

Memo

Aan

de heer B. Los

Datum

3 november 2020

Ons kenmerk

11202960-002-BGS-0020

Aantal pagina's

1 van 12

Contactpersoon

Marc Hijma

Doorkiesnummer

+31(0)88 335 7869

E-mail

Marc.Hijma@deltares.nl

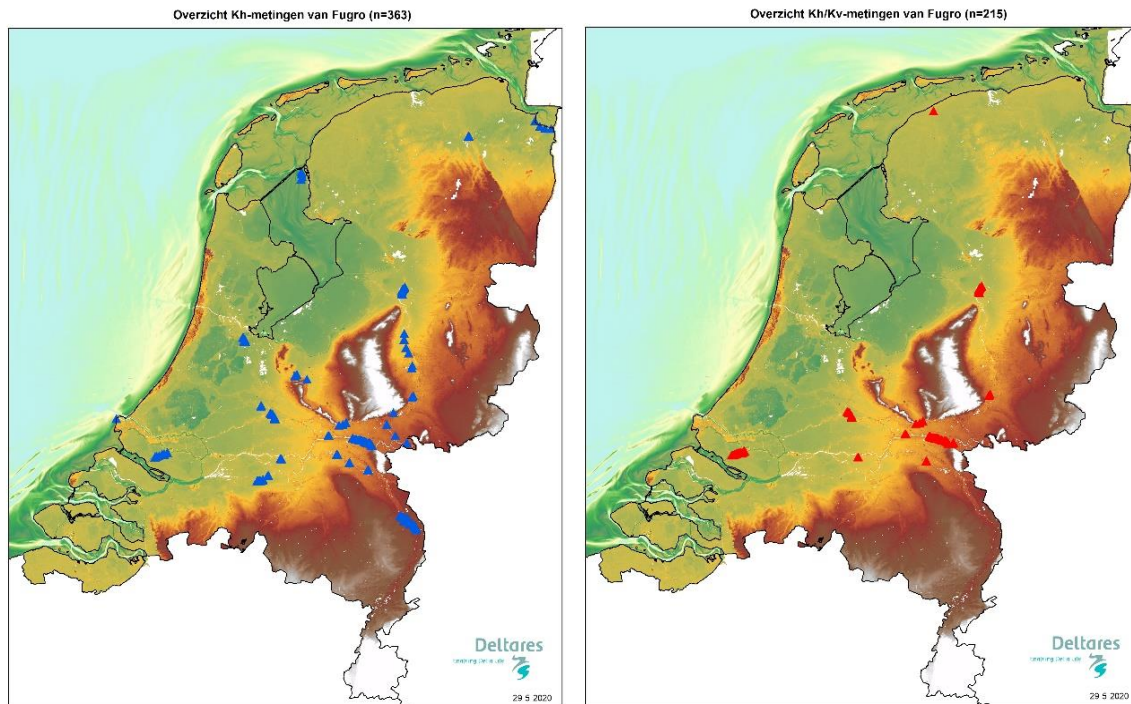
Onderwerp

Anisotropieonderzoek in gebieden met andere afzettingen.

Inleiding

Ten behoeve van de versterking van normtraject 20-3/Spui West is tussen 2018-2020 onderzoek gedaan naar anisotropie in doorlatendheid en het effect hiervan op de pipingopgave. Dit onderzoek bestond onder andere uit het uitvoeren van doorlatendheidsmetingen met de HPT-(A)MPT techniek (Van Tilborg, 2019), het berekenen van de effecten van anisotropie op het kritieke verval met D-Geo Flow (Kanning, 2019; Van Tilborg & Vollering, 2019), een literatuurstudie naar anisotropie (Van Asselen et al., 2018) en een methodiek voor het afleiden van rekenwaarden op basis van de HPT-(A)MPT metingen (Kanning, 2019). De nadruk bij deze onderzoeken lag, afgezien van het literatuuronderzoek, op de getijdenafzettingen en, in mindere mate, op de diepere Pleistocene rivierafzettingen langs het Spui. In Nederland komen naast bovengenoemde afzettingen nog enkele andere afzettingstypes voor die relevant zijn voor piping, voornamelijk Holocene rivierafzettingen en windafzettingen (dekzand). In het literatuuronderzoek van fase 1 van het project zijn inschattingen gegeven van de te verwachten mate van anisotropie voor de afzettingen (Van Asselen et al., 2018), maar het ontbrak aan bruikbare metingen. In de laatste jaren zijn er echter vele HPT-(A)MPT[®] metingen uitgevoerd in Nederland en is er meer kennis vergaard over anisotropie, waardoor we de inzichten en resultaten van het Spui West project een stap verder kunnen brengen en ook relevant kunnen maken voor de rest van Nederland. Hierbij is de gehele HPT-(A)MPT-database van Fugro gebruikt. Figuur 1 laat zien dat de database 363 locaties bevat waar alleen de horizontale doorlatendheid (Kh) gemeten is met HPT-MPT techniek en 215 locaties waar zowel Kh als de verticale doorlatendheid (Kv) bepaald zijn met de HPT-AMPT techniek. Voor de laatste locaties is ook de mate van anisotropie in doorlatendheid berekend.

Dit memo beschrijft een eerste analyse van deze database. Hierbij is gestart de metingen te groeperen naar afzettingstype (geologische formatie). In veel gevallen had Fugro al een geologische formatie toegekend, waar dit niet zo was is er één toegekend. Steekproefsgewijs zijn reeds toegekende geologische formaties gecontroleerd, hierbij zijn enkele aanpassingen gedaan. Vervolgens zijn overzichtsgrafieken gemaakt van de meetwaardes per geologische formatie om inzicht te verkrijgen in de data. In een vervolgstap is de dataset gebruikt om te komen tot aangepaste verwachtingswaardes voor de mate van anisotropie voor de verschillende afzettingstypen in Nederland, in feite een actualisatie van de kaart uit Van Asselen et al. (2018). Deze landelijke verwachtingswaardes hebben niet dezelfde status als de bestaande startwaardes voor de Kh en de d70 van het WBI. Ze kunnen wel gebruikt worden om inschattingen te maken van de optimalisatiemogelijkheden bij het verdisconteren van de invloed van anisotropie. Bij beoordeling of ontwerp blijft het noodzakelijk eerst de lokale situatie te beoordelen.



Figuur 1: Overzichtskarten van de beschikbare Kh (links) en Kh/Kv metingen uit de database van Fugro.

Overzicht

De afzettingen zijn ingedeeld in 11 groepen, deze worden omschreven in Tabel 1.

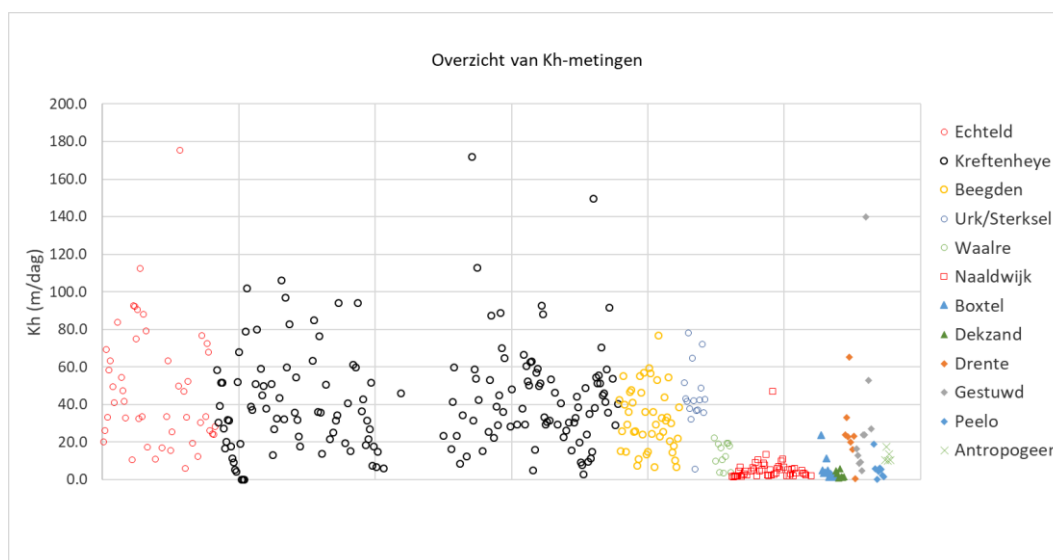
Tabel 1: Overzicht van de gebruikte indeling naar type zandige afzetting. De omschrijving is afgeleid van www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator

Type	Formatie	Ouderdom	Omschrijving van de zandige afzettingen binnen deze formaties
Fluviaal	Echteld	Holoceen, 10-0 kilojaar (kjr)	Meanderend. Zeer fijn tot uiterst grof zand, lokaal met kleilagen en fijn tot grof grind. Afname in grindgehalte van oost naar west. Met name de zandige oeverafzettingen bevatten veel klei- en siltaagjes.
	Kreftenheye	Pleistoceen, 150-10 kjr	Voornamelijk vlechtend. Matig tot uiterst grof zand, matig tot sterk grindhoudend. Plaatselijk, fijn tot zeer grof grind. In mindere mate siltige kleilagen, sporadisch kleiige veenlaagjes.
	Beegden	Pleistoceen/Holoceen, 1000-0 kjr	Vlechtend en meanderend. Matig tot uiterst grof zand, grindhoudend. Lokaal keien en blokken (tot ongeveer 1.5 m in diameter). In mindere mate zandig leem- en kleilagen.
	Urk/Sterksel	Pleistoceen 1000-150 kjr	Voornamelijk vlechtend. Matig fijn tot uiterst grof zand, matig tot sterk grindig. In mindere mate sterk zandige of siltige kleilagen, plaatselijk humeus. Verfijning naar het noordwesten.
	Waalre	Pleistoceen, 2600-1000 kjr	Voornamelijk meanderend. Uiterst fijn tot uiterst grof zand, plaatselijk sterk grindig. Met name de zandige oeverafzettingen bevatten veel klei- en siltaagjes.
Getijden	Naaldwijk	Holoceen, 9-0 kjr	Sterk variabel. Zeer fijn tot zeer grof zand, deels kleiig of siltig.
Overig	Boxtel	Pleistoceen/Holoceen, 600-8 kjr	Voornamelijk een beek- en windafzetting. Zeer fijn tot matig fijn zand (105-300 µm), siltig met ook zandige leemlagen. Plaatselijk,

			matig fijn tot zeer grof zand met fijn grind. Bevat oude bodems en vorststructuren.
Boxtel, Laagpakket van Wierden (dekzand)	Pleistoceen, 75-11 kjr		Windafzetting. Zeer fijn tot matig grof zand, goed gesorteerd en (matig) afgerond. Regelmatig met een podsolbodem aan de top.
Drente	Pleistoceen, 240-130 kjr		Glaciale (ijs) afzetting. Sterk variabel over Nederland, maar bestaat meestal uit uiterst grof zand (210-2000 µm), grindig, kan stenen en keien bevatten. Slecht gesorteerd.
Gestuwd	Pleistoceen, 180-140 kjr		Het gestuwde materiaal bestaat meestal uit oude fluviatiele afzettingen van de formaties van Waalre, Sterksel, Urk, maar ook andere fluviatiele formaties als Appelscha en Peize. Soms zijn de afzetting alleen scheefgesteld, maar soms ook verwrongen en dit leidt veel heterogeniteit
Peelo	Pleistoceen, 450-400 kjr		Met name lacustrien (in een meer) en dan bestaat uit uiterst fijn zand. Soms subglaciaal (onder ijs) en dan het kan zand veel grover zijn.
Antropogeen	Holoceen, 1-0 kjr		Uiterst fijn tot grof zand, mogelijk met grind en puin. In steden en dergelijke soms erg heterogeen, maar in bijvoorbeeld opgespoten grond soms relatief homogeen.

Horizontale doorlatendheid

Figuren 2 en 3 laten de Kh op basis van de afzonderlijke MPT's per formatie/type afzetting zien, waarbij Figuur 2 alle metingen op een rij zet en Figuur 3 de metingen van west naar oost laat zien. Wat opvalt aan Figuur 2 is dat de spreiding in de Kh voor de fluviatiele afzettingen (Echteld t/m Waalre) sterk vergelijkbaar is en dat de doorlatendheden voor getijdenafzettingen (Naaldwijk), Boxtel en dekzand duidelijk lager zijn. De overige types (Drente t/m antropogeen) zitten hier ergens tussen in. Wat ook opvalt is dat de spreiding groot is, bijvoorbeeld bij de Formatie van Kreftenheye van 2 tot 175 m/dag. Deze spreiding is groter dan verwacht en groter dan de spreiding in de WBI-startwaardes voor Kh, waar een variatiecoëfficiënt van 50% aangeraden wordt. Dit wordt verklaard doordat de resultaten uit MPT metingen puntwaarnemingen betreffen, waar het WBI-SOS een bulkdoorlatendheid geeft. Door de MPT's te combineren met een continue doorlatendheidsprofiel uit de HPT is wel een bulkdoorlatendheid te bepalen. De analyse van de HPT-MPT combinatie valt buiten de scope van deze rapportage.



Figuur 2 Overzicht van de Kh-metingen per formatie/type afzetting

Tabel 2 laat enkele statistische waarden zien voor de verschillende formaties, inclusief alle uitschieters naar boven. Hierbij is gekozen, vanwege de variatie in meetwaardes en de uitschieters, voor gebruik van de mediaan in plaats van het gemiddelde. De mediane Kh-waardes voor de fluviatiele afzettingen liggen rond de 30-40 m/dag, waarbij met name de Beegden formatie rond de 30 m/dag. Hierbij valt op de Formatie van Echteld ongeveer dezelfde mediaan heeft als de Formatie van Kreftenheye, terwijl deze laatste formatie gemiddeld grover is en algemeen aangenomen wordt dat deze doorlatender is. De Formatie van Waalre is relatief fijn en bevat regelmatig kleilagen, waardoor de mediane Kh wat lager uitvalt. De mediane Kh voor de Formatie van Naaldwijk is uiteraard veel lager, maar opvallend genoeg geldt dit ook voor de Formatie van Bortel. Dit is opvallend omdat deze formatie in veel gevallen uit relatief schoon zand bestaat en dus een hogere doorlatendheid verwacht kan worden dan 3 m/dag. Maar in deze formatie komen ook regelmatig lemige sublagen voor. Het aantal metingen in de database is echter nog beperkt voor deze formatie en verwacht mag worden dat bij een toename van het aantal metingen de mediane Kh zal stijgen.

Tabel 2 Enkele statistische waarden voor de Kh voor de verschillende formaties

Formatie	Mediaan(m/dag)
Echteld (n=47)	41
Kreftenheye (n=161)	38
Beegden (n=45)	30
Urk/Sterksel (n=16)	42
Waalre (n=12)	15
Naaldwijk (n=49)	4
Bortel (n=11)	3
Bortel, Laagpakket van Wierden (dekszand) (n=7)	2
Drente (n=8)	23
Gestuwd (n=11)	19
Peelo (n=8)	5
Antropogeen (n=5)	11

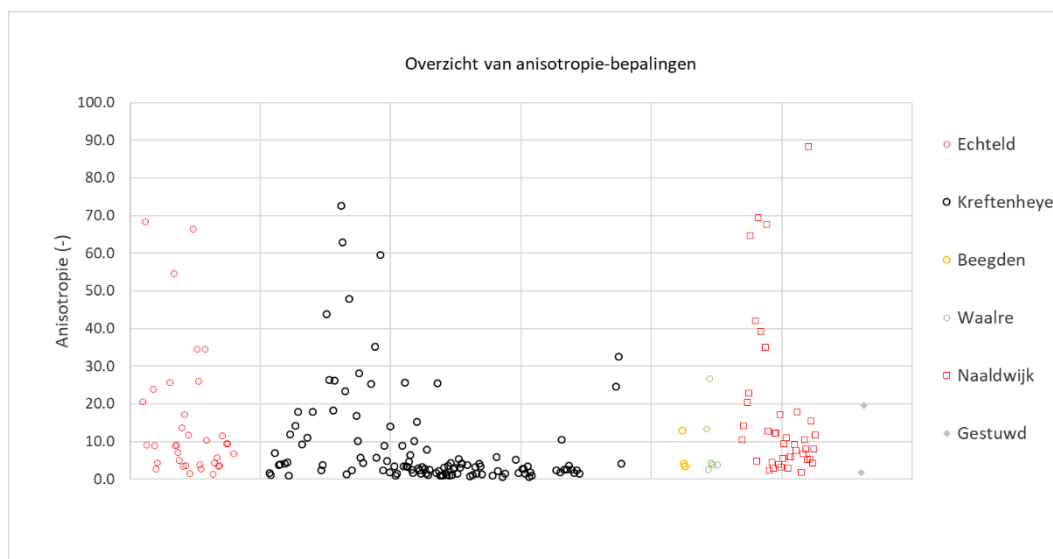
Het interessante aan Figuur 3 is dat er een trend zichtbaar is van een afnemende spreiding in Kh richting het westen. Het is bekend dat van oost naar west de gemiddelde korrelgrootte afneemt als gevolg van een afnemende afstand tot de zee: richting zee neemt de gemiddelde stroomsnelheid af en daarom wordt er richting de kust steeds fijner materiaal vervoerd en afgezet. Daarnaast neemt de mate van sortering ook toe richting de kust, dit houdt in dat de absolute verschillen tussen de grootste en kleinste zandkorrels afnemen. Hierdoor neemt de absolute spreiding in Kh-waarden wellicht ook af, omdat de kans op sterk verschillende zandpakketten binnen 1 zandpakket afneemt. Deze inzichten zouden opgenomen moeten worden in de relevante schematiseringshandleidingen. Zo zou er gewerkt kunnen worden met een specifieke variatiecoëfficiënt rondom de (bulk)doorlatendheid van pipinggevoelige zandlagen voor verschillende gebieden binnen het WBI-SOS. Dit zal in veel gevallen leiden tot een minder conservatieve inschatting van de (bulk)doorlatendheid. Terwijl op andere plekken dit wellicht tot minder onterecht optimisme in de parameter zal leiden.



Figuur 3 Overzicht van de Kh-metingen per formatie/type afzetting en gesorteerd van west naar oost. De grote hoeveelheid datapunten rond 80000 betreft de metingen voor het Spui 20-3 project.

Anisotropie

Figuur 4 laat duidelijk zien dat er aanzienlijke spreiding aanwezig is in de bepaalde anisotropie-waardes. De y-as is afgekapt op 100, maar er liggen nog 9 punten boven de 100 (Echteld 1; Kreftenheye 5; Naaldwijk 3). Deze spreiding is al eerder vastgesteld binnen het 20-3 project en een belangrijk punt van aandacht bij het omgaan met HPT-AMPT metingen. Er is een methodiek opgesteld voor de bepaling van de rekenwaarde van de anisotropie op basis van HPT-AMPT metingen (Kanning, 2019). Hierin staat ook hoe om te gaan met eventuele uitschieters. Deze worden deels veroorzaakt door heterogeniteit binnen de afzettingen, maar deels ook door meetruis bij zeer hoge doorlatendheden. Er zijn met name uitschieters naar boven, deze worden veroorzaakt door kleilaagjes en verstoringen die tussen de sensoren zitten (Fugro, 2020). Uitschieters naar beneden komen relatief weinig voor en betreffen bruikbare metingen. De spreiding is relatief klein voor de Beegden, Waalre en gestuwde formaties, maar dat komt waarschijnlijk vooral door het (nog) geringe aantal bepalingen.

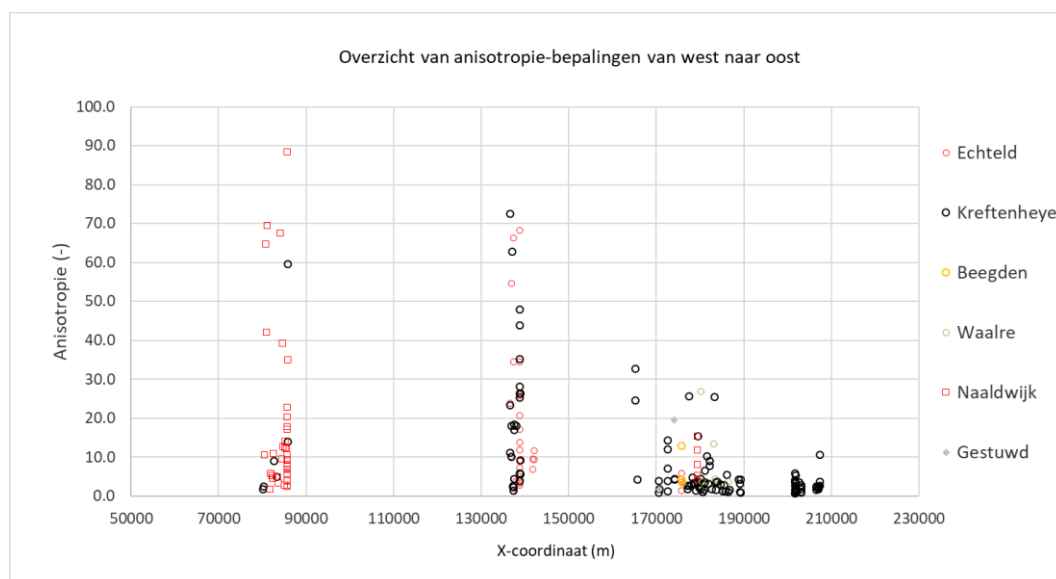


Figuur 4 Overzicht van de anisotropie-metingen per formatie/type afzetting

In tegenstelling tot de Kh, die afneemt richting het westen, neemt de spreiding in de mate van anisotropie juist toe richting het westen binnen de Formatie van Kreftenheye (Figuur 5). Ook worden er in het westen gemiddelde hogere anisotropiewaarden gevonden. Dit heeft waarschijnlijk

te maken met het feit dat richting het westen veel vaker richting de top van deze formatie gemeten wordt, omdat deze formatie steeds dieper komt te liggen, en dat richting de top meer kleilaagjes voorkomen en dus anisotropie dus toeneemt. Om dit nader uit te zoeken zou voor elke bepaling vastgesteld moeten worden hoe ver beneden de top van de formatie de bepaling is uitgevoerd. De spreiding in de mate van anisotropie voor de Formatie van Naaldwijk wordt veroorzaakt door de vele kleilaagjes in deze formatie (Van Asselen et al., 2018; Kanning, 2019; Van Tilborg, 2019).

Tabel 3 geeft de mediane mate van anisotropie voor de verschillende formaties, met inbegrip van alle uitschieters naar boven. Deze uitschieters bepalen in hoge mate de standaarddeviatie. De mediane waardes liggen tussen 3 en 11. In het volgende hoofdstuk worden de anisotropie-getallen in meer detail bekeken, waarbij rekening gehouden wordt met de invloed van uitschieters op de mediaan.



Figuur 5 Overzicht van de anisotropie-metingen per formatie/type afzetting en gesorteerd van west naar oost

Tabel 3 Enkele statistische waarden voor de mate van anisotropie voor de verschillende formaties

Formatie	Mediaan (-)
Echteld (n=36)	9.0
Kreftenheye (n=123)	3.4
Beegden (n=3)	4.1
Urk/Sterksel	-
Waalre (n=6)	3.9
Naaldwijk (n=44)	10.7
Boxtel	-
Boxtel, Laagpakket van Wierden (dekzand)	-
Drente	-
Gestuwd (n=2)	10.6
Peelo	-
Antropogeen	-

Verwachtingswaarde anisotropie per type afzetting

In de methodiek om te komen tot rekenwaardes voor anisotropie (Kanning, 2019) is een belangrijk onderdeel het goed schematiseren van de ondergrond, het vaststellen in welke laag de metingen precies gedaan zijn en een vergelijk van de metingen met *a priori* schattingen. Binnen de hier beschreven eerste analyse van de Fugro-database is dit niet mogelijk, maar ook niet nodig om het doel van het memo te behalen, namelijk het actualiseren van de landelijke verwachtingswaardes voor anisotropie per afzettingstype. Dergelijke detailanalyse moeten uiteraard wel uitgevoerd worden binnen de projecten waarvoor de metingen gedaan zijn en in welke ook daadwerkelijk sterkteberekeningen gedaan worden. Het is dan ook niet de bedoeling dat de landelijke verwachtingswaardes zonder meer toegepast worden bij beoordeling of ontwerp of opgenomen worden als startwaarde binnen WBI-SOS (zie ook inleiding). Ze kunnen uiteraard wel gebruikt worden om een eerste inschatting van de mogelijkheden voor optimalisatie te bepalen.

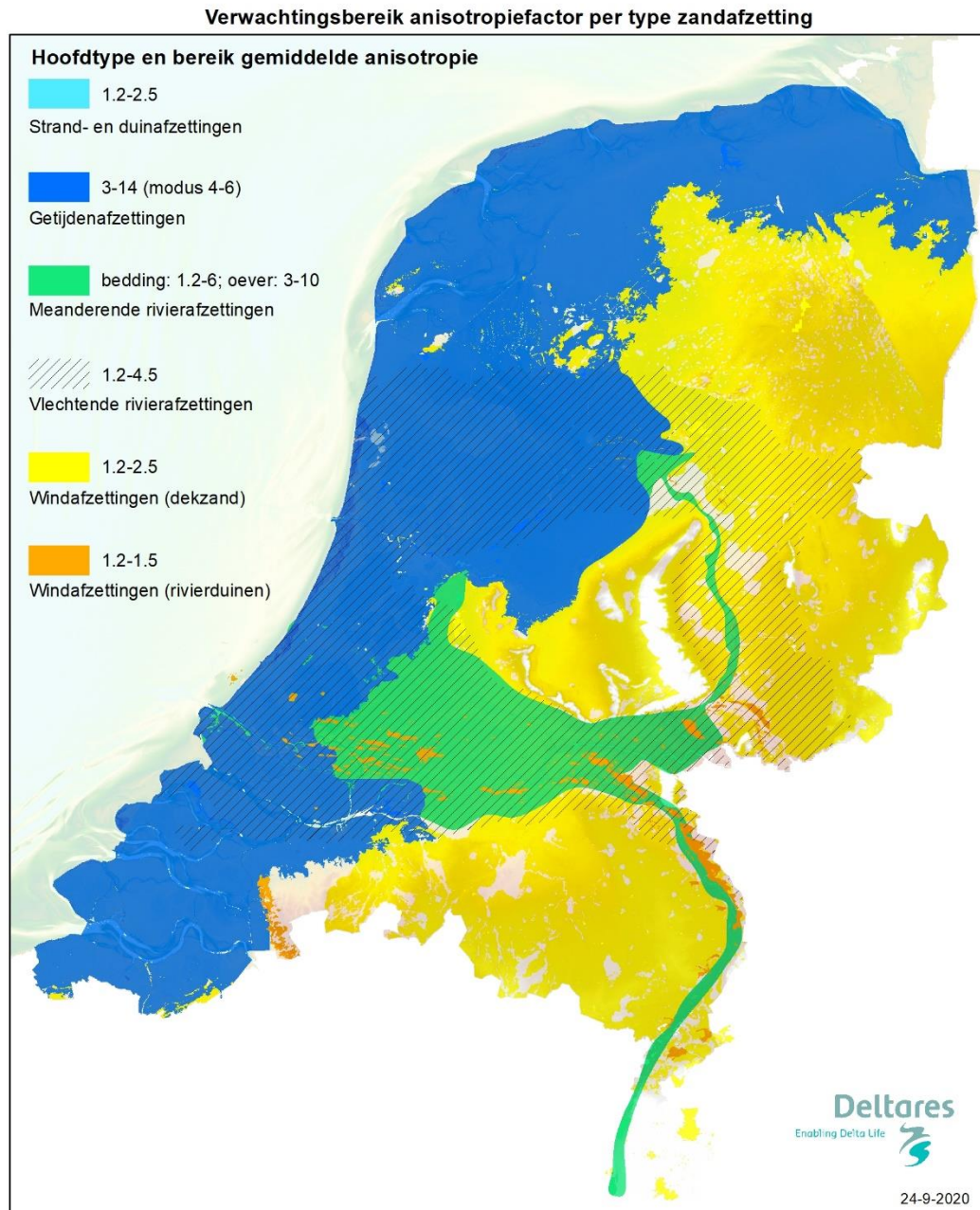
In Van Asselen et al. (2018) is voor 5 typen afzetting een eerste aanzet voor het verwachte bereik in anisotropie gegeven, gebaseerd op destijds beschikbare metingen en literatuuronderzoek:

- strand- en duinafzettingen ($A=1-2.5$)
- getijdenafzettingen ($A=1-6$)
- rivierafzettingen (bedding $A=1-5$; oever $A=3-10$)
- windafzettingen (dekzand $A=1-5$; rivierduinen $A=1-1.3$).

In Kanning (2019) is dit verder aangescherpt voor:

- getijdenafzettingen ($A=5-10$, horizontale correlatielengte van 5-10 m)
- zandige rivierafzettingen ($A=1.5-4$, horizontale correlatielengte van 5-10 m)
- zandige windafzettingen ($A=1-2.5$, horizontale correlatielengte van 15-30 m).

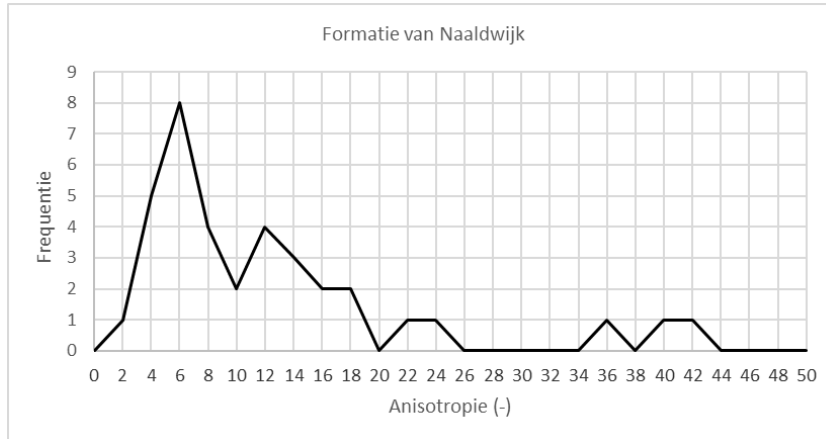
De huidige database maakt het mogelijk dit nog verder aan te scherpen en de rivierafzettingen uit te splitsen naar Pleistocene, vlechtende rivierafzettingen (formaties van Kreftenheye, deels Beegden, Urk en Sterksel) en Holocene, meanderende rivierafzettingen (formaties van Echteld, deels Beegden). De verbreiding van de Formatie van Kreftenheye is nu ook weergegeven in Figuur 6, als uitbreiding op de eerdere figuur uit Van Asselen et al. (2018). Hieronder wordt per type zandafzetting een korte omschrijving van de gebruikte overweging gegeven.



Figuur 6 Overzicht van het type zandafzetting onder de deklaag, uitgebreid met de verbreiding van de onderliggende Formatie van Kreftenheye, en het verwachte gemiddelde bereik aan anisotropie per type zandafzetting. Waar de Formatie van Kreftenheye voorkomt ligt deze dus onder een met kleur aangeduide formatie.

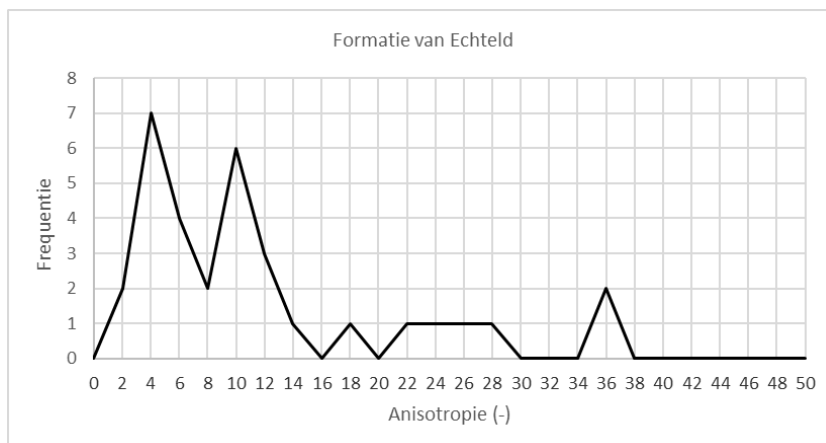
- Strand- en duinafzettingen. Geen nieuwe data sinds Van Asselen et al. (2018). Alleen de ondergrens is iets opgehoogd, omdat de HPT-AMPT database laat zien dat er altijd een lichte vorm van anisotropie aanwezig is. Dit is in lijn der verwachting.
- Getijdenafzettingen (Formatie van Naaldwijk). Veel nieuwe data sinds Van Asselen et al. (2018). Door de aanwezigheid van kleilaagjes is de mate van anisotropie altijd behoorlijk groot, maar zijn er ook vele grote uitschieters naar boven. Figuur 7 laat een frequentiediagram zien voor de gemeten anisotropie binnen de Formatie van Naaldwijk. Waardes tussen $A=3-14$ komen regelmatig voor, met een duidelijke piek rond 6 en een kleiner piekje rond $A=12$. Mogelijk representeren deze pieken twee verschillende populaties binnen de getijdenafzettingen, bijvoorbeeld getijdengeulafzettingen en

getijdenplaatafzettingen. Dit zou onderzocht moeten worden door in detail naar de sondeerwaardes rondom de meetdiepte te kijken. Als verwachtingsbereik wordt A=3-14 gegeven, met een modus rondom A=4-6.



Figuur 7 Frequentiediagram verdeling voor de mate van anisotropie binnen de Formatie van Naaldwijk

- Meanderende rivierafzettingen (Formatie van Echteld). Veel nieuwe data beschikbaar sinds Van Asselen et al. (2018). Het frequentiediagram (Figuur 8) laat, afgezien van enkele uitschieters tussen A=18-36, duidelijk twee pieken zien: rond A=4 en rond A=10. In Van Asselen et al. (2018) werden de rivierafzettingen al onderverdeeld in 2 groepen: bedding (A=1-5) en oever (A=3-10). Het is aannemelijk dat de twee pieken in Figuur 8 deze twee groepen representeren, maar om dit verder te onderbouwen zijn detail geologische studies nodig van de afzettingen die met de HPT-AMPT beproefd zijn.

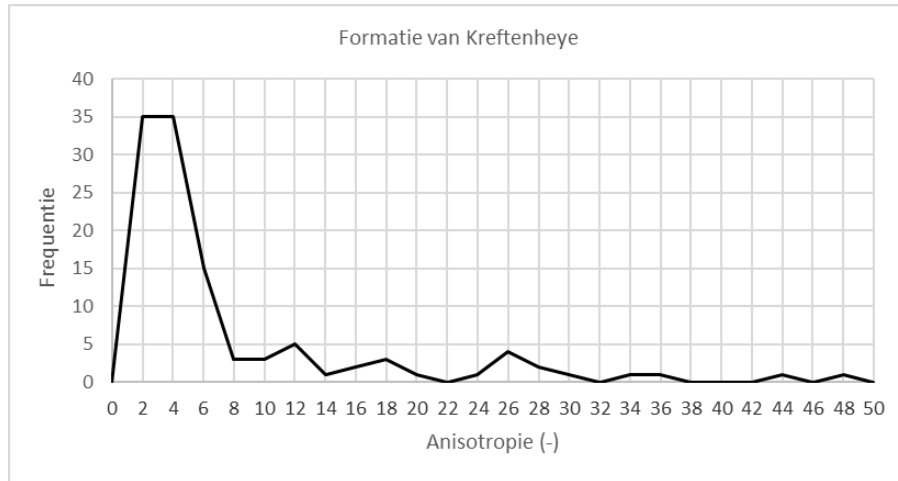


Figuur 8 Frequentiediagram verdeling voor de mate van anisotropie binnen de Formatie van Echteld

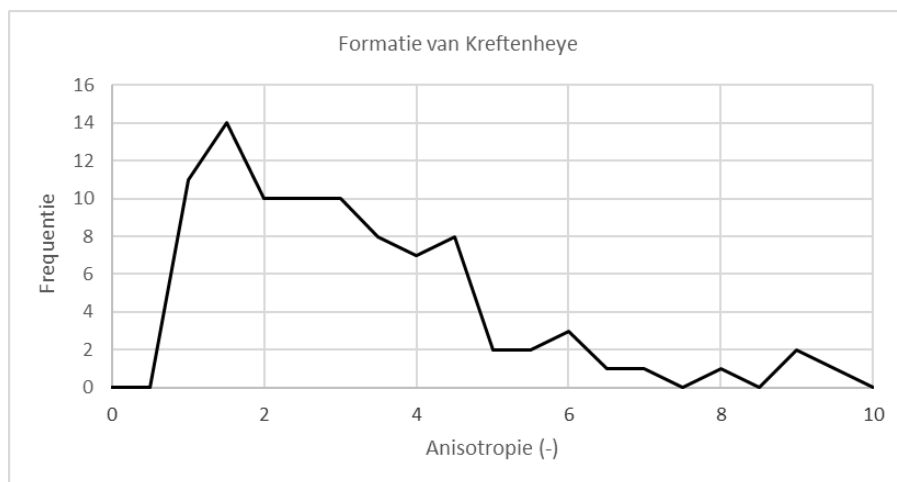
Op basis van de metingen en de verwachte anisotropie-waardes wordt voor Echteld-beddingafzettingen een verwachtingsbereik van 1.2-6 gegeven, met een modus rond 4. Echteld oeverafzettingen houden een bereik van 3-10.

- Vlechtende rivierafzettingen. Uitbreiding op Van Asselen et al. (2018) en er is veel data beschikbaar (Figuur 9). Onderstaande figuur is voor de Formatie van Kreftenheye, maar de beperkte datasets voor de overige vlechtende rivierafzettingen (Formaties van Beegden, Urk en Sterksel) laten overeenkomstige waardes zien. Afgezien van enkele uitschieters boven de 10, is het duidelijk dat de anisotropiefactor meestal tussen 1-5 zit.

Figuur 10 laat het frequentiediagram zien voor een anisotropie tussen 0-10, waarbij de stapgrootte verkleind is van 2 naar 0.5, waardoor meer detail te zien is. Op basis hiervan wordt een verwachtingsbereik van 1.2-4.5 gegeven.



Figuur 9 Frequentiediagram voor de mate van anisotropie binnen de Formatie van Kreftenheye met stappen van 2.



Figuur 10 Frequentiediagram voor de mate van anisotropie binnen de Formatie van Kreftenheye met stappen van 0.5

- Windafzettingen (dekzand). Geen nieuwe data sinds Van Asselen et al. (2018). De ondergrens is iets opgehoogd, omdat de HPT-AMPT database laat zien dat er altijd een lichte vorm van anisotropie aanwezig is. De bovengrens is verlaagd van 5 naar 2.5, in lijn met strand- en duinafzettingen. Verwacht mag namelijk worden dat de mate van anisotropie kleiner is dan bij rivierafzettingen.
- Windafzettingen (rivierduinen). Geen nieuwe data sinds Van Asselen et al. (2018). Alleen de ondergrens is iets opgehoogd, omdat de HPT-AMPT database laat zien dat er altijd een lichte vorm van anisotropie aanwezig is.

Aanbevelingen

- Hoewel de database inmiddels al meer dan 200 anisotropie-metingen bevat, zijn de metingen met name uitgevoerd op de formaties van Naaldwijk, Kreftenheye en Echteld. Voor de overige formaties ontbreken deze metingen grotendeels. Voor piping is vooral van belang dat er gericht anisotropiemetingen op dekzand uitgevoerd gaan worden, omdat deze formatie veel voorkomt langs met name de Maas en de IJssel en een goede inschatting van de anisotropie dus gewenst is.
- De HPT-AMPT techniek wordt steeds meer gebruikt en de uitkomsten hebben veel impact op het kritiek verval. De uitkomsten moeten daarom betrouwbaar zijn en de techniek voldoende gevalideerd. De resultaten van het huidige project geven veel vertrouwen in de techniek, maar laten ook zien dat het nodig is met verstand de metingen te gebruiken binnen een beoordeling, waarbij voldoende oog moet zijn voor lokale/regionale veranderingen in geologische opbouw, schaaffecten en correlatielengtes en de invloed daarvan op de metingen.
- Er lopen momenteel 2 piping veldproeven, waarbij van tevoren HPT-AMPT zijn uitgevoerd en tijdens de proef de waterdruk in het zand opgevoerd wordt. De geplaatste waterspanningsmeters kunnen in combinatie met debietmetingen gebruikt worden om de bulkdoorlatendheid te bepalen en deze te vergelijken met de HPT-AMPT data. Dit is een mooie aanvulling op de validatie die reeds binnen het Spui 20-3 project is uitgevoerd.
- De frequentiediagrammen laten zien dat er per type afzettingen verschillende populaties aanwezig kunnen zijn, waarschijnlijk samenhangend met verschillen in het specifieke afzettingsmilieu per formatie. De populaties zijn niet gekoppeld aan verschillende projectlocaties, maar worden ook binnen 1 project aangetroffen. Om dit nader te onderzoeken zijn gedetailleerde geologische studies nodig van de afzettingen bij de HPT-AMPT sonderingen. Uiteindelijk is het wenselijk om de populaties te kunnen scheiden en per populatie de rekenwaarde te kunnen bepalen. Mogelijk kunnen de populaties meegenomen worden middels scenario's of verschillende SOS-eenheden. Voor de praktijk en nieuwe projecten betekent dit dat steeds goed gekeken moet worden naar waar in de afzetting de meting gedaan wordt en ook hoe dicht deze bij de grens van de afzetting is uitgevoerd.
- Het is verder van belang dat de huidig gebruikte database steeds verder aangevuld wordt, zodat het mogelijk wordt om de verwachtingswaarden steeds meer te verfijnen en wellicht uit te splitsen naar regio. De verwachtingswaarden van de anisotropie per afzetting kan binnen projecten worden toegepast om de optimalisatiekansen door het meenemen van anisotropie op de pipingopgave te verkennen. Lokaal maatwerkonderzoek naar de doorlatendheidsvariatie in de bodem dient te worden ingezet om tot verantwoorde rekenwaardes en schematisatie te komen.

Referenties

- Fugro, 2020. Analyse uitbijters anisotropieonderzoek WSHD, Fugro memo 1217-0051-000.M20
- Kanning, W., 2019. Methodiek afleiden rekenwaarden anisotropiefactor Spui, Deltares memo 11202960-002-BGS-0015.
- Van Asselen, S., Hijma, M.P., Kanning, W., 2018. Anisotropie in doorlatendheid - Een literatuuronderzoek naar anisotropie in doorlatendheid en de effecten hiervan op piping, Deltares report 11202960-002-BGS-0002.
- Van Tilborg, R., 2019. Onderzoeksproject Anisotropie / HPT-AMPT - Fase 2: Vergelijkingsonderzoek meettechnieken en analyse schaaleffect, Fugro rapport 1217-0051-000.R12.
- Van Tilborg, R., Vollering, M., 2019. Onderzoeksproject Anisotropie / HPT-AMPT - Pipinganalyses en update business case, Fugro rapport 1217-0051-000.R16.