

26 JUL 2001

## NOTITIE

Aan: PBZ (Hengst, Elzinga, van Herwerden), DWW (Montauban, Johanson, Nurmohamed)  
Van: Ronald van Etten  
Datum: 24-07-2001  
Onderwerp: Infiltratiemetingen Paviljoenpolder (Fugro) en relatie met dichtheidsmetingen (HBG)

### 1. Inleiding

In verband met de momenteel in uitvoering zijnde dijkverbetering langs de Paviljoenpolder op Zuid-Beveland, is in de periode van 9 t/m 11 juli 2001 door Fugro een negental infiltratiemetingen op mijnsteen uitgevoerd. Bij deze metingen zijn zowel de binnen- (0,5 x 0,5 m) als de buitenbakken (circa 1,5 x 1,5 m) van de DWW gebruikt. Deze metingen waren nodig om te bezien of de reeds aanwezige en de aangevulde mijnsteen na verdichting een kleinere doorlatendheid heeft dan  $1 \times 10^{-4}$  m/s. Indien de doorlatendheid inderdaad kleiner is dan  $1 \times 10^{-4}$  m/s, dan zou er geen gevaar bestaan dat de hierop aan te brengen asfaltlaag tijdens maatgevende omstandigheden wordt opgedrukt. Bij eerdere 'vereenvoudigde' metingen was namelijk gebleken dat de infiltratiesnelheid groter was dan deze waarde (zie memo van 14-06-2000). Deze 'vereenvoudigde' methode had betrekking op metingen zonder buitenbak om randeffecten tegen te gaan. Zonder buitenbak kan het water namelijk ook zijdelings weggestroomd zijn, zodat een hogere doorlatendheid wordt gemeten. Reden om toen de 'vereenvoudigde' meting uit te voeren was om niet een groot deel van de bekleding te hoeven verwijderen.

Een tweede doel van de infiltratiemetingen is om de gemeten doorlatendheden te koppelen aan dichtheidsmetingen, welke door de aannemer zijn uitgevoerd. Dit om gedurende de verdere uitvoering (profilen en verdichten van de mijnsteenlaag) uitsluitend op de verdichtingsgraad te kunnen sturen.

I.v.m. de naderende bouwvak was de wens (welke op 27 juni kenbaar werd gemaakt) van de aannemer om de proeven nog voor de vakantie (14 juli tot 6 augustus) uitgevoerd te zien. Dit hield in dat de voorbereidingstijd (offerteaanvraag, opdrachtverlening, controle en aanschaf apparatuur en materieel) erg kort was. Na telefonisch overleg tussen de DWW en Fugro voor uitvoering in week 28, is offerte aangevraagd en opdracht verleend. Hierbij gold als voorwaarde dat de persoon bij Fugro bekend was met dergelijke metingen.

### 2. De proeflocatie

In de Paviljoenpolder t.h.v. dijkpaal 21 (richting 22) is door de aannemer over een lengte van circa 50 m na het verwijderen van de blokken de eronder gelegen grindlaag tot aan de mijnsteen verwijderd. Vervolgens is een deel van het talud (helling ongeveer 1:3 à 3,5) met mijnsteen opgehoogd (circa 20 tot 40 cm) en onder profiel gebracht. Ongeveer de helft hiervan is tijdens het profileren met de kraan (rups) verdicht en de andere helft met een trilwals achter een shovel. Op deze wijze ontstonden 3 vakken, één vak met de oorspronkelijke mijnsteen, één vak verdicht met de rupskraan en één vak met een trilwals. Opgemerkt moet worden dat tijdens het verdichten met de trilwals het profiel werd verstoord en eerst moet worden hersteld alvorens de asfaltlaag zou kunnen worden aangebracht. De drie afzonderlijke proefvakken hadden net voldoende lengte (15 tot 20 m) om op elk vak 3 infiltratieproeven op min of meer gelijke hoogte (hart bakken t.h.v. 16° à 17° blokkenrij vanonder) uit te voeren. Verschuiven in hoogte (hoger of lager op het talud) was nagenoeg onmogelijk. Boven de 20° blokkenrij waren de blokken namelijk op klei gezet en lager in het talud was een deel van de mijnsteen door springtij weggespoeld.

005800 2001 PZDT-N-01215 inv



005800 2001 PZDT-N-01215 inv  
infiltratiemetingen Paviljoenpolder (Fugro) en relatief



### 3. De uitvoering

De bakken (infiltratieproeven) 1 t/m 4 zijn op 9 juli geplaatst. Nummer 1 en 2 op het met de kraan verdichte vak en de nummers 3 en 4 op de oorspronkelijke (ongeroerde) mijnsteenlaag. De bakken zijn voor zover mogelijk voorzichtig met een hydraulische kraan enkele cm in de mijnsteen gedrukt, waarna de randen met PUR-schuim zijn afgeschuimd. Na uitharding van de PUR-schuim en het plaatsten van waterspanningsmeters (2 in binnenbak en 2 in buitenbak) ter registratie van de waterstand, zijn de metingen uitgevoerd. Bij deze meting is het van belang dat de waterstand in binnen- en buitenbak zoveel mogelijk gelijk is. Dit wordt gedaan door aflezing van een duimstok welke over de rand van de binnenbak wordt gehangen, zodat de waterstand in de binnen- en de buitenbak kan worden vergeleken. Door lekkage en zijdelingse wegstroming daalt de waterstand in de buitenbak sneller dan in de binnenbak (meetbak), zodat de buitenbak constant moet worden aangevuld. De meetbak zelf mag gedurende meetperiode niet worden aangevuld. De daling in de tijd is dan een maat voor de infiltratiesnelheid. Indien de waterstand in de meetbak zo laag wordt dat deze aan de bovenzijde droog dreigt te vallen, worden de bakken op peil gebracht waarna de meting wordt herhaald. Afhankelijk van de mate waarin de lekkage al dan niet verergert en/of de meting op een andere wijze in negatieve zin wordt beïnvloed, worden de metingen een aantal maal herhaald.

Tijdens deze eerste meetdag waren diverse mensen (Plooster, Montauban en van Etten) van de DWW ter begeleiding aanwezig. Alhoewel exacte gegevens over de doorlatendheid nog niet bekend waren (digitale gegevens moesten eerst worden bewerkt), kon uit visuele waarnemingen van de eerste 4 proeven toch worden gemeld dat de infiltratiesnelheid beneden de  $1 \times 10^{-4}$  m/s ligt. De proeven 5, 6 en 7 zijn op 10 juli op de met de trilwals verdichte mijnsteen uitgevoerd. Tijdens de derde meting bij proef 7 zijn de bakken naar beneden geschoven, zodat verder meten onmogelijk was. De bakken voor proef 8 en 9 zijn op 11 juli geplaatst, proef 8 op het met de kraan verdichte mijnsteen tussen de eerder uitgevoerde proeven 1 en 2 en proef 9 op de oorspronkelijke mijnsteenlaag tussen de proeven 3 en 4. Door afwezigheid van de hydraulische kraan konden de bakken voor de proefopstellingen 5 t/m 9 niet in de mijnsteen worden gedrukt. Omdat ondanks afschuimen de buitenbakken door onderloopsheid lekten, is in de buitenbakken tegen de buitenrand nog wat klei aangebracht om dit zoveel mogelijk tegen te gaan. Verder was de uitvoering van de proeven gelijk. Op 11 juli was van de DWW alleen van Etten aanwezig.

### 4. Meetresultaten

Tijdens alle metingen is de waterdruk elke seconde geregistreerd en digitaal vastgelegd. Gelijktijdig kon het verloop van de waterdruk op het scherm van een laptop middels een programma (Easy View) worden gevolgd. Om de metingen te kunnen bewerken zijn deze door Fugro geconverteerd naar een Excel-formaat. Na ontvangst van de volledige dataset, zijn de metingen op volledigheid gecontroleerd en als volgt bewerkt:

- de niet voor de desbetreffende infiltratieproef gebruikte waterspanningsmeters zijn uit de dataset verwijderd
- omdat de waterspanningsmeters niet op een vastgestelde hoogte zijn geplaatst, zijn de waarnemingen in meetbak en buitenbak middels vaste waarden voor de gehele meting gecorrigeerd en wel zodanig dat de gemiddelde waterdruk van de 2 meters in de meetbak en de gemiddelde waterdruk van de 2 meters in de buitenbak overeenkomen (immers de waterstand in de buitenbak werd zoveel mogelijk gelijkgehouden aan de waterstand in de meetbak)
- vervolgens zijn van de 9 infiltratieproeven grafieken gemaakt, waarna voor elk bruikbaar deel van de proef een gemiddelde daling in de tijd is bepaald (zie bijlagen 1 t/m 9)
- voor de aangehouden daling en tijd en de berekende infiltratiesnelheden wordt verwezen naar bijlage 10
- omdat tijdens de metingen allerlei verstoringen en onnauwkeurigheden kunnen optreden zijn de resultaten op hun waarde getoetst (zie tabel 1)

Bij deze toetsing wordt met name gekeken naar de verschillen in waterstand tussen meetbak en buitenbak. De daling in de meetbak zal doorgaans een vrij constant verloop hebben terwijl de

waterstand in de buitenbak door tussentijds aanvullen meer zal fluctueren. Ook wordt gekeken naar de infiltratiesnelheid gedurende meerdere metingen. Deze is tengevolge van het vullen van holle ruimten meestal bij aanvang van de proef iets groter dan na verloop van enige tijd.

Infiltratieproef	Beschouwing	infiltr.snelheid m/s	Opmerking
1 - kraan verdicht	waterstandsverloop buitenbak varieert iets en is niet geheel gelijk aan dat in de meetbak, het verloop van de waterstand in de meetbak is vrij constant bij alle 4 de metingen (beïnvloeden elkaar niet), infiltratiesnelheid bij de eerste 2 metingen is groter dan bij de laatste 2 metingen hetgeen niet ongewoon is	1° 9,4E-05 2° 9,5E-05 3° 6,1E-05 4° 5,0E-05	- - - -
2 - kraan verdicht	ook hier varieert de waterstand in de buitenbak iets t.o.v. de meetbak, de waterstand in de buitenbak heeft een zeer geringe invloed op de meetbak, infiltratiesnelheid 1° meting groter dan de 2° en 3° meting mogelijk i.v.m. vullen poriën, laatste deel van de meting betreft leeglopen bakken	1° 1,2E-04 2° 4,5E-05 3° 6,4E-05	- - -
3 - oorspronkelijke laag	in tegenstelling tot de voorgaand metingen is de infiltratiesnelheid bij de 1° meting lager dan bij de 2° en 3° meting, bij de 4° meting werd duidelijk dat de binnenbak door het PUR-schuim los kwam van de mijnsteen, verder bleek de buitenbak steeds sneller leeg te lopen en lijkt de meetbak mee te trekken, daarom wordt de 1° meting het meest betrouwbaar geacht	1° 8,3E-05 2° 1,6E-04 3° 2,4E-04	- lekkage lekkage
4 - oorspronkelijke laag	Waterstand buitenbak over het algemeen enkele mm lager dan de meetbak, meetbak wordt niet beïnvloed door buitenbak, i.v.m. de lage doorlatendheid slechts 1 meting uitgevoerd welke is gesplitst in 1a en 1b, mogelijk is 1a het vullen van poriën	1a 5,0E-05 1b 6,7E-06	- -
5 - wals verdicht	waterstand buitenbak en meetbak nagenoeg gelijk, kunnen elkaar in zekere mate hebben beïnvloed, gezien het verloop van de grafiek is de 1° meting gesplitst in 1a en 1b, meting 1b wijkt duidelijk af hetgeen waarschijnlijk wijst op uitval pomp, daarom 1a en 2° meting aanhouden als reëel, een afname t.g.v. vullen poriën is niet echt duidelijk	1a 1,3E-04 1b 3,6E-04 2° 1,1E-04	- uitval pomp? -
6 - wals verdicht	waterstand buitenbak en meetbak nagenoeg gelijk, kunnen elkaar in zekere mate hebben beïnvloed, gezien het verloop van de grafiek is de 2° meting gesplitst in 2a en 2b, gezien de lage waterstand kan meting 2b beïnvloed zijn door gedeeltelijk droogvallen van de meetbak (niet meenemen), ook hier is tussen de 1° en 2°(a) geen duidelijk afname t.g.v. poriën te zien	1° 4,4E-04 2a 4,5E-04 2b 2,2E-04 3° 2,1E-04	- - drooggevallen? -
7 - wals verdicht	bij meting 1a en 2a waterstand buitenbak niet geheel gelijk aan waterstand meetbak, bij 1b en 2b wel, droogvallen lijkt hier niet aan de orde, verschil tussen a en b metingen alleen te verklaren door mogelijk vullen poriën, bij aanvang 3° meting bak naar beneden geschoven	1a 4,7E-04 1b 1,6E-04 2a 4,1E-04 2b 1,2E-04	- - - -
8 - kraan verdicht	waterstandsverloop buitenbak varieert iets en is niet geheel gelijk aan dat van de meetbak (zowel lager als hoger), bij de 3° meting is de waterstand echter 2 à 3 cm hoger dan in de meetbak hetgeen veroorzaakt is door wegzakken van de meter na wegspoelen klei, omdat in de buitenbak slechts 1 wspm heeft gewerkt is de meetdata niet gecorrigeerd, de 3° meting wordt echter wel als betrouwbaar beschouwd	1° 1,7E-04 2° 2,5E-04 3° 7,6E-05	- - -
9 - oorspronkelijke laag	ook hier varieert de waterstand in de buitenbak t.o.v. de meetbak, i.v.m. de lage doorlatendheid is er slechts 1 meting uitgevoerd, welke is gesplitst in 1a en 1b, omdat het eerste deel van de meting vrij lang duurt kan dit in combinatie met de infiltratiesnelheid niet als vullen van de poriën worden beschouwd	1a 6,8E-05 1b 5,0E-06	- -

Tabel 1. Toetsing betrouwbaarheid metingen

Na uitsluiting van de als onbetrouwbaar beschouwde metingen, zijn van de overgebleven metingen het gemiddelde per proefopstelling bepaald. Omdat niet in alle gevallen duidelijk is dat de eerste metingen het vullen van holle ruimten betreft, zijn deze zonder uitzondering bij het bepalen van het gemiddelde meegenomen. In tabel 2 zijn de resultaten per proefvak weergegeven.

oorspronkelijk (ongeroerd)			met rupskraan verdicht			met trilwals verdicht		
proef 4	proef 9	proef 3	proef 2	proef 8	Proef 1	proef 7	proef 6	proef 5
2,8E-05	3,6E-05	8,3E-05	7,5E-05	1,6E-04	7,5E-05	2,9E-04	2,7E-04	1,2E-04
gemiddeld 4,9E-05			gemiddeld 1,0E-04			gemiddeld 2,3E-04		

Tabel 2. Gemiddelde infiltratiesnelheid [m/s] per proefvak.

## 5. Conclusies infiltratieproeven.

De verschillen tussen de proeven per proefvak zijn vrij klein (factor 2 à 3), evenals de verschillen tussen de proefvakken onderling. Voor het met de rupskraan verdichte vak een factor 2 t.o.v. de ongeroerde mijnsteen en voor het met de trilwals verdichte vak een factor 4 à 5 t.o.v. de ongeroerde mijnsteen. Met name voor het met de trilwals verdichte vak werd visueel gezien (oppervlaktestructuur) een lagere infiltratiesnelheid verwacht. Omdat de waterstand in de meetbakken bij de infiltratieproeven op het met de trilwals verdichte vak nagenoeg gelijk was met de buitenbakken en de bakken niet met de kraan in de mijnsteen konden worden gedrukt, wordt niet uitgesloten dat de buitenbakken de meetbakken hebben beïnvloed.

Voor het bepalen van de werkelijke doorlatendheid moet de infiltratiesnelheid nog gedeeld worden door het verhang. Uitgaande van een laminaire stroming wordt het verhang bepaald door de gemiddelde waterhoogte in hart meetbak (circa 0,1 m) te sommeren met de dikte van de infiltratielaag en deze waarde te delen door de dikte van deze infiltratielaag. Voor de oorspronkelijke (ongeroerde) mijnsteen zal bij een dikte van 1 m de doorlatendheid een factor 1,1 kleiner zijn dan de infiltratiesnelheid. Voor de opgebrachte en de verdichte mijnsteen wordt uitgaande van een laagdikte van 0,4 m de doorlatendheid een factor 1,25 kleiner dan de infiltratiesnelheid. Uitgaande van deze factoren bedraagt de doorlatendheid voor de ongeroerde mijnsteen ongeveer  $4,5 \times 10^{-5}$  m/s, voor de met de rupskraan verdichte mijnsteen ongeveer  $8,3 \times 10^{-5}$  m/s en voor de met de trilwals verdichte mijnsteen ongeveer  $1,8 \times 10^{-4}$  m/s.

Met betrekking tot de vraag of de mijnsteen een lagere doorlatendheidsfactor heeft dan  $1 \times 10^{-4}$  m/s, kan ondanks enkele onzekerheden aan de hand van de uitgevoerde infiltratieproeven in ieder geval worden vastgesteld dat zowel de ongeroerde als de met de kraan verdichte mijnsteen hieraan voldoet.

Over het met de trilwals verdichte mijnsteen kan geen duidelijke uitspraak worden gedaan over de doorlatendheid. Door het op deze wijze verdichten wordt de mijnsteen vergruisd en treed er verweking op. Bovendien wordt het profiel ernstig vervormd waardoor opnieuw moet worden geprofileerd. Op grond van deze bevindingen wordt deze wijze van verdichten afgeraden.

## 6. Gemeten dichtheden in relatie tot de doorlatendheid.

Op 17 juli is via Projectbureau Zeeweringen per fax ontvangen het verdichtingsonderzoek dat door HBG is uitgevoerd. Een deel van dit onderzoek heeft niet alleen betrekking op de mijnsteen maar ook op materiaal bestaande uit mijnsteen en steenslag. De proctordichtheden van dit materiaal is in onderstaande beschouwing niet meegenomen, evenals de proctordichtheden van het als 'gedeeltelijk los (profielcorrectie)' omschreven materiaal. In tabel 3 zijn de door HBG gemeten EPD's, de gemeten dichtheden en de bijbehorend vochtgehalten van het materiaal uit de verschillende proefvakken weergegeven. Opgemerkt moet worden dat deze gegevens betrekking hebben op metingen voordat de infiltratieproeven zijn uitgevoerd.

	ongeroerd			rupskraan			trilwals		
	EPD	Vocht %	Gemeten	EPD	Vocht %	Gemeten	EPD	Vocht %	Gemeten
1	2037	7,9	1898	2056	7,8	1965	2036	9,5	2013
2	2060	7,8	2019	1943	8,2	1857	2018	11	1934
3	1972	8,2	1842	2060	8	1974	2026	9	2037
gemiddeld	2023	8,0	1920	2020	8,0	1932	2027	9,8	1995
stdev	46	0,2	90	66	0,2	65	9	1,0	54

Tabel 3. Eenpuntsproctordichtheden, gemeten dichtheden en vochtgehalten.

Alhoewel de spreiding van zowel de EPD's als de gemeten dichtheden per proefvak vrij groot is, is het verschil van de gemiddelde EPD tussen de proefvakken onderling erg klein. Op basis van deze gegevens zou men als EPD een gemiddelde waarde kunnen aanhouden van 2023 kg/m<sup>3</sup> bij een vochtgehalte van 8,6 %. De verschillen tussen de proefvakken onderling voor de gemeten gemiddelde dichtheden zijn groter, maar ligt ongeveer in dezelfde orde van grootte als de verschillen welke per proefvak kunnen optreden. Duidelijk is wel dat in het met de trilwals verdichte vak een hogere dichtheid wordt gemeten dan in de overige twee vakken.

Op 9 en 10 juli zijn door HBG ter weerszijden van de infiltratieproeven 1 t/m 7 eveneens nucleaire dichtheidsmetingen uitgevoerd. Dit om een mogelijke relatie te kunnen aantonen tussen de doorlatendheid en de mate van verdichting. De door HBG gemeten dichtheden alsmede de door Fugro-DWW vastgestelde infiltratiesnelheden zijn in tabel 4 weergegeven.

gemeten dichtheid	proef 1 rupskraan	proef 2 rupskraan	proef 3 ongeroerd	proef 4 ongeroerd	proef 5 trilwals	proef 6 trilwals	proef 7 trilwals
links [kg/m <sup>3</sup> ]	1829	1911	1967	1927	1982	1944	1933
rechts [kg/m <sup>3</sup> ]	1822	1913	1886	1824	1978	1993	1961
gemiddeld [kg/m <sup>3</sup> ]	1826	1912	1926	1876	1980	1969	1947
infiltratie [m/s]	7,5E-05	7,5E-05	8,3E-05	2,8E-05	1,2E-04	2,7E-04	2,9E-04
gemiddelde [kg/m <sup>3</sup> ]	1869		1901		1965		
infiltratie [m/s]	7,5E-05		5,6E-05		2,3E-04		

Tabel 4. Gemeten droge dichtheden en infiltratiesnelheden.

Bij vergelijking van de per vak gevonden dichtheden en de infiltratiesnelheid kan het volgende worden vastgesteld:

- in het proefvak dat met de rupskraan is verdicht is de infiltratiesnelheid bij proef 1 en proef 2 gelijk terwijl de gemeten dichtheid aanzienlijk verschilt (86 kg/m<sup>3</sup>)
- in het ongeroerde proefvak is de infiltratiesnelheid op de locatie waar de hoogste dichtheid is gemeten (proef 3) juist het grootst en op de locatie met de laagste dichtheid (proef 4) het kleinst, hetgeen in tegenstelling is met wat verwacht mag worden
- in het met de trilwals verdichte vak wordt de laagste infiltratiesnelheid wel gevonden bij de hoogste dichtheid en de hoogste infiltratiesnelheid bij de laagste dichtheid

Omdat de spreiding in de dichtheid zowel links als rechts gemeten van de bakken alsmede tussen de proeflocaties onderling vrij groot is, zijn ook de gemiddelde waarden per vak met elkaar vergeleken waarbij het volgende kan worden opgemerkt:

- de gemiddelde dichtheden per vak gemeten tijdens de infiltratieproeven liggen beduidend lager dan de eerder gemeten dichtheden (zie tabel 3)
- tussen het ongeroerde vak en het met de rupskraan verdichte vak kan voor de dichtheid en de infiltratie wel een logische relatie worden gelegd, maar tussen het met de trilwals verdichte vak en de andere twee vakken weer niet

**Samenvattend moet worden geconcludeerd dat er geen duidelijke relatie kan worden aangetoond tussen enerzijds de dichtheidsmetingen en anderzijds de infiltratiesnelheid c.q. de doorlatendheid.**

## 7. Aanbevelingen

Gezien de niet aantoonbare relatie tussen de mate van verdichting en de doorlatendheid, alsmede de gevonden doorlatendheden op zowel het vak met de ongeroerde mijnsteen ( $4,5 \times 10^{-5}$  m/s) als op het vak dat met de rupskraan is verdicht ( $8,3 \times 10^{-5}$  m/s), worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- bij verwijderen van de grindlaag onder de betonblokken dient de oorspronkelijk mijnsteenlaag zoveel mogelijk in tact te worden gelaten (zo min mogelijk verstoren)
- bij aanvullen van mijnsteen op de oorspronkelijke mijnsteen dient deze in lagen van circa 20 cm te worden aangebracht en verdicht met een rupskraan
- uitgaande van een gemiddelde proctordichtheid van  $2023 \text{ kg/m}^3$  en een vochtgehalte van 8,6% kan als minimale verdichtingsgraad 90% worden aangehouden

Gezien de vrij grote spreiding in een vak tussen nucleaire (Troxler) dichtheidsmetingen op mijnsteen (graf divers materiaal) en de gemeten verschillen na een bepaalde tijd in hetzelfde vak (tabel 3 en 4) zou aanvullend onderzoek gewenst zijn. Dit om meer inzicht te verkrijgen in de mate van spreiding. Het onderzoek zou moeten bestaan uit nucleaire metingen, monsternamen hier ter plaatse in combinatie met volumebepalingen, bepalingen vochtgehalten en korrelverdelingen in het lab en het bepalen van proctordichtheden bij verschillende vochtgehalten. Omdat tijdens de proctorproef al vergruizing optreedt, zal nadien opnieuw de korrelverdeling moeten worden bepaald.

Verder verdient het aanbeveling om de methode waarop de infiltratieproeven momenteel worden uitgevoerd te verbeteren, met name op dergelijk doorlatende filter materialen als mijnsteen of steenslag. Bovendien dient de uitvoeringsmethode zodanig te worden aangepast, opdat ook een minder ervaren meettechnicus een betrouwbare meting kan verrichten en achteraf inzichtelijk is hoe de meting exact is verlopen. Een voorstel hiertoe wordt in de loop van het jaar uitgewerkt.

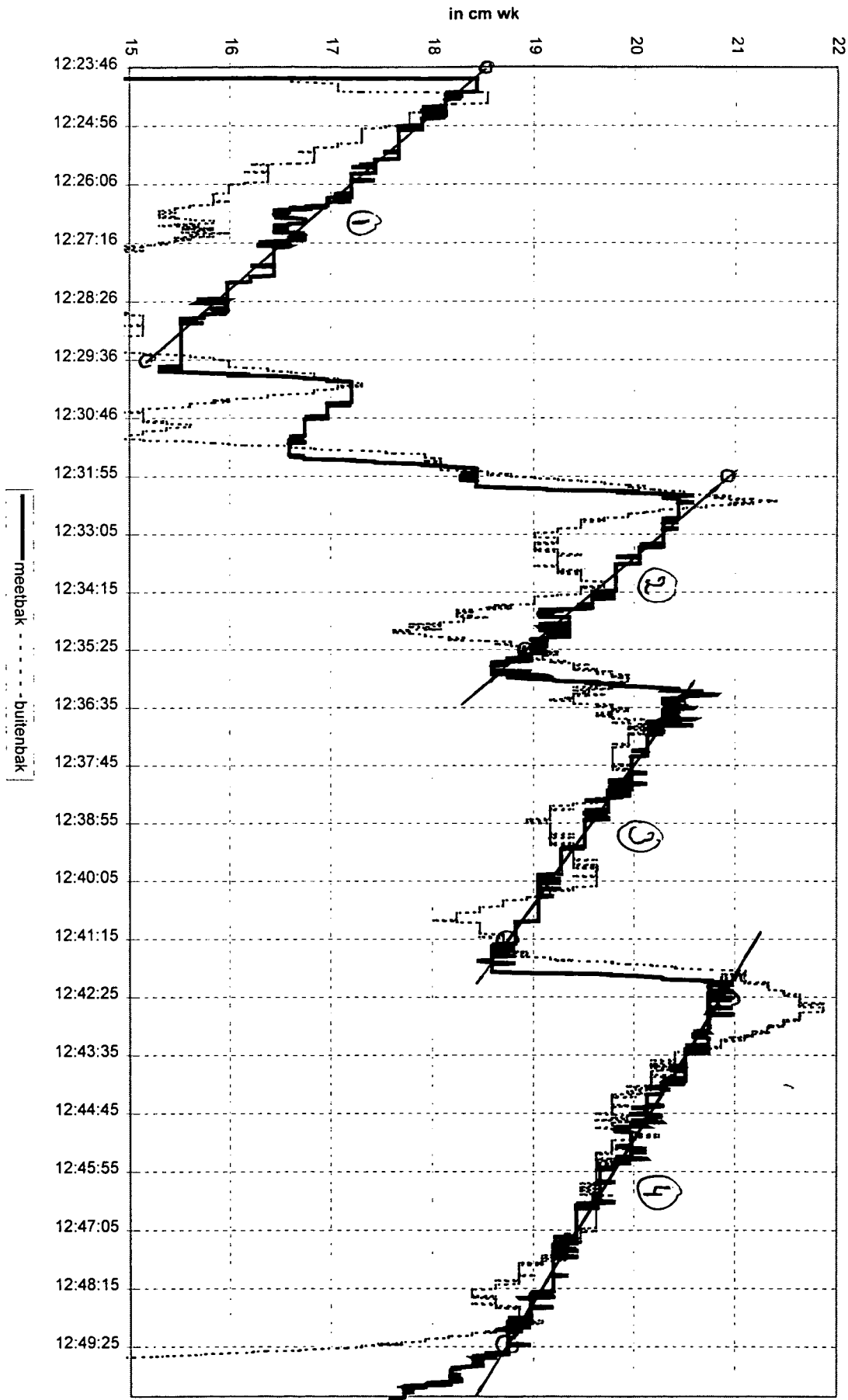
Pas wanneer van beide methoden de mogelijke spreiding c.q. nauwkeurigheid op een dergelijk materiaal als mijnsteen bekend is, zou het vaststellen van een mogelijke relatie zinvol worden.

Bijlagen:

- |             |   |
|-------------|---|
| 1 t/m 9     | Grafieken verloop infiltratiemetingen                         |
| 10          | Tabel berekeningen  |
| 11a t/m 11c | Dichtheden HBG (belangrijkste deel van de ontvangen gegevens) |

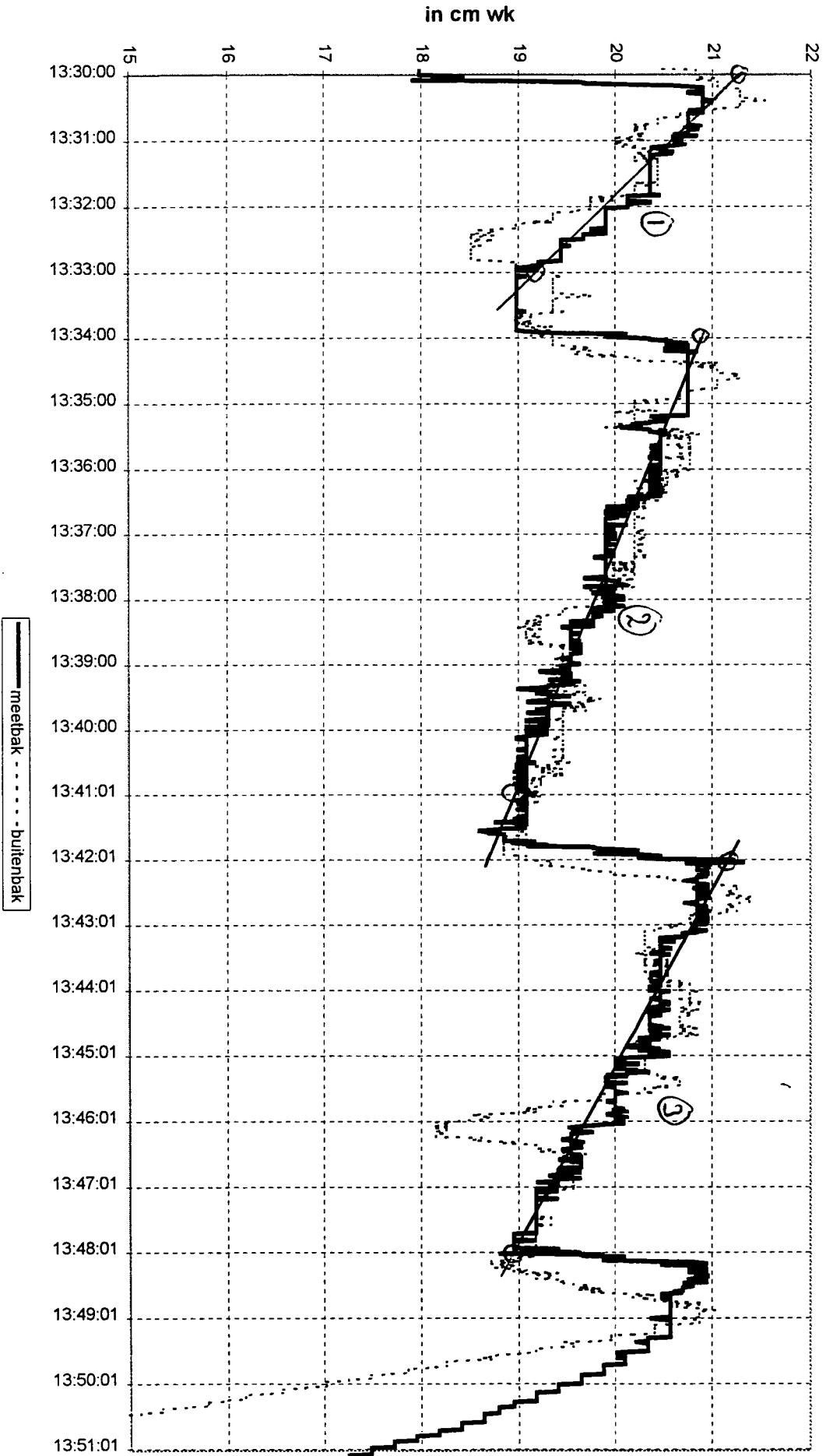
\*\*\*\*\*

Paviljoenpolder dp 21, infiltratieproef 1, 09-07-2001, op met kraan verdicht mijnsteen

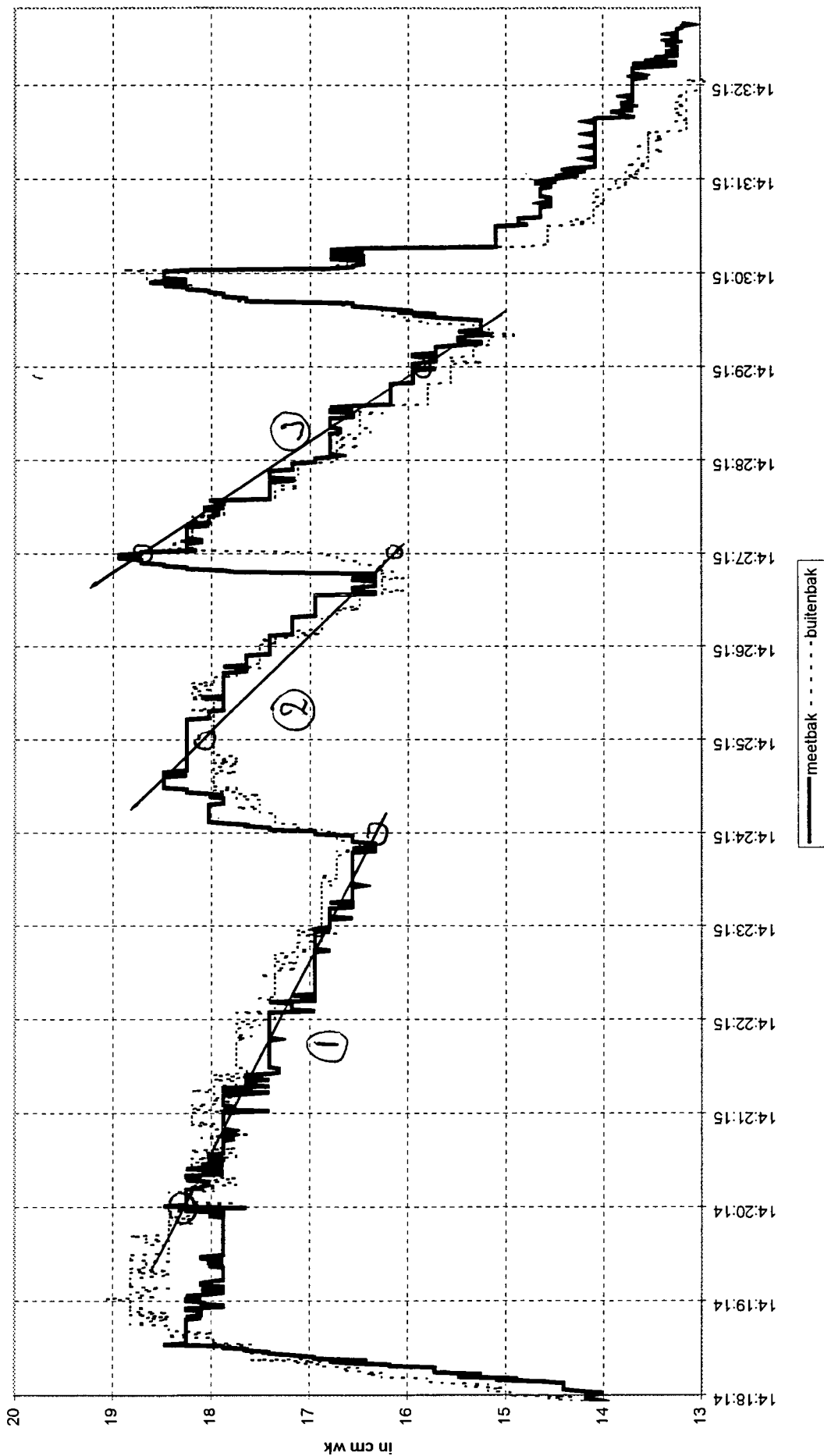




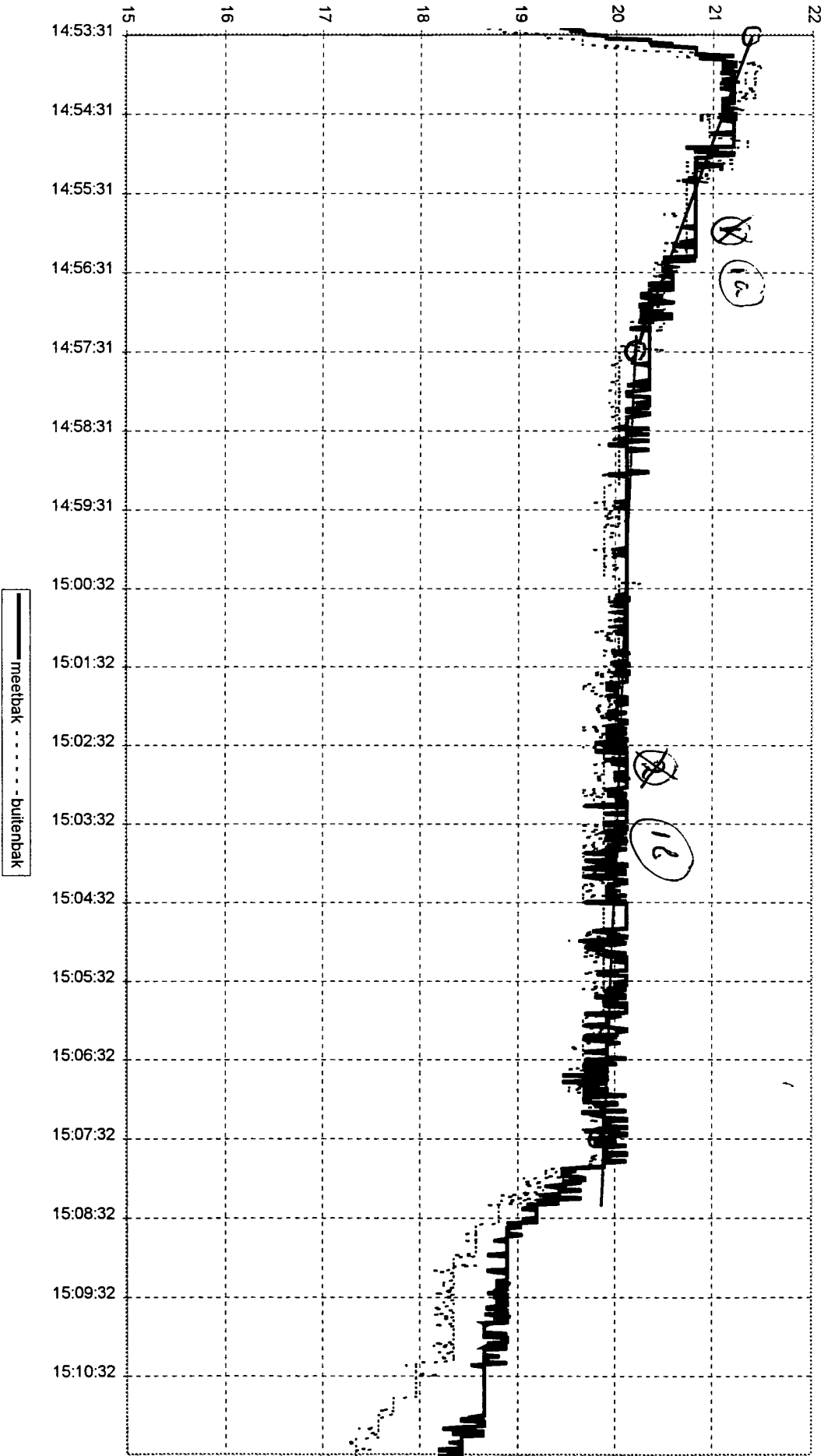
Paviljoenpolder dp 21, infiltratieproef 2, 09-07-2001, op met kraan verdichtt mijnsteen



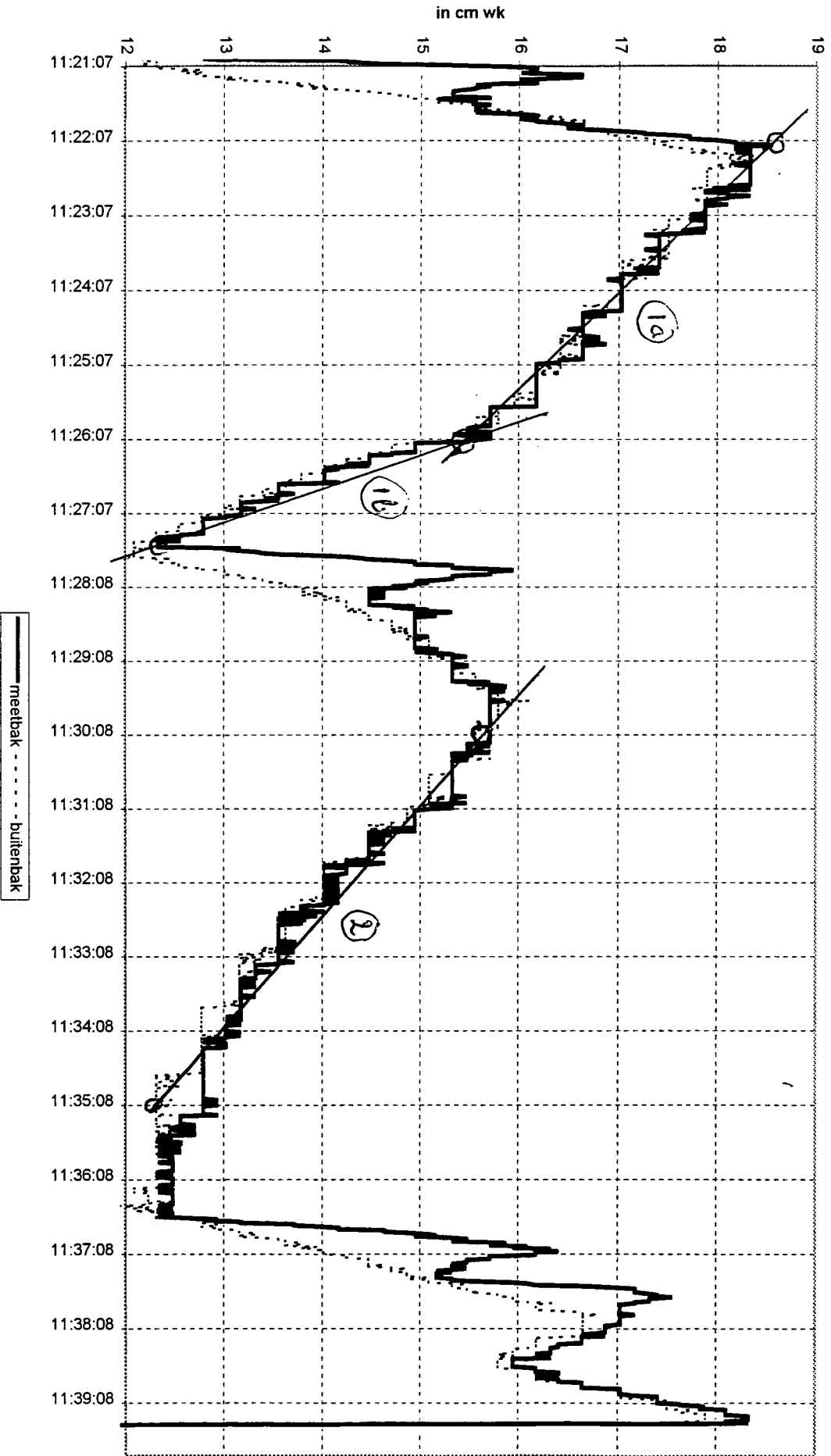
Paviljoenpolder dp 21, infiltratieproef 3, 09-07-2001, op mijnsteen na verwijderen grindlaag



Paviljoenpolder dp 21, infiltratieproef 4, 09-07-2001, op mijnsteen na verwijderen grindlaag



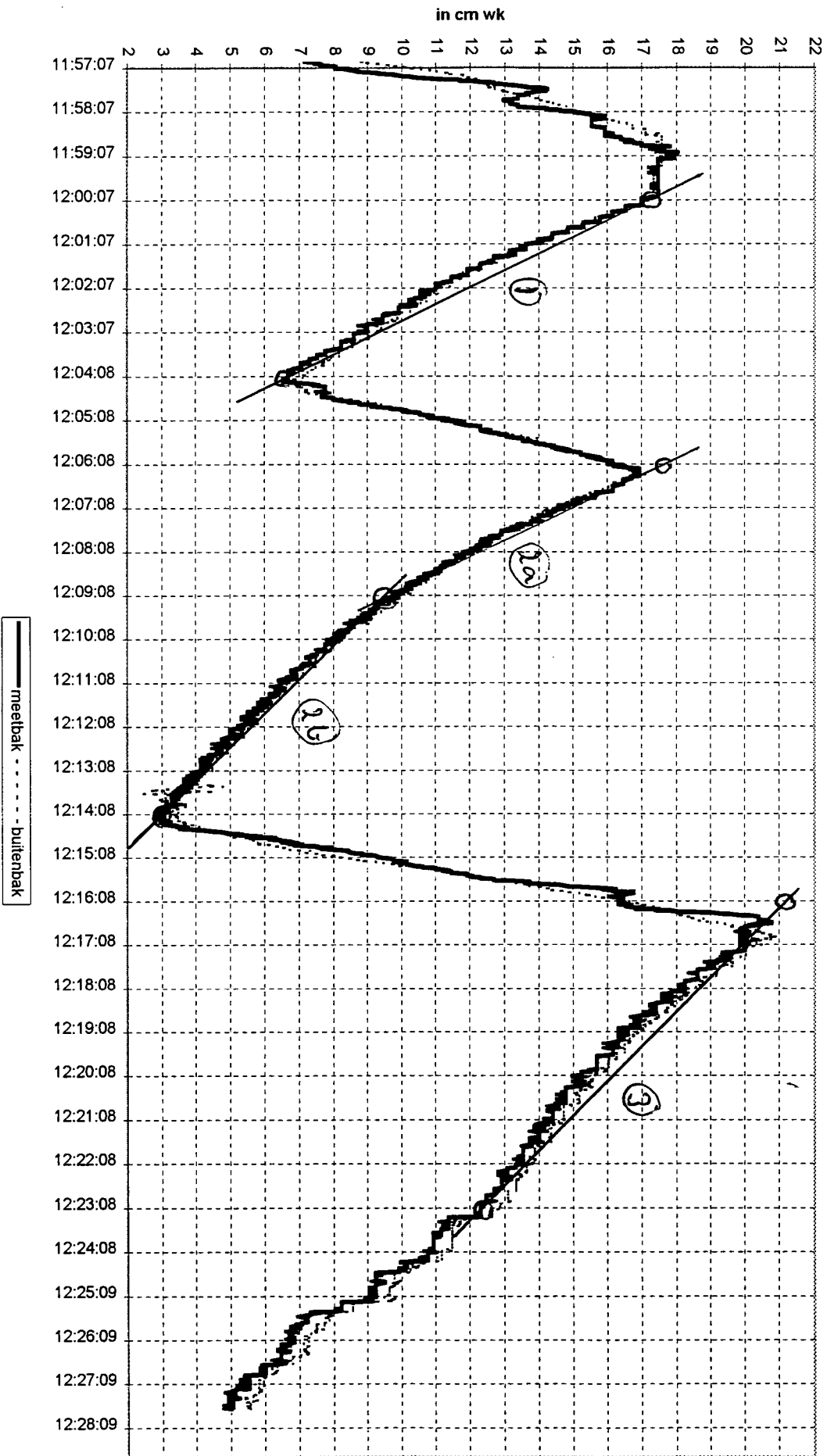
Paviljoenpolder dp 21, infiltratieproef 5, 10-07-2001, op met trilwals verdicht mijnsteen



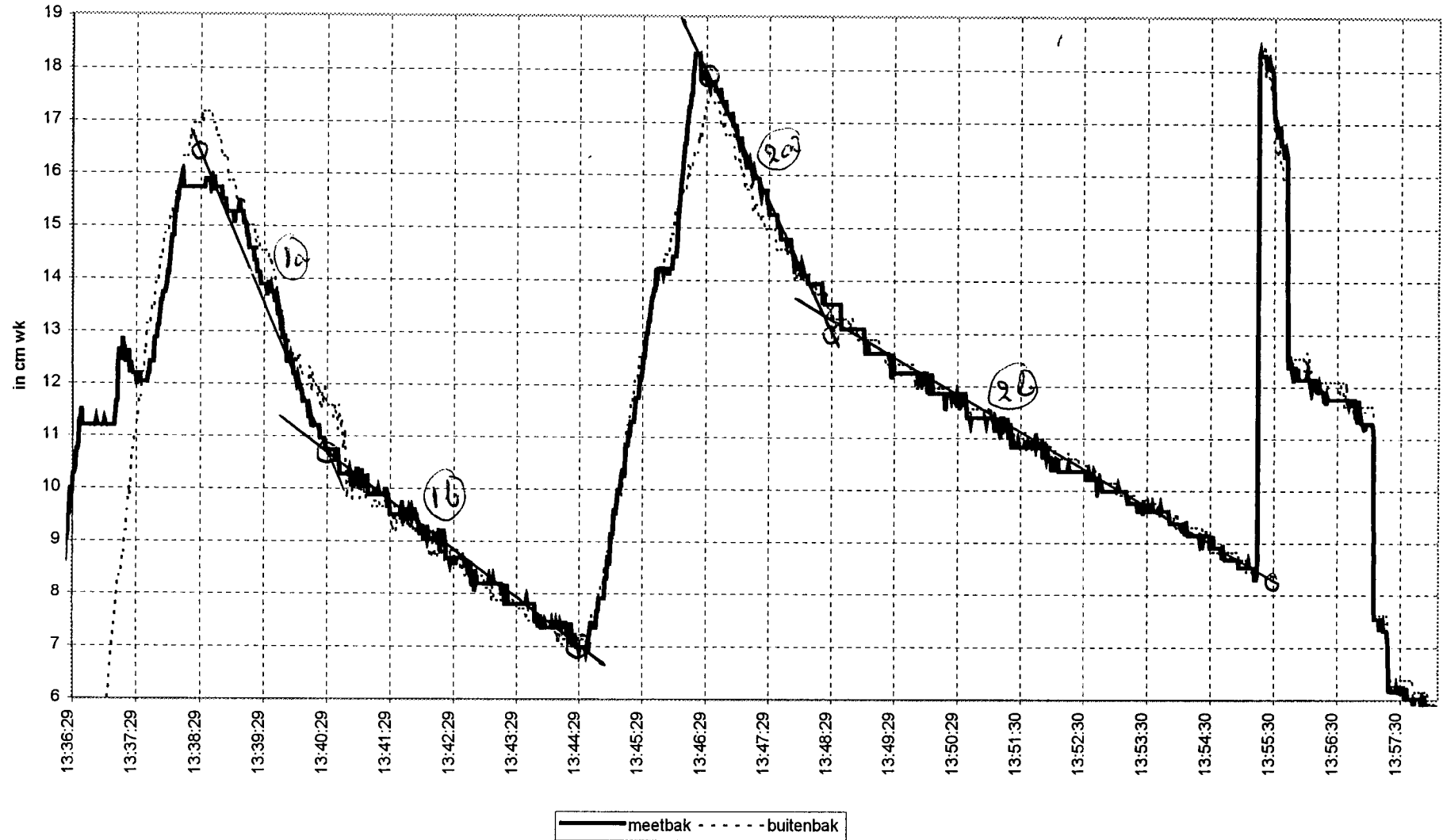
Ronald van Eten, 17-07-2001

Blz. 5

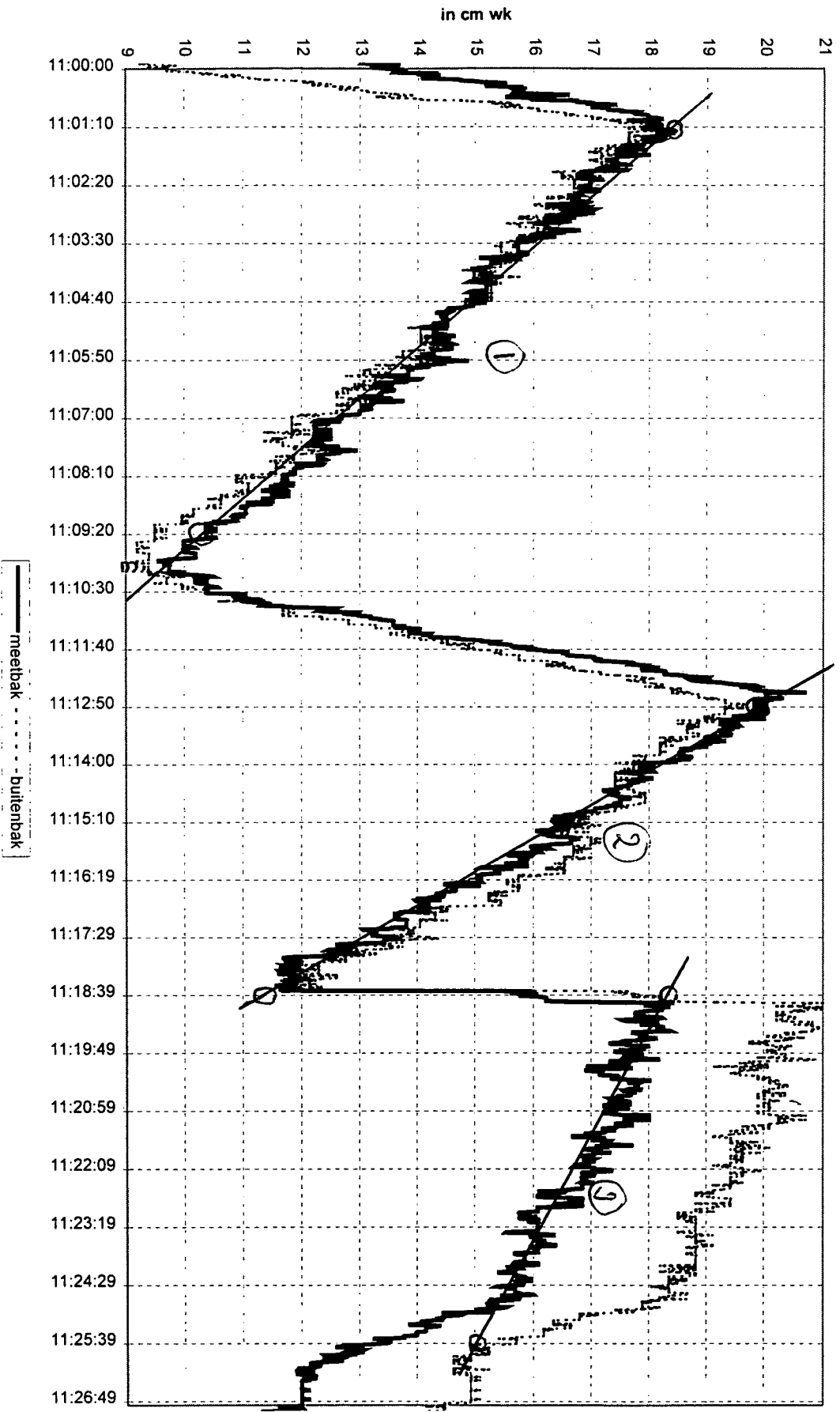
Paviljoenpolder dp 21, infiltratieproef 6, 10-07-2001, op met trilwals verdicht mijnsteen



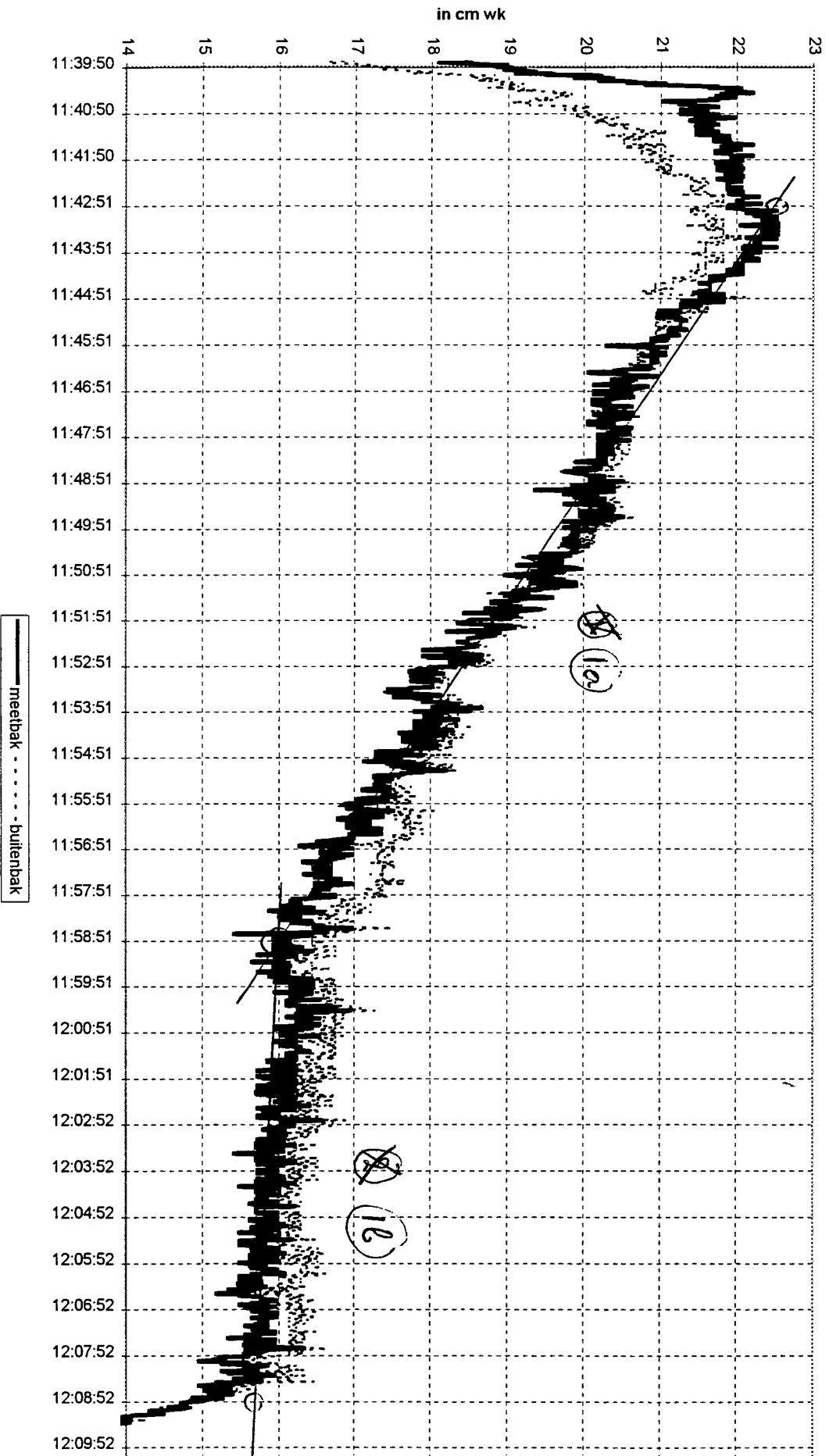
Paviljoenpolder dp 21, infiltratieproef 7, 10-07-2001, op met trilwals verdicht mijnsteen



Paviljoenpolder dp 21, infiltratieproef 8, 11-07-2001, op met kraan verdichtt mijnsteen



Paviljoenpolder dp 21, infiltratieproef 9, 11-07-2001, op mijnsteen na verwijderen grindlaag





## Paviljoenpolder dp 21, Infiltratieproeven op mijnsteen, juli 2001, totaal resultaat

Proef	datum	verdichtingswijze	watermiveau in cm			tijd start	tijd einde	tijd verschil	tijd in sec	infiltratie m/s			
			meting	start	einde								daling
1	9-7-2001	kraan verdicht	1	18,5	15,2	3,3	12:23:46	12:29:36	0:05:50	350	9,4E-05		
1	9-7-2001	kraan verdicht	2	20,9	18,9	2,0	12:31:55	12:35:25	0:03:30	210	9,5E-05		
1	9-7-2001	kraan verdicht	3	20,4	18,7	1,7	12:36:35	12:41:15	0:04:40	280	6,1E-05		
1	9-7-2001	kraan verdicht	4	20,8	18,7	2,1	12:42:25	12:49:25	0:07:00	420	5,0E-05		
											<b>Gemiddeld</b>	<b>7,5E-05</b>	
2	9-7-2001	kraan verdicht	1	21,3	19,2	2,1	13:30:00	13:33:00	0:03:00	180	1,2E-04		
2	9-7-2001	kraan verdicht	2	20,9	19	1,9	13:34:00	13:41:00	0:07:00	420	4,5E-05		
2	9-7-2001	kraan verdicht	3	21,2	18,9	2,3	13:42:00	13:48:00	0:06:00	360	6,4E-05		
											<b>Gemiddeld</b>	<b>7,5E-05</b>	
3	9-7-2001	niet, na verwijderen grind	1	18,3	16,3	2,0	14:20:15	14:24:15	0:04:00	240	8,3E-05		
3	9-7-2001	niet, na verwijderen grind	2	18,1	16,2	1,9	14:25:15	14:27:15	0:02:00	120	1,6E-04	lekkage	
3	9-7-2001	niet, na verwijderen grind	3	18,7	15,8	2,9	14:27:15	14:29:15	0:02:00	120	2,4E-04	lekkage	
											<b>Gemiddeld</b>	<b>8,3E-05</b>	
4	9-7-2001	niet, na verwijderen grind	1a	21,4	20,2	1,2	14:53:31	14:57:31	0:04:00	240	5,0E-05		
4	9-7-2001	niet, na verwijderen grind	1b	20,2	19,8	0,4	14:57:31	15:07:31	0:10:00	600	6,7E-06		
											<b>Gemiddeld</b>	<b>2,8E-05</b>	
5	10-7-2001	wals verdicht	1a	18,6	15,5	3,1	11:22:07	11:26:07	0:04:00	240	1,3E-04		
5	10-7-2001	wals verdicht	1b	15,5	12,3	3,2	11:26:07	11:27:37	0:01:30	90	3,6E-04	uitval pomp	
5	10-7-2001	wals verdicht	2	15,7	12,3	3,4	11:30:08	11:35:08	0:05:00	300	1,1E-04		
											<b>Gemiddeld</b>	<b>1,2E-04</b>	
6	10-7-2001	wals verdicht	1	17,2	6,7	10,5	12:00:07	12:04:07	0:04:00	240	4,4E-04		
6	10-7-2001	wals verdicht	2a	17,7	9,6	8,1	12:06:08	12:09:08	0:03:00	180	4,5E-04		
6	10-7-2001	wals verdicht	2b	9,6	3	6,6	12:09:08	12:14:08	0:05:00	300	2,2E-04	drooggevallen	
6	10-7-2001	wals verdicht	3	21,2	12,3	8,9	12:16:08	12:23:08	0:07:00	420	2,1E-04		
											<b>Gemiddeld</b>	<b>2,7E-04</b>	
7	10-7-2001	wals verdicht	1a	16,4	10,8	5,6	13:38:29	13:40:29	0:02:00	120	4,7E-04		
7	10-7-2001	wals verdicht	1b	10,8	7	3,8	13:40:29	13:44:29	0:04:00	240	1,6E-04		
7	10-7-2001	wals verdicht	2a	17,9	13	4,9	13:46:29	13:48:29	0:02:00	120	4,1E-04		
7	10-7-2001	wals verdicht	2b	13,2	8,3	4,9	13:48:29	13:55:29	0:07:00	420	1,2E-04		
											<b>Gemiddeld</b>	<b>2,9E-04</b>	
8	11-7-2001	kraan verdicht	1	18,4	10,3	8,1	11:01:10	11:09:20	0:08:10	490	1,7E-04		
8	11-7-2001	kraan verdicht	2	19,9	11,3	8,6	11:12:50	11:18:40	0:05:50	350	2,5E-04		
8	11-7-2001	kraan verdicht	3	18,3	15,1	3,2	11:18:39	11:25:39	0:07:00	420	7,6E-05		
											<b>Gemiddeld</b>	<b>1,6E-04</b>	
9	11-7-2001	niet, na verwijderen grind	1a	22,5	16	6,5	11:42:51	11:58:51	0:16:00	960	6,8E-05		
9	11-7-2001	niet, na verwijderen grind	1b	16	15,7	0,3	11:58:51	12:08:51	0:10:00	600	5,0E-06		
											<b>Gemiddeld</b>	<b>3,6E-05</b>	
											<b>Gemiddeld per vak:</b>		
											<b>ongeroerd (na verwijderen grind)</b>	<b>4,9E-05</b>	<b>4,5E-05</b>
											<b>met rupskraan verdicht</b>	<b>1,0E-04</b>	<b>8,3E-05</b>
											<b>met trilwals verdicht</b>	<b>2,3E-04</b>	<b>1,8E-04</b>

Infiltratiesnelheid op mijnsteen na verwijderen grind (ongeroerd)			Infiltratiesnelheid op mijnsteen na aanvullen en verdichten met kraan			Infiltratiesnelheid op mijnsteen na aanvullen en verdichten met wals		
proef 4	proef 9	proef 3	proef 2	proef 8	proef 1	proef 7	proef 6	proef 5

Bijlage 11a

**KWALITEITSDIENST HOLLANDSCHE BETON GROEP B.V. REGIO  
WEST-ZUID**

Spijksedijk 16A, 4207 GN, Gorinchem  
Tel 0183-623686  
Fax 0183-624708

Aan : Combinatie Paviljoenpolder  
t.a.v. : G. Visser  
Van : Jan Elfing  
Datum : 13-07-2001  
Betreft : Proefvak mijnsteen

### Algemeen

Volgens bestek nr. ZI 5112 dient voor de verwerking van de mijnsteen door de aannemer een geschiktheids onderzoek te worden uitgevoerd met als doel het vaststellen van de uiteindelijk in het werk te bereiken verdichtingsgraad. Hiertoe is op 5 juli jl. begonnen met de aanleg van een proefvak (bestekspost 22 95 01). De directie is hiervan in kennis gesteld zodat gelijktijdig onderzoek heeft plaats gevonden naar de waterdoorlatendheid van het materiaal bij de verschillende verdichtingspercentages.

### Geschiktheidsonderzoek

Voordat met de aanleg van het proefvak kon worden begonnen is een deel van het talud over een lengte van +/- 50 meter vrij gemaakt van betonblokken. Het onder de blokken aanwezige grind is na overleg met de opdrachtgever verwijderd en afgevoerd. Het overgebleven oppervlak bestaat enkel uit zwarte mijnsteen. Het vak is verder onderverdeeld in een aantal subvakken welke ieder een andere bewerking hebben ondergaan. In onderstaande tabel is weergegeven welke bewerking ieder subvak heeft ondergaan en wat hiervan het resultaat is op de verdichting.

Vak nr.	Bewerking	Aantal metingen	Gemiddelde dichtheid droog kg/m <sup>3</sup>	Gemiddelde EPD	Gemiddelde verdichting
1	Ongeroerde mijnsteen	3	1920	2023	94.9
2	Gedeeltelijk los aangebrachte mijnsteen (profiel correctie)	2	1826	1964	93.1
3	Verdicht met een overgang van een rupskraan. Over gedeeltelijk los materiaal.	3	1932	2020	95.6
5	Verdicht met trilwals	3	1995	2027	98.4

*Gemiddelden van P<sub>4</sub>*

NVT

Bijlage 11E

Door de sterke verwering van het materiaal blijkt de variatie in de individuele waarnemingen groot. Vooral tijdens het verdichten bij de proctorproef valt het materiaal voor een grootdeel uiteen waardoor het bij een relatief laag vochtgehalte al begint te verpappen. In het eerste vak is het materiaal bekeken wat reeds een periode van +/- 30 jaar in de baan heeft gezeten. Hiervan zou men kunnen aan nemen dat de mijnsteen zich gedurende de loop der jaren dusdanig heeft gezet dat er zich in dit materiaal met de aanwezige belasting geen zettingen meer voordoen. De dichtheid in het tweede proefvak is laag, de verdichtingsgraad blijkt echter ten opzichte van het ongeroerde materiaal op een redelijk niveau te liggen. Gezien de grote spreiding in de individuele metingen is niet met zekerheid te zeggen of het afblokken met een rupskraan enige invloed heeft op de verdichting. Omdat op deze locaties de los aangebrachte hoeveelheid mijnsteen minimaal is komt de verdichtingsgraad nagenoeg overeen met het ongeroerde materiaal. Het verdichten met een trilrol geeft duidelijk de hoogste verdichtingsgraad te zien het talud vervormd hierbij echter aanzienlijk. Vooral boven in de laag wordt een groot deel van het materiaal verbrijzeld.

### Waterdoorlatendheidsmetingen.

Om een mogelijke relatie te kunnen aantonen tussen de doorlatendheid en de verdichting is langs zeven van tien proefopstellingen de dichtheid gemeten. De resultaten hiervan zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Datum	Bak nr	Dd links	Dd rechts	gemiddeld
09-07-2001	1	1829	1822	1826
	2	1911	1913	1912
	3	1967	1886	1926
	4	1927	1824	1876
10-07-2001	2	1982	1978	1980
	3	1944	1993	1969
	4	1933	1961	1947
Gemiddelde dichtheid totaal				1919

kraan

ongerodert

trilwals

Jan Elfing  
Kwaliteitsdienst  
HBG civiel

Bijlage II c



CIVIEL

**Kwaliteitsdienst regio West-Zuid**

Telefoon : 0183-623686

**Nucleaire meting**

Werk : Combinatie paviljoenpolder Werknr : n.v.t. Meetdatum : 5 juli 2001 Soort materiaal : mijnsteen Gem. proctor totaal : kg/m <sup>3</sup>					
Locatie nr.	Dichtheid droog (kg/m <sup>3</sup> )	Vocht in %	Verdichtingsgraad in % (m/m)	EPD	Opmerkingen
1	1898	7,9	93,2	2037	ongeroerde mijnsteen
2	2019	7,8	98,0	2060	" "
3	1842	8,2	93,4	1972	" "
1	1829	9,5	92,3	1982	gedeeltelijk los (profiel correctie)
2	1822	7,9	93,6	1946	" " " "
1	1965	7,8	95,6	2056	verdicht met rupskraan
2	1857	8,2	95,6	1943	" " "
3	1974	8,0	95,8	2060	" " "
1	2013	9,5	98,9	2036	verdicht met trilwals
2	1934	11,0	95,8	2018	" " "
3	2037	9,0	100,5	2026	" " "
<b>Gemiddeld</b> <b>1926</b> <b>8,6</b> <b>95,7 %</b> <b>2012,4</b>					
<b>Laagst gemeten verdichtingsgraad</b>			<b>92,3 %</b>		
<b>Eisen aanbeveling bestek.</b>					
<b>Gemiddelde verdichtingsgraad</b>			<b>%</b>		
<b>Eis minimumwaarde minimaal</b>			<b>90,0 %</b>		

N.V.T

**Opm** : Alle metingen voldoen aan de in het bestek gestelde aanbeveling.

Kwaliteitsdienst  
 HWZ regio West-Zuid  
 Laborant : J. Elfring

 Handtekening :
 

Datum : 6 juli 2001