dat slappe ongerijpte klei kan opproppen in de steekbuis van de Aqualockboor. Voor het gehele plangebied van dit afstudeeronderzoek is er sprake van ongerijpte grond. De kans op propvorming is dus aanwezig.

Binnen het plangebied Oosterwold is vaak sprake van eenzelfde opeenvolging van texturen. De klei is over het algemeen humusrijk of venig. Deze klei wordt vaak gevolgd door kleiig veen. Het lutumgehalte van deze texturen verschilt slechts in geringe mate van elkaar, waardoor een vergissing snel gemaakt kan worden. Ook komen er in een aantal boringen veenlagen voor in de klei of kleilagen in het veen. Vaak worden deze lagen aangetroffen bij de boorbeschrijvingen van de handgutsboringen. Bij de beschrijvingen van de Aqualockboringen zijn deze lagen niet vermeld. Bij de Aqualockboringen is de textuur van deze lagen als één grote laag beschreven. Het lijkt er dus op dat deze lagen niet meer herkend worden door de samendrukking in de Aqualockboor. Dit is te zien in boringen 791, 881 en 891.

Een andere mogelijkheid waarom deze lagen niet herkend worden, is vanwege de manier waarop het sediment zichtbaar gemaakt wordt. Bij beide boormethodes worden de boorsedimenten gesneden. De handgutsboor kent een harde rand waar weinig ruimte is voor speling van het sediment. De kernbeschrijving van de Aqualockboor bevat geen harde rand en heeft meer ruimte voor speling van het sediment. Deze speling kan voornamelijk ontstaan tijdens het snijden van het sediment. Hierdoor kan het sediment bij de Aqualockboor uitgesmeerd worden over de lengte van het sediment. Wellicht bemoeilijkt dit het om goed venig klei van kleiig veen goed te onderscheiden.

Uit eerder onderzoek blijkt dat gerijpt veen door de uitgeoefende druk van de handguts kan bezwijken. Dit kan ook een verklaring zijn voor waarom minder veen beschreven wordt in de gutsboringen. In sommige gevallen lijkt het erop dat door de bezwijking van het veen de top van het pleistocene oppervlak ondieper is aangegeven. Boornummers 255, 285, 291, 817 en 837 laten mogelijk dit fenomeen zien.

In dit afstudeeronderzoek is er per meter gekeken wat het verschil is tussen de textuurdiktes. Hiervoor zijn de beschreven waarden gebruikt. Met een T-toets zijn significante verschillen waargenomen. Deze resultaten staan in Tabel 12. Alleen de onderste meter blijft binnen de 5% afwijking van de T-toets. De verschillen in de textuurdiktes lijken veroorzaakt te zijn door interpretatiefouten. Deze fouten kunnen op twee manieren worden verklaard: door samendrukking van de Aqualockboor, of door de verkeerde beschrijving van het venig klei en kleig veen.

De variatie in laagdikte van de verschillende texturen is getoetst met de Pearson correlatiecoëfficiënt. De R-waarde bevindt zich tussen de 0,7 en de 0,9. Dit toont aan dat de verschillen in textuurlagendiktes slechts in geringe mate van elkaar afwijken. De verklarende variantie is hierbij ook berekend, deze was tussen de 0,5 en 0,7. De verklarende variantie laat zien hoe goed de correlatie past bij de gegevens. In dit geval gaat het om een sterk verklarende variantie. De resultaten van de correlatietesten zijn weergegeven in Tabel 3.

Om te bepalen of er een verband is tussen de dikte van de verschillende texturen en de gemeten afwijking, is hier ook een correlatietest op uitgevoerd. Hieruit komen dusdanig lage P-waardes dat er geen correlatie is tussen de dikte van de textuurlagen en de grootte van de afwijking. Alleen in de laatste meter wordt een correlatie aangetoond, maar hierbij moet rekening worden gehouden met een kleinere steekproef. Deze resultaten zijn weergegeven in Tabel 5.

Het PvE van Almere stelt een verschil van vijf centimeter als maximale afwijking. Om aan te tonen hoeveel procent hieraan voldoet, zijn de verschillen uitgezet in een normaalverdeling. Hierna is aan de hand van de Z-toets berekend hoeveel procent van de textuurverschillen 5 centimeter of meer afwijkt. Voor alle en klei- en veen laagdiktes ligt dit percentage rond de 10%. Deze waardes zijn te zien in Tabel 11.

DIEPTEREGISTRATIES

De top van de pleistocene ondergrond kent een totale gemiddelde afwijking van 14,92 centimeter tussen de boorbeschrijvingen van kernen gestoken met de twee verschillende boorsystemen. Het kwam bijna even vaak voor dat de top van het pleistocene oppervlak in de Aqualockboorbeschrijvingen dieper gelegen is dan in de gutsboorbeschrijvingen. Het kwam net iets vaker voor (3,74%) dat de pleistocene ondergrond bij de gutsboorbeschrijvingen ondieper was. De Z-toets laat zien dat 9,5% van alle afwijkingen binnen de 5 centimeter valt. De gepaarde T-toets laat zien dat er geen sprake was van een significante afwijking. Bij de afwijking is de T-toets is een overschrijdingswaarde van 5% aangehouden. Bij een overschrijding van deze 5%, was er wel sprake van een significante afwijking.

Tussen de totale afwijkingen en de diepteligging van het pleistocene ondergrond bestaat een zeer zwakke correlatie. De regressiecoëfficiënt is 0,048 en de verklarende variantie 0,0023. Dit betekent dat de gemeten verschillen nagenoeg willekeurig zijn. Ook is er een correlatietest gedaan tussen de diepteregistraties. Deze correlatietest geeft een zeer sterke samenhang aan. De correlatiecoëfficiënt is 0,981 en de verklarende variantie 0,9622. Dit geeft aan dat er voor de top van de pleistocene ondergrond een minimaal verschil is in de verhouding van de diepteregistratie en de verschillende boorsystemen.

Om te zien of alleen de registratie van de top van het pleistocene oppervlak beïnvloed wordt door de verschillende boorsystemen, is er ook naar de top van het veen gekeken. Deze heeft een absolute gemiddelde afwijking van 11,99 centimeter. Bij de registratie van de top van het veen is er wel duidelijk verschil in diepteregistratie tussen de boorsystemen. Het kwam 38 keer voor dat de top van

het veen in de gutsboorbeschrijvingen dieper was geregistreerd dan de Aqualockboorbeschrijvingen. In 23 boringen waren de Aqualockboorbeschrijvingen dieper geregistreerd dan de handgutsboorbeschrijvingen. In slechts 8 boringen was de top van het veen even diep geregistreerd.

Wanneer er naar de Z-toets gekeken wordt, is te zien dat 12,6% zich binnen de afwijking van 5 centimeter bevindt. De gepaarde T-toets laat zien dat de waarde van 5% niet overschreden wordt. Dit komt overeen met bevindingen bij de top van de pleistocene ondergrond. De correlatietest geeft net als bij de top van de pleistocene afzettingen, een zeer zwakke correlatie tussen diepte en afwijking. De correlatiecoëfficiënt is 0,119 en de verklarende variantie is 0,0142. Ook voor de top van het veen is de samenhang van de diepteregistraties gemeten. Net als bij de top van de pleistocene afzettingen, is hier sprake van een zeer sterke samenhang. De correlatiecoëfficiënt is 0,9478 en de verklarende variantie is 0,8981. Dit toont aan dat er nagenoeg geen verschil is in de verhouding van diepteregistratie tussen de verschillende boorsystemen voor de top van het veen.

ANTWOORD OP DE HOOFDVRAAG

Op basis van het uitgevoerde onderzoek is gebleken dat er nagenoeg geen verschil is in samendrukking per methode. De gemeten verschillen in relatie tot de verschillende texturen, kunnen verklaard worden door waarnemings- en beschrijvingsverschillen en de ervaring van de veldonderzoekers.

6 AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk worden aanbevelingen beschreven naar aanleiding van de conclusie. Dit zijn aanbevelingen voor veldonderzoek en aanbevelingen naar aanleiding van het afstudeeronderzoek. Eerst worden de aanbevelingen voor het veldwerk behandeld, hierna de aanbevelingen voor het afstudeeronderzoek.

6.1 AANBEVELINGEN VELDONDERZOEK

Voor het veldonderzoek wordt aangeraden om in het vervolg een kleiner plangebied te gebruiken, vooral om de verschillen tussen boorsystemen te onderzoeken.

Tijdens het veldonderzoek zijn er verschillende boormeesters ingezet voor de bediening van de Aqualockboren. Ook is met meerdere boorbedrijven gewerkt. Dit kan gevolgen hebben voor de consistentie van de dataset. Daarom wordt aangeraden met één boorbedrijf en een vast boorteam te werken.

In het PvE van dit veldonderzoek staat dat een afwijking van 5 centimeter is toegestaan voor de diepteregistratie. Tijdens het veldonderzoek is gebruikgemaakt van een plastic meetlint. Dit lint werd niet secuur vastgezet en niet nauwkeurig neergelegd. Daarnaast kan een plastic meetlint uitrekken. Gezien de boorlengte kan deze werkwijze van grote invloed zijn op de diepteregistratie, waarbij een afwijking van 5 centimeter eenvoudig wordt overschreden. Aanbevolen oplossingen voor dit probleem zijn: het gebruik van metalen meetlijnen, een houten meetlat of de meetlijn (beter) vastzetten zodat de kans op verschuiving nihil is.

6.2 AANBEVELINGEN Afstudeeronderzoek

In deze paragraaf worden aanbevelingen geschreven voor de uitvoering van een soortgelijk afstudeeronderzoek en voor een eventuele voortzetting van dit afstudeeronderzoek.

Een van de belangrijkste aanbevelingen is om ook de rijpingsklassen te betrekken in het onderzoek. Tijdens dit onderzoek is al eerder melding gemaakt van het ontbreken van de rijpingsklasse in de dataset. Deze constatering is uiteindelijk veel te laat onderzocht, waardoor de gegevens pas op het laatste moment beschikbaar kwamen. De slappe sedimenten lijken geen consistente grote afwijkingen te vertonen. Er was onvoldoende tijd om de invloed van de consistentie grondig te vergelijken. Daarom wordt het aangeraden dit alsnog te bestuderen.

In dit onderzoek is ervoor gekozen om alleen de hoofdklassen te bestuderen. Er wordt aangeraden om ook de subklassen te betrekken in het onderzoek. Ervaring is een belangrijke factor in de beschrijving van de subklassen. Een andere mogelijkheid is om de grondlagen een lithostratigrafische interpretatie te geven. Dan kan er gekeken worden hoe groot de verschillen zijn voor bijvoorbeeld de Almere Afzettingen of binnen welke eenheid de grootste afwijking voorkomt. Dit kan dan weer worden vertaald naar bepaalde grondsoorten. In dit afstudeeronderzoek is ervoor gekozen om alleen naar de laagdiktes per grondsoort te kijken. Dit is gedaan omdat de lithostratigrafische interpretatie nog niet had plaatsgevonden en er onvoldoende kennis en ervaring was voor een betrouwbare interpretatie.

In dit onderzoek is ervoor gekozen om te kijken naar de verschillen tussen het veen en de klei per meter. Hierbij is niet gekeken naar de wijze van laagbeschrijving. Er is uitsluitend gekeken naar de gesommeerde textuurdikte. Hierdoor is niet gecontroleerd of een dergelijke afwisseling in

lithologische hoofdklassen van invloed is op de samendrukking. Een voorbeeld hiervan is boring 887. Voor een vervolgonderzoek is het aan te raden, indien mogelijk, om per laag te vergelijken.

De kans op een afwijking groter dan 5 centimeter is groot, onder andere door het gebruik van een plastic meetlint dat niet secuur vastgezet is op een onregelmatig oppervlak (geploegde akkers). Daarnaast zijn de meetwaardes afgerond op hele getallen. De geschatte afwijking die hierdoor kan ontstaan ligt tussen de 10 en 15 centimeter. Dit komt overeen met de geconstateerde afwijking van de diepteregistraties van dit onderzoek en van het onderzoek in de Stichtsekant. Er wordt aanbevolen om nogmaals een soortgelijk onderzoek te doen, maar dan met verschillende meettechnieken. Een gedeelte wordt uitgevoerd zoals dit veldonderzoek. Een ander gedeelte wordt met een vastgezet aangespannen plastic meetlint, metalen meetlint of houten meetlat gedaan. Als bij dit onderzoek alle gemiddeldes rond de 15 centimeter afwijking vertonen, kan een systematische meetfout worden uitgesloten. Als er sprake is van een significant kleinere afwijking in de tweede groep, kan er een aanbeveling worden gedaan ten aanzien van de diepteregistratie.

6.3 MACRO-, MESO-, MICRONIVEAU

Deze aanbevelingen kunnen verdeeld worden op macro-, meso- en microniveau. De aanbeveling over het vastzetten van het meetlint is een aanbeveling op macroniveau. De aanbevelingen om sub-texturen te betrekken en om met een vast team te werken, zijn aanbevelingen op mesoniveau. De overige aanbevelingen vallen onder het microniveau, omdat deze meer van toepassing zijn op dit specifieke onderzoek.

LITERATUURLIJST

- Bakker, de H./J. Schelling, 1966: *Systeem voor bodemclassificatie voor Nederland: De hogere niveaus*, Meppel.
- Boer, de G.H./M.S. Lesparre-de Waal, 2012: *Size doesn't matter: Naar een verbeterde waarderingsmethodiek voor afgedekte steentijdvindplaatsen in de gemeente Almere; Pilot Avegaar 200 mm*, Weesp (RAAP-rapport, ISSN 0925-6229; 2564).
- Biggelaar, van den D.F.A.M., 2017: *New land, old history: past landscapes and hominin activity covering the last 220,000 years in Flevoland, The Netherlands*, Amsterdam (Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies, Volume 17, 2017, ISSN 1571-1750).
- Hamburg, T., 2010: *Archeologische begeleiding Hanzelijn – Oude land*, Leiden (Archol Rapport; 131).
- Hamburg, T./E. Lohof/B. Quadflieg, 2011: *Bronstijd opgespoord: Archeologisch onderzoek van prehistorische vindplaatsen op Bedrijvenpark H₂O – plandeel Oldebroek (Provincie Gelderland)*, Amersfoort/Leiden (Archol Rapport; 142/ADC Rapport 142).
- Hamburg, T./J.J.W. de Moor/W.K. van Zijverden/W. Laan/P. van de Geer/M. Wansleebeek/J.W.H.P. Verhagen/A. Maurer/D. Fritsch/S.N. Elgün/V. Kovalenko/M. Prins/R. Wiggers/H. Boonstra/G. Verweij, 2014: *Afgedekt Verleden, Opsporing, waardering en selectie van prehistorische archeologische vindplaatsen in Flevoland. Programma Kennisontwikkeling Archeologie Hanzelijn (Thema 1B)*, Alblasterdam (Archol rapport 244/EARTH Integrated Archaeology rapporten 49).
- Hissel, M./H. van Londen, 2004: *De kwaliteit van de waarneming: een vergelijking van boormethoden voor archeologisch inventariserend veldonderzoek*, Amsterdam (AAC-publicaties, ISSN 1569-1411; 22).
- Longley, P.A./M.F. Goodchild/ D.J. Maguire/D.W. Rhind, 2005: *Geographical Information Systems and Science*, Barcelona.
- Makaske, B./M.J. Kooistra/R. Haring/D. van Smeerdijk, 2001: *Verdronken dekzandlandschap in Flevoland*, Delft (Aarde en mens Jaargang 5, nummer 1, juni 2001).
- Menke, U./E. van de Laar/G. Lenselink, 1998: *De Geologie en Bodem van Zuidelijk Flevoland*, Lelystad (Flevobericht nr. 415).
- Nales, T., 2015: *Almere, 5H Tureluurweg Frode Bolhuis, Oosterwold, Gemeente Almere (Flevoland) Inventariserend Veldonderzoek (IVO; fase 1, 2 en 3)*, Utrecht (Transect-rapport: 575, ISSN: 2211-7067).
- Nales, T., 2016: *Almere, 5H Kathedralenpad Gemeente Almere (Flevoland) Inventariserend Veldonderzoek (IVO; fase 2)*, Utrecht (Transect-rapport; 1037, ISSN: 2211-7067).
- Nales, T/W. Smith, 2012: *Archeoloog of Machine, een zwaar-gewicht titelgevecht: Beschouwing en vergelijking van de methodiek en nauwkeurigheid van mechanisch onderzoek (IVO-verkennend, fase 1)*, Weesp (RAAP-rapport, ISSN 0925-6229; 2562).
- Shennan, S. 1966: *Quantifying Archaeology*, Edingburgh.
- Tol, A./P. Verhagen/A. Borsboom/M. Verbruggen, 2004: *Prospectief boren : een studie naar de betrouwbaarheid en toepasbaarheid van booronderzoek in de prospectiearcheologie*, Amsterdam (RAAP-rapport, ISSN 0925-6229; 100).

Verhoeven, N., 2013: *Statistiek in stappen*, Den Haag.

Zijverden, van W.K./J. de Moor, 2014: *Het groot profielenboek, fysische geografie voor archeologen*, Leiden.

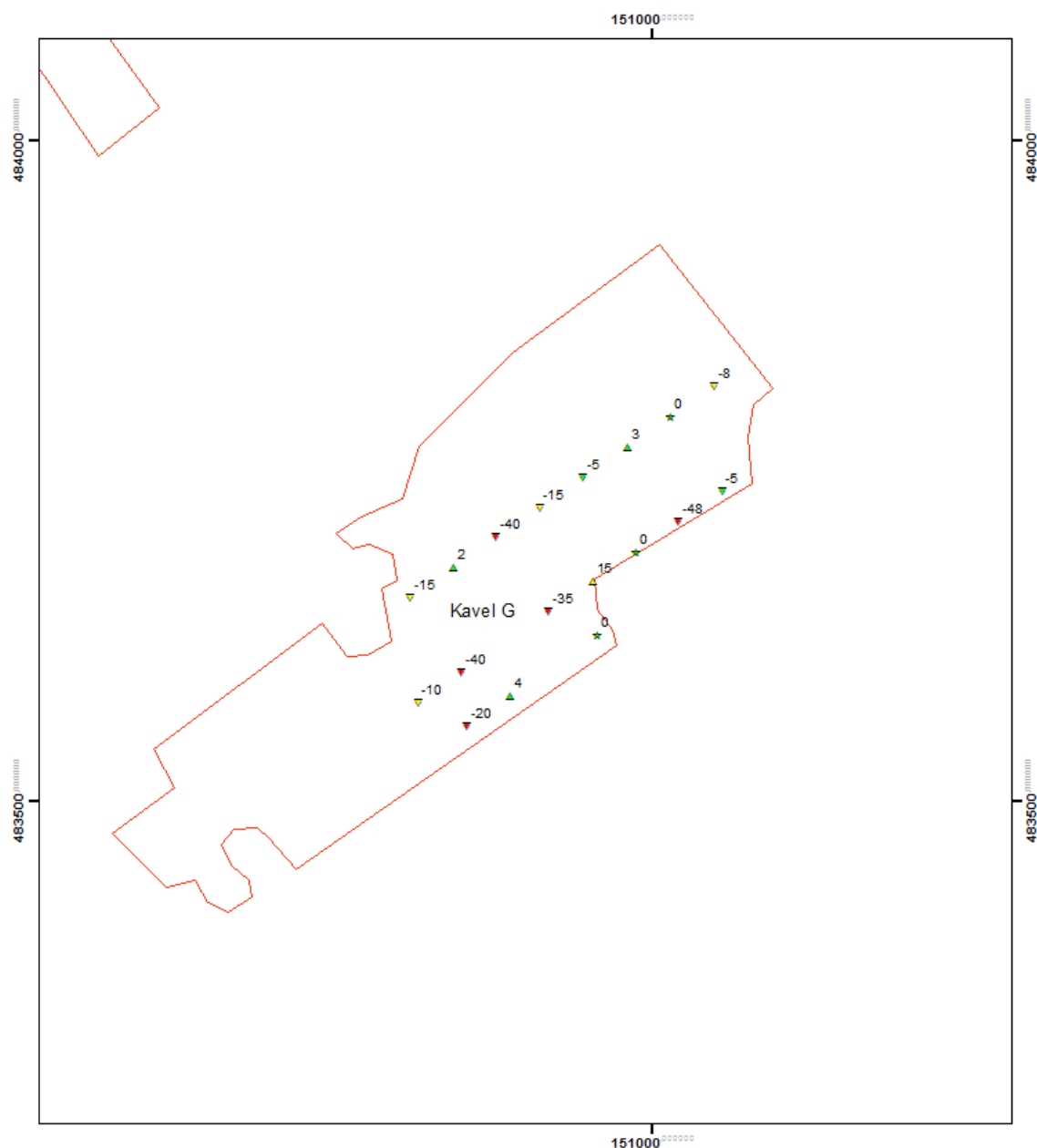
INTERNETBRONNEN

Esri Nederland/Kadaster, 2019: *BRT Top10NL Basisregistratie*:

<https://basisregistraties.arcgisonline.nl/arcgis/services>, bezocht op 6-3-2019.

BIJLAGEN

KAART MATERIAAL



Legenda

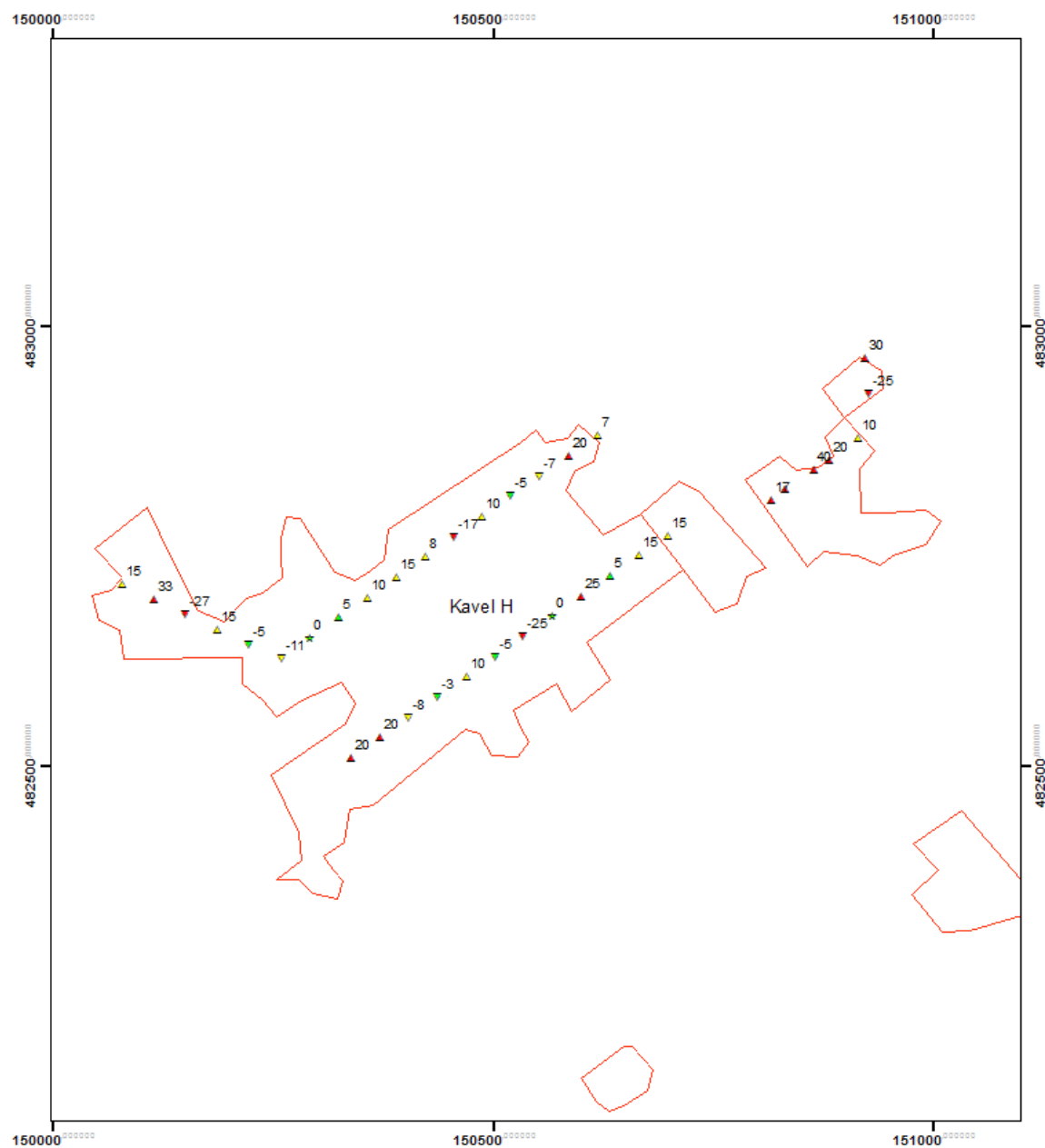
Verschil

- ▼ -50 - -16
- ▼ -15 - -6
- ▼ -5 - -1
- ★ 0
- ▲ 1 - 5
- ▲ 6 - 15
- ▲ 16 - 50
- Grens Kavels

0 0,04250,085 0,17
Kilometer



Afbeelding 1



Legenda

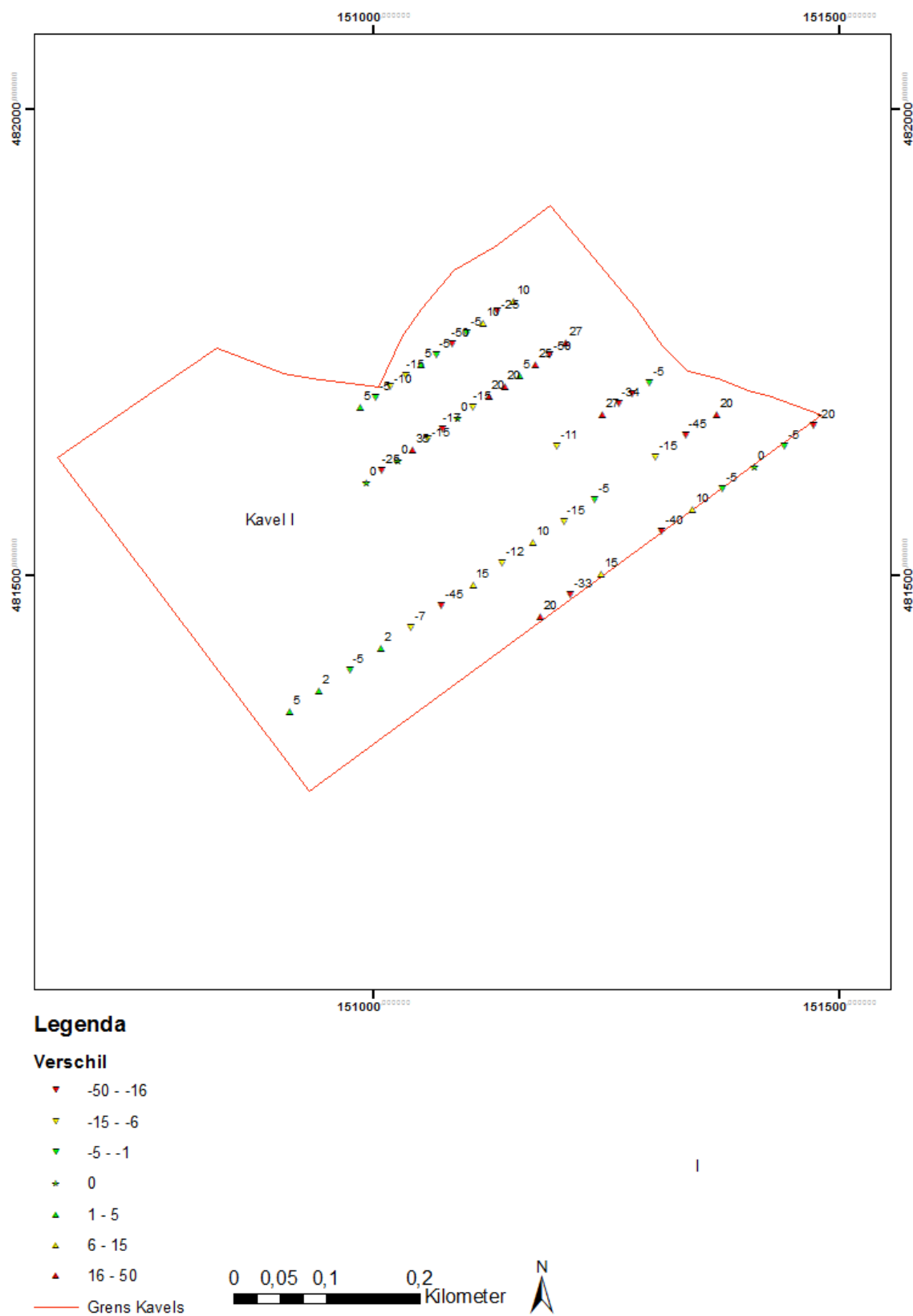
Verschil

- ▼ -50 - -16
- ▼ -15 - -6
- ▼ -5 - -1
- ★ 0
- ▲ 1 - 5
- ▲ 6 - 15
- ▲ 16 - 50
- Grens Kavels

0 0,05 0,1 0,2
Kilometer

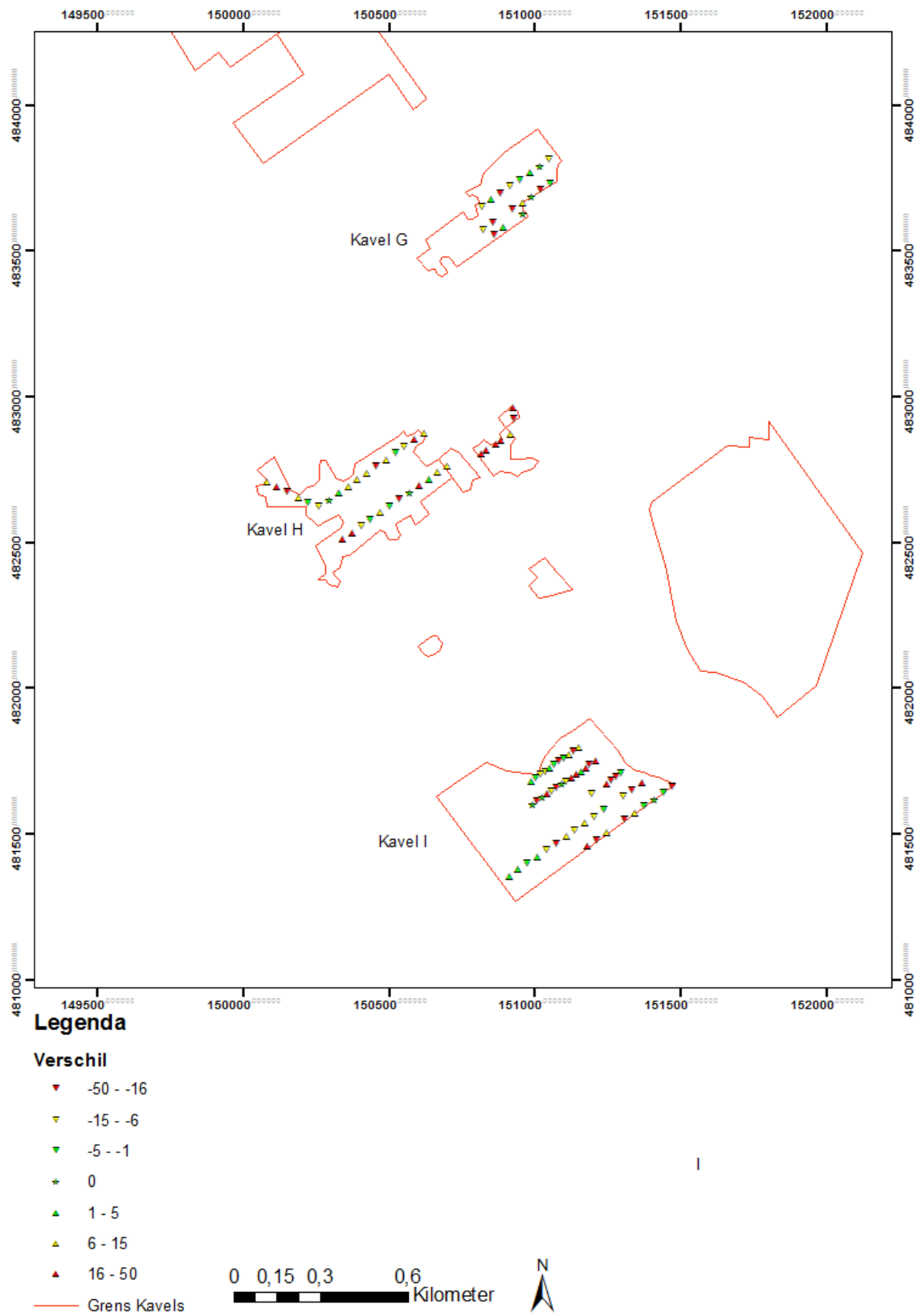


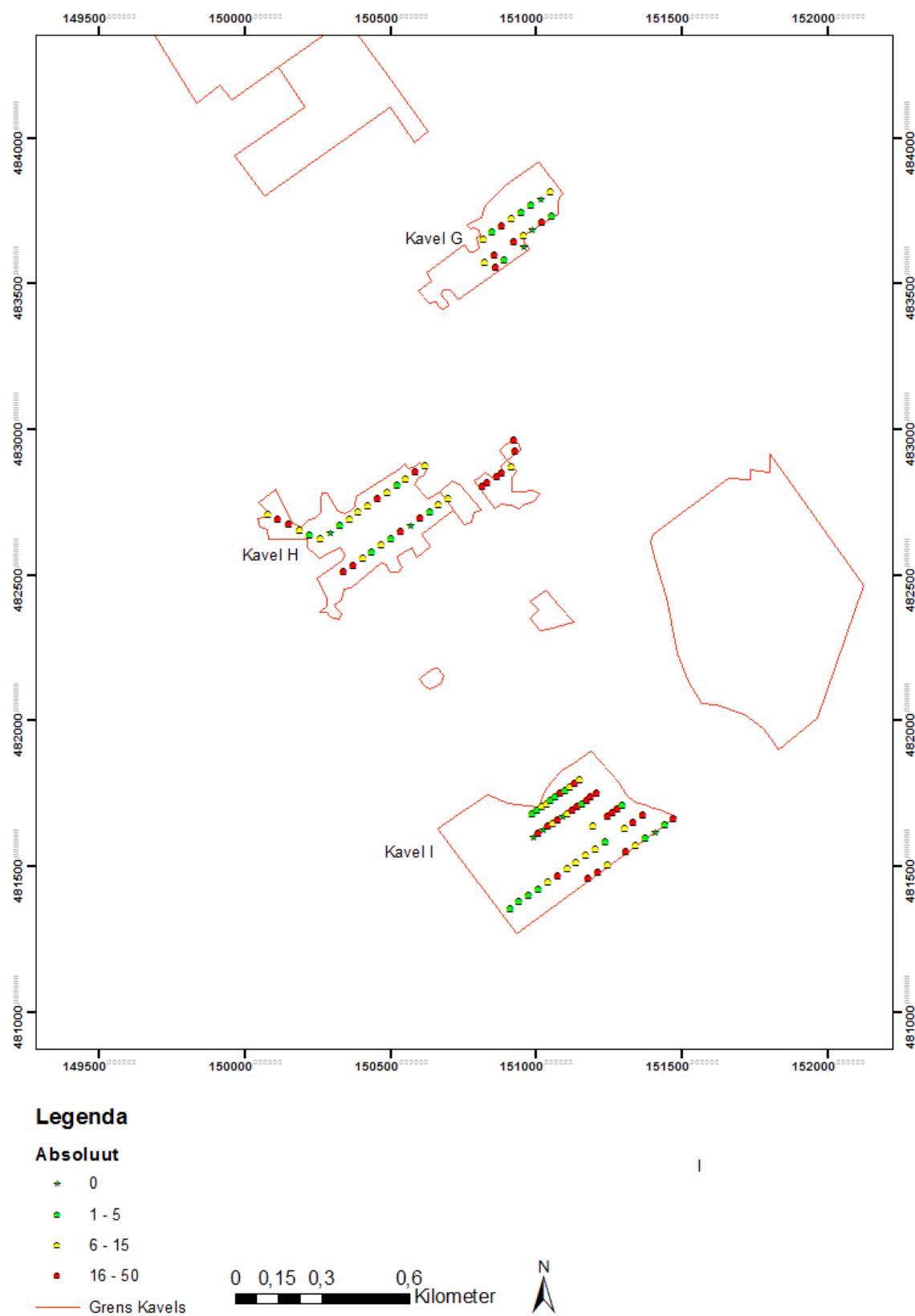
Afbeelding 2



Afbeelding 3

Afbeelding 4





Afbeelding 5

SPSS

Stichtse kant

Summary Data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Oosterwold	107,000	14,920	12,080	1,168
Stichtse Kant	49,000	14,630	13,010	1,859

Independent Samples Test

	Mean Difference	Std. Error Difference	t	df	Sig. (2-tailed)
Equal variances assumed	,290	2,135	,136	154,000	,892
Equal variances not assumed	,290	2,195	,132	87,227	,895

Hartley test for equal variance: $F = 1.160$, Sig. = 0.2606

95.0% Confidence Intervals for Difference

	Lower Limit	Upper Limit
Asymptotic (equal variance)	-3,895	4,475
Asymptotic (unequal variance)	-4,012	4,592
Exact (equal variance)	-3,928	4,508
Exact (unequal variance)	-4,073	4,653

T-Test 2-3 meter klei

Notes

Output Created		09-NOV-2018 14:09:09
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet2
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	94
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST PAIRS=Aqualock WITH Guts (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,00
	Elapsed Time	00:00:00,02

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Aqualock	65,9255	94	30,23856	3,11887
	Guts	74,8723	94	23,47556	2,42132

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Aqualock & Guts	94	,753	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower
Pair 1	Aqualock - Guts	-8,94681	19,90751	2,05330	-13,02426

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		95% Confidence Interval of the Difference Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Aqualock - Guts	-4,86936	-4,357	93	,000

T-Test 2-3 meter veen

Notes

Output Created		09-NOV-2018 14:32:38
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet2
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	94
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST PAIRS=Aqualock WITH Guts (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,00
	Elapsed Time	00:00:00,01

Paired Samples Statistics

Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
------	---	----------------	-----------------

Pair 1	Aqualock	33,3298	94	29,74891	3,06837
	Guts	24,6809	94	24,17775	2,49374

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Aqualock & Guts	94	,760	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower
Pair 1	Aqualock - Guts	8,64894	19,41051	2,00204	4,67328

Paired Samples Test

		Paired Differences 95% Confidence Interval of the Difference Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Aqualock - Guts	12,62459	4,320	93	,000

T-Test 3-4 meter klei

Notes

Output Created		09-NOV-2018 14:35:05
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet2
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	67
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST PAIRS=Aqualock WITH Guts (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,00
	Elapsed Time	00:00:00,01

Paired Samples Statistics

Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
------	---	----------------	-----------------

Pair 1	Aqualock	55,6418	67	35,44125	4,32984
	Guts	62,6567	67	35,42536	4,32790

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Aqualock & Guts	67	,894	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower
Pair 1	Aqualock - Guts	-7,01493	16,30903	1,99247	-10,99301

Paired Samples Test

		Paired Differences 95% Confidence Interval of the Difference Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Aqualock - Guts	-3,03684	-3,521	66	,001

T-Test 3-4 meter veen

Notes

Output Created		09-NOV-2018 14:36:42
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet2
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	67
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST PAIRS=Aqualock WITH Guts (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,00
	Elapsed Time	00:00:00,01

Paired Samples Statistics

Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
------	---	----------------	-----------------

Pair 1	Aqualock	41,2687	67	32,29625	3,94562
	Guts	33,1791	67	32,62409	3,98567

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Aqualock & Guts	67	,859	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower
Pair 1	Aqualock - Guts	8,08955	17,24751	2,10712	3,88255

Paired Samples Test

		Paired Differences 95% Confidence Interval of the Difference Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Aqualock - Guts	12,29655	3,839	66	,000

T-Test 4-5 meter klei

Notes

Output Created		09-NOV-2018 14:38:14
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet2
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	29
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST PAIRS=Aqualock WITH Guts (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,00
	Elapsed Time	00:00:00,01

Paired Samples Statistics

Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
------	---	----------------	-----------------

Pair 1	Aqualock	63,5172	29	31,64267	5,87590
	Guts	64,1379	29	36,86532	6,84572

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Aqualock & Guts	29	,862	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower
Pair 1	Aqualock - Guts	-,62069	18,70144	3,47277	-7,73434

Paired Samples Test

		Paired Differences 95% Confidence Interval of the Difference Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Aqualock - Guts	6,49296	-,179	28	,859

T-Test 4-5 meter veen

Notes

Output Created		09-NOV-2018 14:39:07
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet2
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	30
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST PAIRS=Aqualock WITH Guts (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,02
	Elapsed Time	00:00:00,01

Paired Samples Statistics

Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
------	---	----------------	-----------------

Pair 1	Aqualock	22,1000	30	25,66811	4,68633
	Guts	25,6000	30	31,98771	5,84013

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Aqualock & Guts	30	,837	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower
Pair 1	Aqualock - Guts	-3,50000	17,54354	3,20300	-10,05087

Paired Samples Test

		Paired Differences 95% Confidence Interval of the Difference Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Aqualock - Guts	3,05087	-1,093	29	,284

T-Test Pleistocene

Notes

Output Created		09-NOV-2018 14:48:29
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet2
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	107
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST PAIRS=Aqualock WITH Guts (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,02
	Elapsed Time	00:00:00,01

Paired Samples Statistics

Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
------	---	----------------	-----------------

Pair 1	Aqualock	408,3458	107	104,23442	10,07672
	Guts	405,8598	107	107,46728	10,38925

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Aqualock & Guts	107	,984	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower
Pair 1	Aqualock - Guts	2,48598	19,08687	1,84520	-1,17230

Paired Samples Test

		Paired Differences 95% Confidence Interval of the Difference Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Aqualock - Guts	6,14427	1,347	106	,181

T-Test Top van het veen

Notes

Output Created		09-NOV-2018 13:43:54
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	69
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST PAIRS=Aqualock WITH Guts (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,05
	Elapsed Time	00:00:00,04

[DataSet1]

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Aqualock	258,14	69	46,060	5,545
	Guts	261,17	69	44,724	5,384

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Aqualock & Guts	69	,948	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference
					Lower
Pair 1	Aqualock - Guts	-3,029	14,739	1,774	-6,570

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		95% Confidence Interval of the Difference			
		Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Aqualock - Guts	,512	-1,707	68	,092

STATISTIEK EXCEL:

Zie bijgeleverd Excel bestand: excel_it_takes_guts