

Geo-electrisch onderzoek in de  
Millingse Dijk van de Molenkolk  
(dp 22 tot dp 25,5) en de  
Duffeltdijk nabij het hoogspan-  
ningshuisje (dp 5 tot dp 8).  
A-74.097/8

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen  
J.C.P. Johanson  
oktober 1977

Lijst van bijlagen.

Bijlage nr.	Tekening nr.	Omschrijving.
1	A <sub>2</sub> -74.202	Situatie dijkpaal 22 t/m 26 (Molenkolk)
2	A <sub>2</sub> -74.199	Situatie dijkpaal 5 t/m 8 (Duffeltdijk)
3	A <sub>1</sub> -75.20	Schema Wenneropstelling
4	A <sub>5</sub> -74.203	Situatie meetpunten bij Molenkolk
5	B <sub>4</sub> -74.200	Situatie meetpunten Duffeltdijk
6	A <sub>5</sub> -74.204	Resultaten geo-elektrisch onderzoek nabij Molenkolk
7	A <sub>4</sub> -74.201	Resultaten geo-elektrisch onderzoek Duffeltdijk nabij trafohuis.

1. Inleiding.

Ten behoeve van de uit te voeren dijkverbeteringen aan de Millingse Landsdijk en de Duffeltdijk is door de Rijkswaterstaat, Directie Gelderland aan het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen verzocht een geo-elektrisch onderzoek te verrichten. Het doel van dit onderzoek is het verkennen van de ondergrond, waardoor een eerste informatie wordt verkregen over de homogeniteit en eventuele discontinuïteiten in de opbouw daarvan. Met behulp van dit onderzoek kan een doelmatiger boorprogramma worden samengesteld. Voor de situatie van de onderzochte dijkvakken wordt verwezen naar bijlagen 1 en 2.

## 2. Methode van onderzoek.

De geo-elektrische metingen worden uitgevoerd in enige trenches, die zoveel mogelijk evenwijdig aan de as van de dijk zijn gelegen. In meetpunten, die op constante afstand van elkaar zijn gelegen, wordt de schijnbare soortelijke elektrische weerstand  $\rho_s$  bepaald bij twee of meer verschillende elektrodenafstanden volgens de Wenneropstelling.

In de Wenneropstelling (bijlage 3) staan de vier elektroden op onderling gelijke afstanden  $a$  en symmetrisch ten opzichte van het meetpunt. De vier elektroden staan tezamen op een rechte lijn. Bij minimaal twee afstanden  $a$  wordt in het meetpunt de elektrische weerstand  $R$  gemeten. De schijnbare soortelijke weerstand  $\rho_s$  wordt berekend volgens  $\rho_s = C.R.$  waarin  $C = 2.\pi.a.$  Voor metingen op dijken is  $C = 2.\pi.a.$  een benadering.

In een meetpunt worden meestal verschillende waarden van  $\rho_s$  gevonden voor de verschillende elektrodenafstanden  $a$ . Als vuistregel mag men aannemen dat de diepte waarover wordt gemeten, gelijk is aan de afstand  $a$  tussen de elektroden. De  $\rho_s$ -waarden bij de grote waarde van  $a$  hebben voornamelijk betrekking op de dieper gelegen lagen en de  $\rho_s$  bij de kleine waarde van  $a$  voornamelijk op de lagen meer aan het oppervlak. De keuze van de afstand  $a$  is afhankelijk van de plaats van de trench of met andere woorden van het doel van het onderzoek in die trench.

Er zijn drie gevallen te onderscheiden:

- a. De trench ligt in de uiterwaard: Voor een afdichtende werking van een kleilaag is een dikte van enkele meters voldoende. De diepte van de metingen is daarom beperkt tot 2 m. Elektrodenafstanden van  $a_1 = 1$  m en  $a_2 = 2$  m zijn gekozen.
- b. De trench ligt op de dijk: Voor het vaststellen van de opbouw van de dijk behoeft de afstand  $a$  maximaal niet veel groter te zijn dan de hoogte van de dijk ten opzichte van het diepst gelegen maaiveld. Elektrodenafstanden  $a_1 = \text{ca. } 0,5 h$  en  $a_2 = \text{ca. } h$ .
- c. De trench ligt achter de dijk: De diepte waarover informatie moet worden verkregen zal groter zijn naarmate de kerende hoogte van de dijk toeneemt.

Vooraf het vaststellen van de dikte van de afsluitende kleilaag is van belang.

De metingen worden steeds uitgevoerd in meetpunten die op 25 meter van elkaar zijn gelegen.

Over de interpretatie van de meetresultaten in het kort het volgende: Als over een traject de waarden van  $\rho_s$  constant blijven, is daarover hoogstwaarschijnlijk de grondopbouw ook constant. Als de waarden van  $\rho_s$  verschillen, dan verschilt in het algemeen ook de grondopbouw. Hoe de grondopbouw is en wat de verandering van  $\rho_s$  inhoudt, kan niet uit de metingen alleen worden afgeleid. Slechts algemeen kan (ter oriëntering) worden gesteld dat  $\rho_s > 40 \Omega \text{ m}$  veelal op de aanwezigheid van veel zand duidt en  $\rho_s < 30 \Omega \text{ m}$  op de aanwezigheid van veel klei. Deze waarden gelden bij de aanwezigheid van zoet grondwater.

### 3. Uitvoering van de metingen.

#### 3.1. Periode van uitvoering.

De metingen langs de Molenkolk hebben plaatsgevonden op 7, 8 en 12 november 1974.

De metingen langs de Duffeltdijk vonden op 13, 14 en 15 november plaats.

#### 3.2. Weersomstandigheden en rivierstand.

In de voorgaande periode was het regenachtig weer, zodat de grond met water verzadigd was. Tijdens de metingen was het meestal droog, maar vooral bij de metingen langs de Duffeltdijk zijn enkele buien gevallen.

Over het algemeen is dus onder dezelfde weersomstandigheden gemeten.

De waterstand op de rivier was op 7 november N.A.P. + 11,60 m en is gedaald tot N.A.P. + 10,70 m op 12 november. Vervolgens is de rivierstand vrijwel constant gebleven. Op 15 november was de stand N.A.P. + 10,50 m.

#### 3.3. Ligging van de trenches.

##### 3.3.1. Molenkolk.

Op bijlage 4 is een overzicht gegeven van de ligging van de trenches en de meetpunten. Trench 1 is over de buitenkruinlijn gemeten.

In meetpunt 10 van deze trench kon niet worden gemeten vanwege de wegverharding van de C.R. Waiboerweg. De lage waarden in punt 5 t/m 9 werden niet vertrouwd, omdat waarschijnlijk op ongeveer 0,40 m uit de kant van de weg een kabel lag. Daarom is over dit traject een andere trench genomen (trench 5).

Trench 2 en 3 zijn respectievelijk op 10 m en 50 m uit de buitensteen gelegen. Meetpunt 11 van trench 2 en meetpunt 12 van trench 3 lagen op de C.R. Waiboerweg. Evenals bij trench 1 konden hier geen metingen worden uitgevoerd.

Trench 4 ligt in de binnenteen. In meetpunt 5 zijn geen metingen gedaan, omdat er een verharde oprit lag.

### 3.3.2. Duffeltdijk.

Op bijlage 5 is een overzicht gegeven van de ligging van de trenches en de meetpunten:

Trench 1 is over de buitenkruinlijn gemeten. Trench 2 en 3 liggen respectievelijk op 10 m en 50 m uit de buitenteen. Trench 4 is op 10 m uit de binnenteen gemeten. In punt 9 kon niet worden gemeten in verband met de aanwezigheid van een transformatorhuisje. Trench 5 ligt evenwijdig aan de weg tot aan het trafohuisje en sluit aan op trench 4.

#### 4. Resultaten van de metingen.

##### 4.1. Molenkolk.

Op bijlage 6 zijn de resultaten van de metingen grafisch weergegeven:

De waarden van trench 1 en 5 (over de dijk) hebben een zeer grillig verloop. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de aanwezigheid van veel storende elementen op en in de dijk, waaronder een hek en een elektriciteitskabel. Aan de juistheid van de waarden wordt daarom getwijfeld.

De resultaten in trench 2 en 3 (uiterwaard) vertonen grote gelijkens. De punten 1 en 2 hebben een hoge waarde. In punt 3 bereiken de hoge waarden een maximum. In punt 4 van trench 2 is een minimumwaarde gemeten. Dit minimum is waarschijnlijk het gevolg van de aanwezigheid van een rioolleiding en er kan daarom niet te veel waarde aan worden gehecht.

Vanaf de punten 4 t/m 13 variëert  $\rho_s$  voor beide afstanden  $a$  weinig. Er wordt hier dan ook een gelijkmatige grondopbouw verwacht.

Wel moet worden opgemerkt dat de gemiddelde waarde van  $\rho_s$  in trench 2 lager ligt dan in trench 3, wat op een iets zandiger samenstelling van trench 3 kan duiden.

Over het traject van punt 1 t/m 10 is  $\rho_s$  in de diepere lagen hoger dan in de oppervlakte-lagen. Dit doet vermoeden dat de diepere lagen zandiger zijn dan de bovenlaag; of er kan een tussenlaag van zand aanwezig zijn. In de punten 14 t/m 18 vertoont  $\rho_s$  een grotere variatie. Ter hoogte van punt 16 in trench 2 en punt 17 in trench 3 bereikt  $\rho_s$  een piek. Hier ligt een afrit naar de uiterwaard.

De waarden langs de binnenteen (trench 4) variëren weliswaar, maar de absolute waarde van  $\rho_s$  is hoog. Er mag daarom hier min of meer zandig materiaal worden verwacht. Ter hoogte van punt 13 is een duidelijke piek waargenomen. De oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk in de vroegere aanwezigheid van bebouwing op deze plaats, waardoor vooral de bovenlaag duidelijk anders is dan langs de rest van de trench.

Verder valt op dat de  $\rho_s$  in de diepere lagen veel lager ligt dan  $\rho_s$  in de bovenste laag. Waarschijnlijk ligt de oorzaak in de invloed van het grondwater in de diepere lagen.



#### 4.2. Duffeltdijk.

Op bijlage 7 zijn de resultaten van de metingen grafisch weergegeven: De waarden van trench 1 (over de dijk) hebben een regelmatig verloop. Er mag hier een regelmatige grondopbouw worden verwacht.

Bij trench 3 is  $\rho_s$  hoger dan bij trench 2. Dit kan op een zandigere samenstelling van trench 3 wijzen. Bij trench 2 zijn pieken waargenomen in de punten 3 t/m 5 en 11. Bij trench 3 vindt men een duidelijke piek bij punt 3.

In trench 4 en 5 hebben de waarden van  $\rho_s$  een iets grilliger verloop dan in de overige trenches. Bij de punten 1, 2 en 3 is  $\rho_s$  in het diepere grondpakket hoger dan bij het ondiepere pakket.

Dit kan duiden op een zandigere samenstelling van de diepere lagen of op de aanwezigheid van een tussenliggende zandlaag.

In punt 4 van trench 5 zit een piek in de waarnemingen in de bovenste grondlagen. Deze piek wordt veroorzaakt door de relatief hoge weerstand in de afrit aldaar.

5. Boor- en sondeerprogramma.

Naar aanleiding van het hiervoor beschreven geo-elektrisch onderzoek is voor beide dijkvakken, in overleg met het Laboratorium voor Grondmechanica (LGM) een boor- en sondeerprogramma samengesteld.

5.1. Molenkolk.

Hieronder volgt een schema van het vastgestelde boor- en sondeerprogramma. De plaats van deze boor- en sondeerpunten zijn alle ten opzichte van de op de dijk aangegeven hectometerpalen aangegeven.

hm.p	plaats	type	minimale diepte	reden
22,5	10 m uit buitenteen	boring	5,00 m	dikte kleilaag
23,3*	10 m uit buitenteen	boring	5,00 m	laagopbouw homogeen gebied dp 23 - 25
ca.24,75	50 m uit buitenteen naast Wai- boerweg	boring	5,00 m	laagopbouw
	10 m uit buitenteen	boring	5,00 m	verificatie laagopbouw
	kruin	boring	8,00 m	samenstelling dijk
	binnenteen	boring en/of sondering	zo diep mogelijk	laagopbouw bij lagere $\rho_s$

\* Bij het plaatsen van een tweetal peilbuizen zijn bij hmp. 23,3 reeds een boring in de kruin en één in het binnentalud uitgevoerd.

5.2. Duffeltdijk.

Voor het onderzoek aan de Duffeltdijk is het volgende boorprogramma vastgesteld:

hm.p.	plaats	type	minimale diepte	reden
5,25	ca.50 m uit buiten- teen	boring	4,00 m	laagopbouw
	10 m uit buitenteen	boring	4,00 m	laagopbouw
	kruin	boring	8,00 m	samenstelling dijk
	binnenteen	boring	ca. 7,00 m	laagopbouw (afwijkende $\rho_s$ )
	15 m uit binnenteen	sondering	zo diep mogelijk	idem ter verificatie
6,0	10 m uit buiten- teen	boring	4,00 m	laagopbouw relatief hoge $\rho_s$ -waarde
6,5	kruin	boring	8,00 m	samenstelling dijk
	binnenteen	boring*	8,00 m	"normale" laagopbouw
	ca.15 m uit binnen- teen	boring*	8,00 m	verificatie laagopbouw
7,25	10 m uit buiten- teen	boring	4,00 m	verificatie
	kruin	boring	8,00 m	verificatie
	binnen- teen	boring	ca. 7,00 m	laagopbouw

hm.p.	plaats	type	minimale diepte	reden
7,25	ca.30 m uit bin- nenteen	sondering	zo diep mogelijk	

\* In deze boringen peilbuizen plaatsen. Filters op ca. 3,00 m en 7,00 m beneden maaiveld.

Den Haag, februari 1975.