

PRIJS
€ 8,00

ONDERZOEKSRAPPORT
F512108

F512

**METINGEN MAAIVELDDEFORMATIES BIJ
PRAKTIJKONDERZOEK F510 BOORTUNNEL GROENE
HART**

COB – CENTRUM ONDERGRONDS BOUWEN

Het Centrum Ondergronds Bouwen wil als kennisnetwerk oog en oor zijn voor alles wat met ondergronds bouwen te maken heeft. Vanuit de visie dan ondergrond ruimtegebruik en essentiële bijdrage levert aan een mooi, leefbaar en slagvaardig Nederland, stimuleert het COB de dialoog tussen alle mogelijke partijen die een rol spelen bij de verkenning van belemmeringen en mogelijkheden van het bouwen onder de grond. Naast het (mede) uitvoeren van onderzoeken, is het COB actief op het gebied van communicatie, kennismanagement en onderwijs, onder meer door de ondersteuning van een leerstoel ondergronds bouwen aan de TU Delft en het lectoraat ondergronds ruimtegebruik aan de Hogeschool Zeeland. Meer dan honderd organisaties uit het bedrijfsleven, de overheid alsmede kennisinstellingen bundelen in het COB hun krachten en expertise. Het COB maakt deel uit van het CUR.NET en stemt zijn activiteiten af met andere deelnemers aan dat netwerk, zoals CUR, Habiforum en SKB. Daarnaast heeft het COB een Memorandum Of Understanding met de Japan Tunneling Association (JTA) en stimuleert het internationale uitwisselingen met andere landen. COB is mede initiatiefnemer van het nieuwe onderzoeksprogramma ECON en werkt nauw samen met Delft Cluster.

COB NA 2003

In 2003 loopt de tweede onderzoeksperiode van het COB af. In nauw overleg met de participanten is een businessplan opgesteld voor de periode 2004-2007. Hierin wordt ook een aangepaste programmeerwijze voorgesteld waarbij een grote nadruk op afstemming tussen vraag en aanbod zal worden gelegd.

De in het businessplan genoemde speerpunten, voortgekomen uit een brede consultatie van het COB netwerk, vormen het uitgangspunt voor de programmering van onderzoeksprojecten. De speerpunten bieden een focus voor de programmering en doen recht aan de visie van de komende jaren: 'Samenwerken aan het verantwoord ontwikkelen, bouwen en beheren van ondergrondse ruimte'

GEMEENSCHAPPELIJK PRAKTIJKONDERZOEK BOORTUNNELS (GPB)

Na het succesvolle verloop van het praktijkonderzoek bij de Tweede Heinoordtunnel en de Botlekspoortunnel bleek het voor vijf nog op handen zijnde Nederlandse boorprojecten efficiënter om het nog benodigde onderzoek te verdelen. Daarom gaven de opdrachtgevers van vijf Nederlandse boortunnelprojecten en COB half september 2000 door de ondertekening van de Overeenkomst Gemeenschappelijk Praktijkonderzoek Boortunnels (GPB) hun goedkeuring aan een masterplan praktijkonderzoek. Onder de paraplu van het Centrum Ondergronds Bouwen bepaalden zij welk onderzoek waar het beste zou kunnen plaatsvinden.

Binnen het masterplan GPB wordt onderzoek gedefinieerd ter plaatse van Westerscheldetunnel (F100), Sophiaspoortunnel (F200), Tunnel Pannerdensch Kanaal (F500), Boortunnel Groene Hart (F510) en de Noord-Zuidlijn (F530). Tijdens de uitvoering van deze boortunnels met grote diameter zullen metingen en experimenten worden uitgevoerd, waarmee de kennis ten aanzien van de geboorde tunnel als bouwmethode wordt vergroot. Hierbij worden ondermeer zaken onderzocht als metingen aan dwarsverbindingen, mogelijkheden tot hergebruik van vrijkomende grond, optreden van zwel van diepgelegen kleilagen, volgen van het boorproces en gerichte evaluatie van meetgegevens. Het betreft dan ook uitvoeringsgerelateerd onderzoek met oog op het verkleinen van risico's en kosten bij toekomstige tunnelprojecten.

De partijen vertegenwoordigd binnen het Platformoverleg GPB

- > Managementgroep Betuweroute van NS RailInfrabeheer,
- > Projectbureau Noordelijk Holland - Directie HLS-Zuid - Ministerie van Verkeer & Waterstaat,
- > Projectbureau Noord-Zuidlijn - Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer van de Gemeente Amsterdam,
- > Centrum Ondergronds Bouwen (COB),
- > Bouwdienst Rijkswaterstaat - Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat - Ministerie van Verkeer & Waterstaat
- > Delft Cluster.

FUGRO-INPARK B.V.

CONCEPT EINDRAPPORT

Metingen maaivelddeformaties bij
praktijkonderzoek F510 Boortunnel Groene Hart

COB : F512 - 0 - 03 - 108

P 1308

Overheid & Bouw Geo-informatie

Opdrachtgever : CUR/COB
Postbus 420
2800 AK Gouda

Uitvoeringsperiode : 23 mei t/m 12 juni 2003
Projectleider : C.A. Giesen
Opgesteld door : ir. S.M. Boersma

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	9 juli 2003	Conceptversie	
2			

1. Inleiding	2
2. Meetopstelling	3
3. Apparatuur en software	4
4. Uitgevoerde metingen.....	6
4.1 De voorbereidende werkzaamheden	6
4.2 Nulmeting	6
4.3 Herhalingsmetingen.....	6
5. Resultaten metingen	7
Bijlage 1 'As-buitt' tekening van de gebruikte meetopstelling.....	9
Bijlage 2 Kalibratierapport Tachymeter TC(A)2003.....	10
Bijlage 3 Zettingen per punt.....	11
Bijlage 4 Dwarsprofielen per gemeten dag	12
Bijlage 5 Tijdsynchronisatie	13

1. Inleiding

Het Centrum Ondergronds Bouwen (COB), F510 Boortunnel Groene Hart, deelcommissie F512 tunnelconstructie, heeft Fugro-Inpark opdracht gegeven voor het uitvoeren van deformatiemetingen van het maaiveld boven de in aanbouw zijnde boortunnel Groene Hart. Het gaat hierbij om automatische monitoring van de maaiveldzettingen. De metingen die zijn verricht zijn bedoeld om deformaties op het maaiveld te bepalen op een aantal punten in een meetlijn dwars op de tunnelas gedurende een bepaalde periode voor, tijdens en na de passage van de tunnelboormachine (TBM).

De resultaten van de metingen kunnen worden gebruikt om inzicht te krijgen in de krachtswerking, de verplaatsing en de vervorming van de tunnelbuis achter de tunnelboormachine. Het gaat hierbij om zowel het gedrag in de axiale richting als in de tangentiële richting. De resultaten van de maaiveld-deformatiemetingen worden gebruikt bij het toetsen van de modellen die hierbij worden toegepast in de evaluatiefase.

Dit rapport bevat een beschrijving van de gebruikte meetopstelling, de uitgevoerde metingen en de resultaten van de uitgevoerde metingen. Er wordt verder geen waardeoordeel of interpretatie aan de resultaten gegeven.

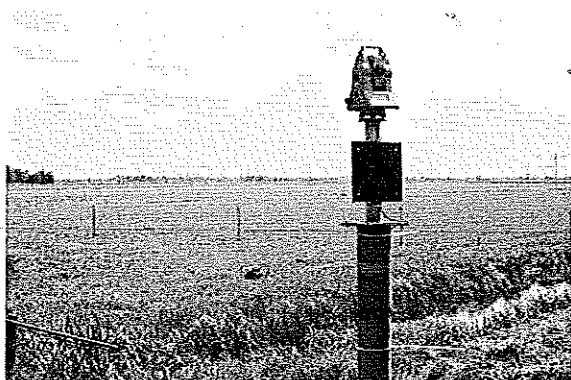
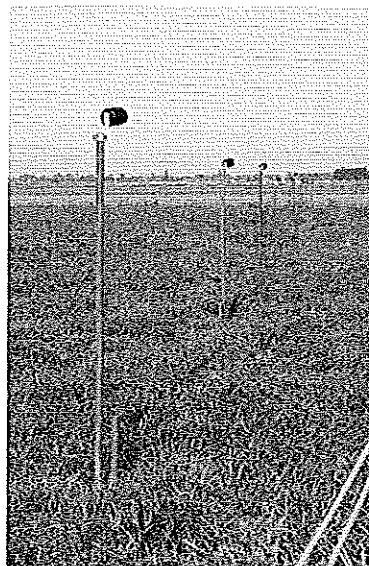
2. Meetopstelling

De meetopstelling bestaat uit twee stabiele referentiepunten, het opstelpunt voor het meetinstrument, een robotic total station (RTS), en de te meten maaiveld deformatiepunten.

De twee stabiele referentiepunten zijn geplaatst buiten het invloedgebied van de tunnelboormachine op 50 meter van de tunnelas. Aangezien het meetveld midden in een weiland ligt, was het niet mogelijk om stabiele punten in de directe omgeving van het meetveld te vinden in de vorm van bijvoorbeeld wegen of bebouwing. Fugro heeft voor de vaste referentiepunten twee vaste punt conussen tot op 11m beneden maaiveld niveau aangebracht, zodat de invloed van de tunnelboormachine verwaarloosd kan worden.

Voor het opstelpunt van het robotic total station is er een 6" boorbuis op 11m beneden maaiveld aangebracht.

Voor de te meten maaiveld deformatiepunten zijn boven de tunnelbuis, loodrecht op de tunnelas, 13 zakbaken geplaatst op een onderlinge afstand van 5 meter. De afstanden van de meetpunten tot de tunnelas aan weerszijden van de tunnelbus zijn respectievelijk 5m, 10m, 15m, 20m, 25m en 30m. Een zakbaak bestaat uit een horizontale plaat met daarop een verticale stang van 1.65 meter lang. De zakbaken steken 1.15 meter boven het maaiveld uit. Op elke zakbaak is een Leica miniprisma geplaatst. Bijlage 1 bevat een 'As-built' tekening van de gebruikte meetopstelling.



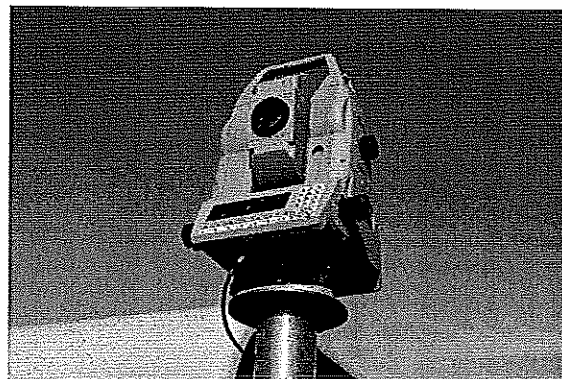
3. Apparatuur en software

De metingen zijn uitgevoerd met een Robotic Total Station (RTS) van Leica. Onderstaande tabel geeft een beknopt overzicht van de specificaties van dit systeem. Bijlage 2 bevat het kalibratierapport van de TC(A)2003.

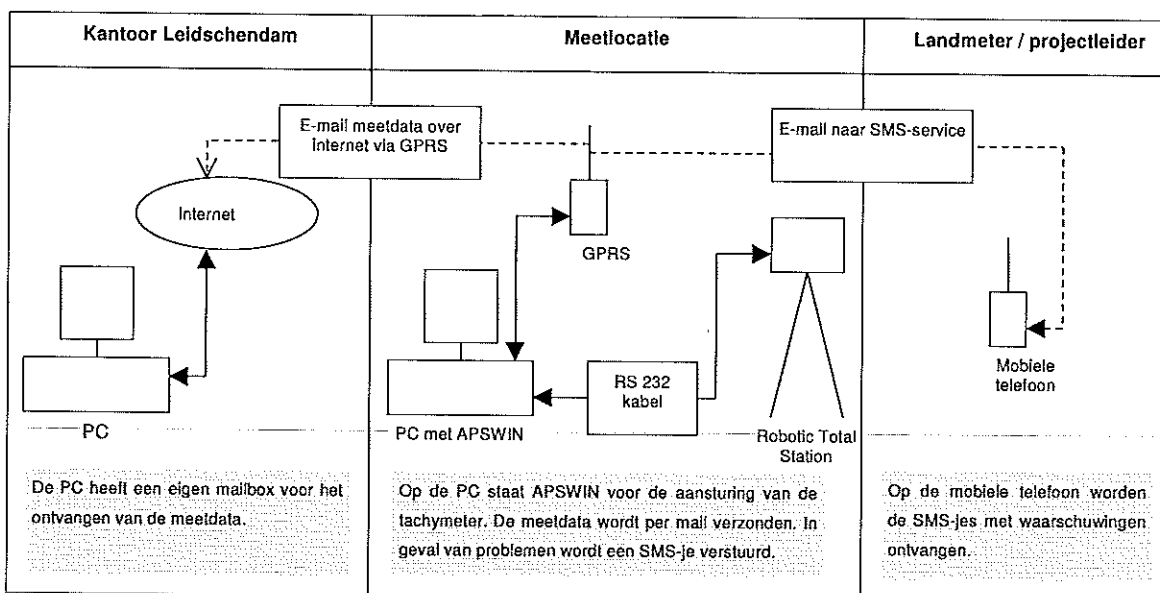
Specificaties Robotic Total Station TCA2003

Type:	Leica TCA2003
Nauwkeurigheid Hz, V	0.5" (0.15 mgon)
Nauwkeurigheid (afstand)	0.5mm +1ppm
Bereik*	2.5km / 3.5km
Vergroting	30 x
Kortst mogelijke focus afstand	1.7 m

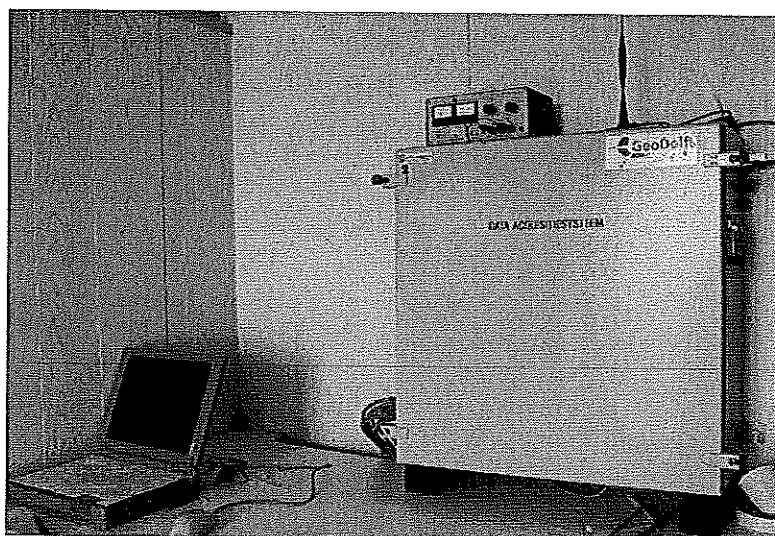
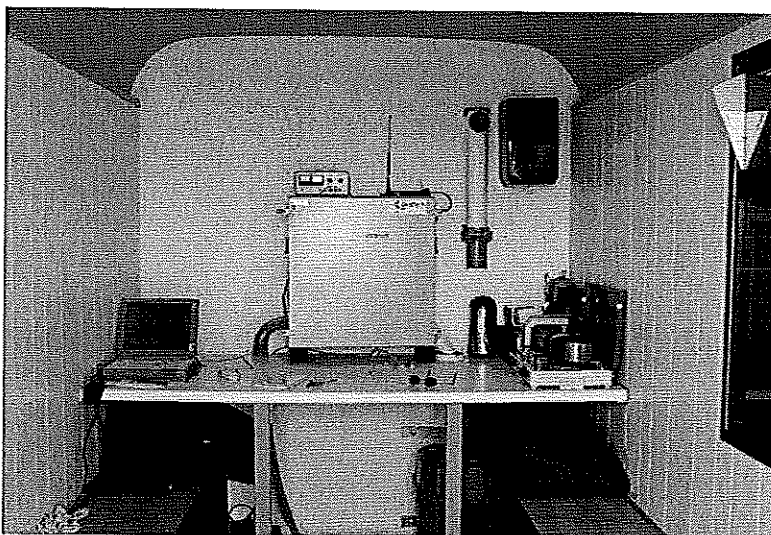
*1 prisma, gemiddelde atmosferische condities



Het toestel is uitgerust met Automatic Target Recognition (ATR). Hiermee kan het toestel nauwkeurig automatisch centreren op de prisma's op de zakbaken. Door gebruik te maken van een robotic total station is het mogelijk om deformaties te meten in drie richtingen (x, y en z), 24 uur per dag. Het robotic total station wordt gevoed door een externe accu die door middel van een acculader is aangesloten op 220 volt.



Voor het aansturen van het robotic total station is gebruik gemaakt van een PC met daarop Windows en het programma APS-WIN van Leica Geosystems geïnstalleerd. APS-WIN zorgt voor het aansturen van de meetcyclus en het opslaan van de gemeten data. De PC is opgesteld in een keet bij de meetlocatie. De PC is door middel van een RS 232 kabel verbonden met het robotic total station. De PC stuurt automatisch e-mails met de metingen over internet via GPRS naar kantoor, zodat de metingen direct bekeken en verwerkt kunnen worden. Met de PC is eveneens een mobiele telefoon verbonden die via een sms-service e-mails verstuurt naar de mobiele telefoon van de landmeter of projectleider, zodat er in het geval van foutmeldingen meteen actie kan worden ondernomen.



4. Uitgevoerde metingen

Alle werkzaamheden zijn uitgevoerd in de periode van 23 mei tot en met 12 juni 2003. De uitgevoerde werkzaamheden bestaan uit de voorbereiding, waarbij de meetopstelling is gemaakt, de nulmeting, die dient als referentie voor de overige metingen en de herhalingsmetingen (de eigenlijke deformatiemetingen).



4.1 De voorbereidende werkzaamheden

Op 23 mei 2003 is begonnen met de voorbereidende werkzaamheden. Op die dag zijn de posities van de zakbaken met behulp van piketten uitgezet en zijn de exacte locaties van deze posities ingemeten met behulp van dGPS. De start van de installatiewerkzaamheden was op 26 mei 2003. Op die dag zijn de vaste punt conussen geplaatst, is de 6" boorbuis geplaatst en zijn de zakbaken op hun exact bepaalde locatie neergezet. Er is bovendien een aanpassing gedaan in de stroomvoorziening van 380V naar 220V ten behoeve van de stroomvoorziening van de apparatuur.

4.2 Nulmeting

Op 27 mei 2003 is de nulmeting uitgevoerd. Deze nulmeting dient als referentie voor alle daarna uit te voeren metingen. Alle te bepalen verschillen of zettingen worden bepaald ten opzichte van deze nulmeting. De bij de nulmeting gemeten positie dient als referentie voor het bepalen van de uiteindelijke deformaties. De nulmeting is uitgevoerd met behulp van het programma APS-WIN, waarbij de punten zijn "ingeleerd".

4.3 Herhalingsmetingen

De herhalingsmetingen zijn automatisch uitgevoerd door middel van aansturing door APS-WIN. De metingen zijn uitgevoerd vanaf 27 mei 2003. In het gedeelte tussen 100 meter en 50 meter voor de meetlijn zijn de metingen 1 maal per etmaal uitgevoerd. Tussen de 50 meter voor en 50 meter na de meetlijn zijn de metingen 1 maal per uur uitgevoerd. Dit was in de periode van 30 mei tot en met 4 juni 2003. Vervolgens zijn de metingen met 1 meting per etmaal vervolgd. De laatste metingen zijn uitgevoerd op 12 juni 2003.

5. Resultaten metingen

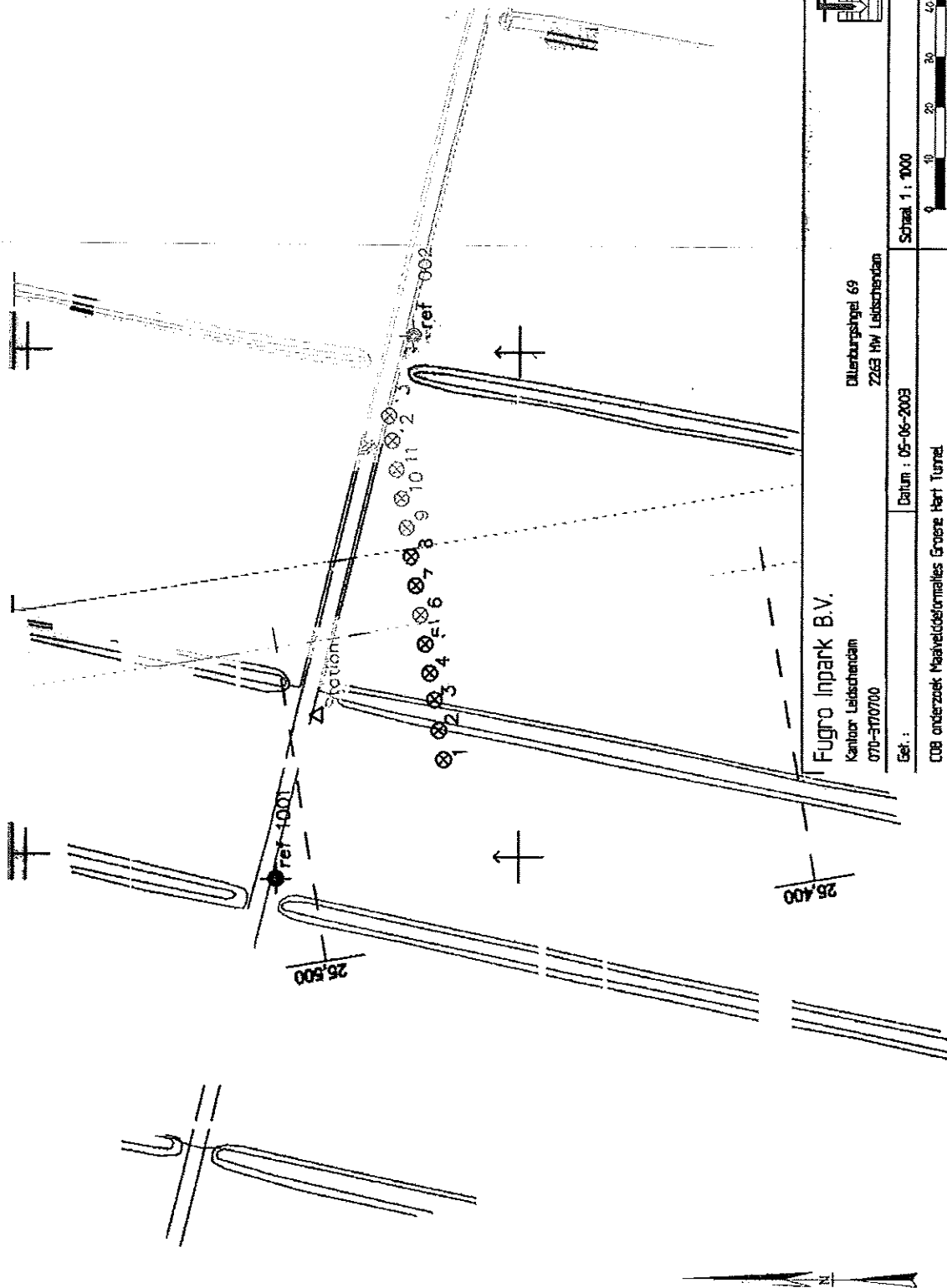
Bijlage 3 bevat de resultaten van de uitgevoerde herhalingsmetingen. Deze bijlage geeft een overzicht in grafiekvorm van de zettingen per punt. Bijlage 4 geeft per gemeten dag een dwarsprofiel van alle punten. Deze dwarsprofielen zijn alleen opgenomen per gemeten dag en niet voor elke uitgevoerde meting gedurende de periode dat er elk uur gemeten is. De resultaten van de herhalingsmetingen worden eveneens als tekstbestanden bij dit rapport geleverd. De dwarsprofielen per uur zijn uit deze tekstbestanden af te leiden.



Ten behoeve van de tijdsynchronisatie tussen de deformatiemetingen en de tijd in de tunnelboormachine is er minstens een keer per dag via internet een tijdsynchronisatie uitgevoerd met een atoomklok. Bijlage 5 geeft een overzicht van de uitgevoerde tijdcorrecties op de metingen ten behoeve van deze tijdsynchronisatie.

In de nacht van maandag 2 juni op dinsdag 3 juni, van 1:45 uur tot en met 6:45 uur, 6 cyclussen, zijn er storingen geweest in de metingen, waardoor de meetresultaten niet geregistreerd zijn. Deze storingen zijn waarschijnlijk opgetreden door sterke trillingen, als gevolg van het passeren van de tunnelboormachine, waardoor de compensator van het robotic total station geen metingen mogelijk maakt. Bovendien heeft de automatic target recognition bij hoge trillingen moeite met het bepalen van het hart van de reflector, zodat als er al metingen gedaan kunnen worden, de kwaliteit daarvan slecht zal zijn. Deze verstoringen zijn wel gemeld met behulp van sms-jes. Direct de volgende ochtend is een bezoek gebracht aan het meetveld, maar de storingen deden zich toen inmiddels niet meer voor. Het effect op de meetresultaten voor deze periode is dat er géén metingen beschikbaar zijn.



Bijlage 1 'As-built' tekening van de gebruikte meetopstelling



	
Dillenburghel 69 2263 HW Leidschendam	
Fugro Inpark B.V. Kantoor Leidschendam 0710-3710700	
Gef.:	Datum : 05-06-2003
COB onderzoek Maatvoldoornaltes Groene Hart Tunnel 'As-built' tekening meetopstelling	
Schaal 1 : 1000	Opdr. : 22215330
	
Tekent. : 1	

Bijlage 2 Kalibratierapport Tachymeter TC(A)2003

30 40 50

Kalibratierapport

rapportnummer: 500100342

serienummer: 438241

type instrument: Tachymeter TC(A)2003

w.b.nummer 500100342

MEET- EN KALIBRATIEPROCEDURE

Het bovengenoemde instrument is gecontroleerd en beproefd volgens procedures, specificaties en omgevingscondities zoals deze zijn voorgeschreven in de betreffende service- en reparatiehandleidingen van de fabrikant. De gemeten waarden zijn vergeleken met de technische specificaties zoals vermeld in de gebruikshandleiding van het instrument.

INTELWAARDEN

Vizierlijn kijker t.o.v. tweede as $\leq 0,00015$ gon
Vizierlijn kijker horizontaal bij 100 en 300 gon $\leq 0,00015$ gon
Centrerings optisch loodlijn ≤ 1 mm /1,2m

GEMETEN WAARDEN

0,00010 gon
0,00010 gon
0,5 mm
Kalibratie afstand 1 3.8607 m 3.8609 m +1mm+1ppm
Kalibratie afstand 2 30.6944 m 30.6946 m +1mm+1ppm
Kalibratie afstand 3 62.5375 m 62.5374 m +1mm+1ppm

OMGEVINGSOMSTANDIGHEDEN

Temperatuur: 20 °C \pm 2°C

Vochtigheid 46 % \pm 5%
Luchtdruk: 1015 hPa \pm 5 hPa

KALIBRATIERESULTAAT

De gemeten waarden zijn in overeenstemming met de technische specificaties zoals vermeld in de gebruikershandleiding van het instrument.

MEETMIDDELEN

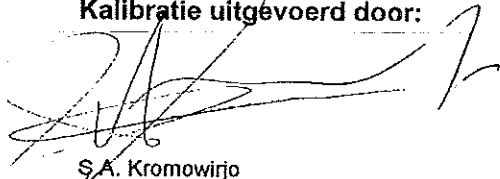
De kalibratie is uitgevoerd met door de fabrikant voorgeschreven meetmiddelen welke herleidbaar zijn tot de nationale en/of internationale standaard.

De gebruikte meetmiddelen zijn beoordeeld en goedgekeurd door het NMI met het certificaat nr.:3801189.

Gebruikte meetmiddel tachymeter: Collimator nr. 053

De afstandsmeter is vergeleken met een DI2002, serienr.:180048, met certificaat nr.:115869.

Kalibratie uitgevoerd door:



S.A. Kromowirjo

datum: 2003-05-13

K9806

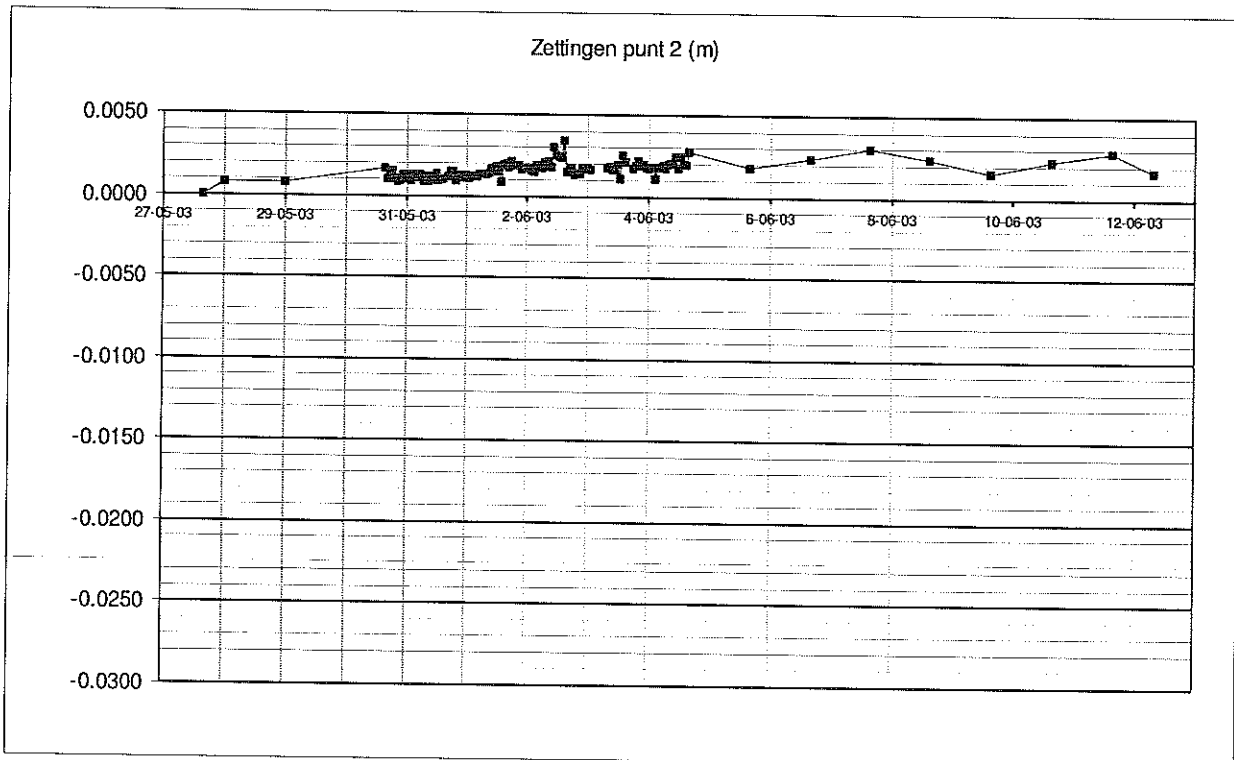
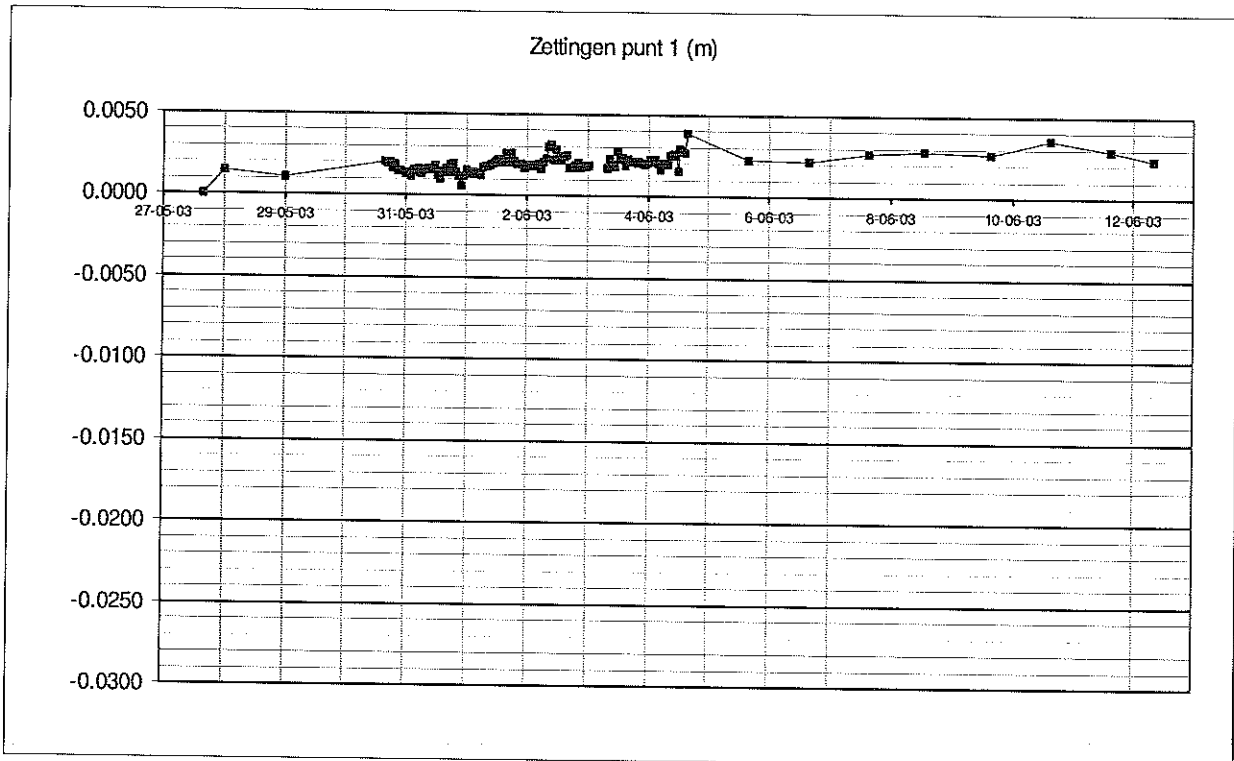


SCES 002, only valid
for ISO 9001/2000:1994
SCES 001

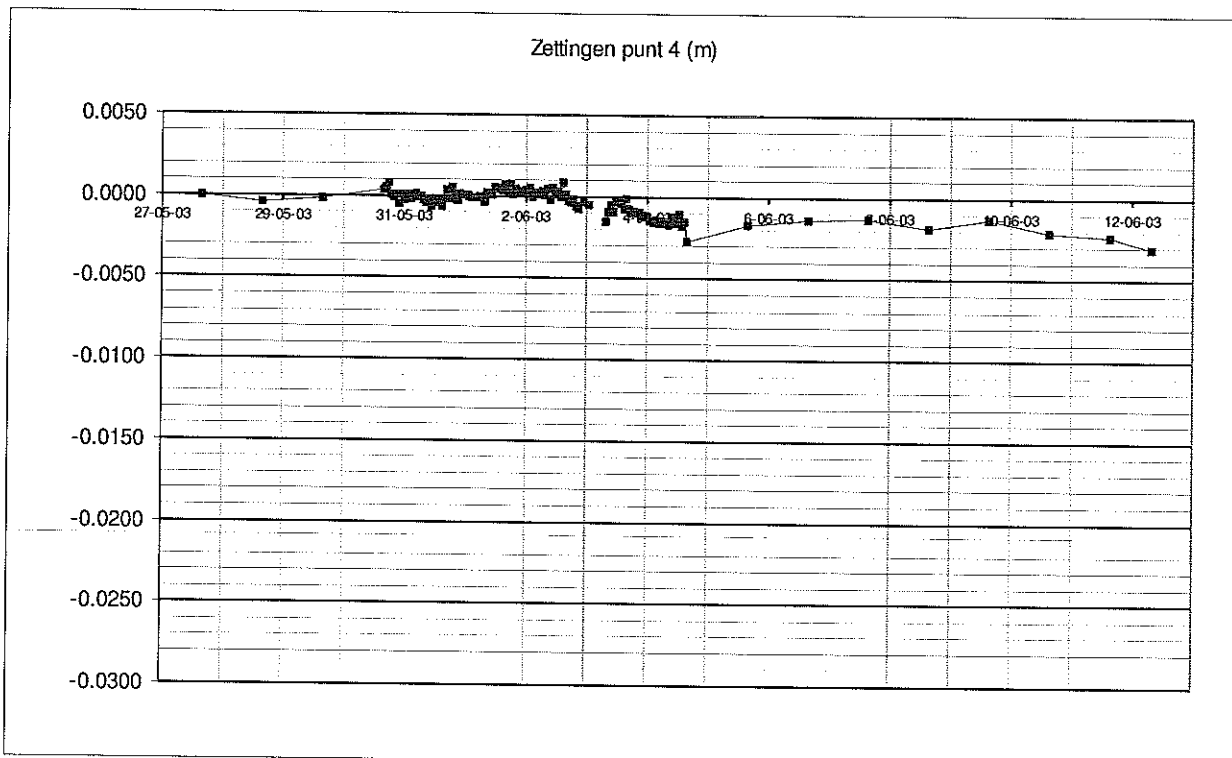
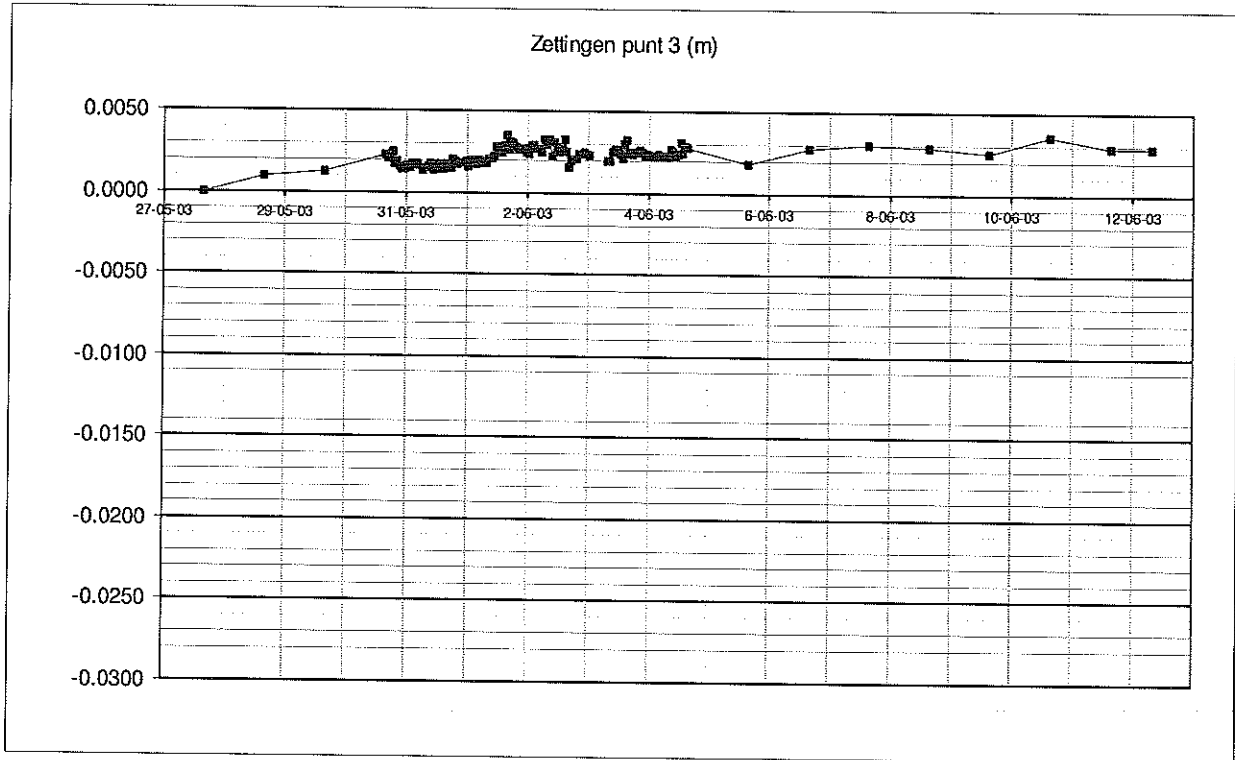
Leica
Geosystems

Bijlage 3 Zettingen per punt

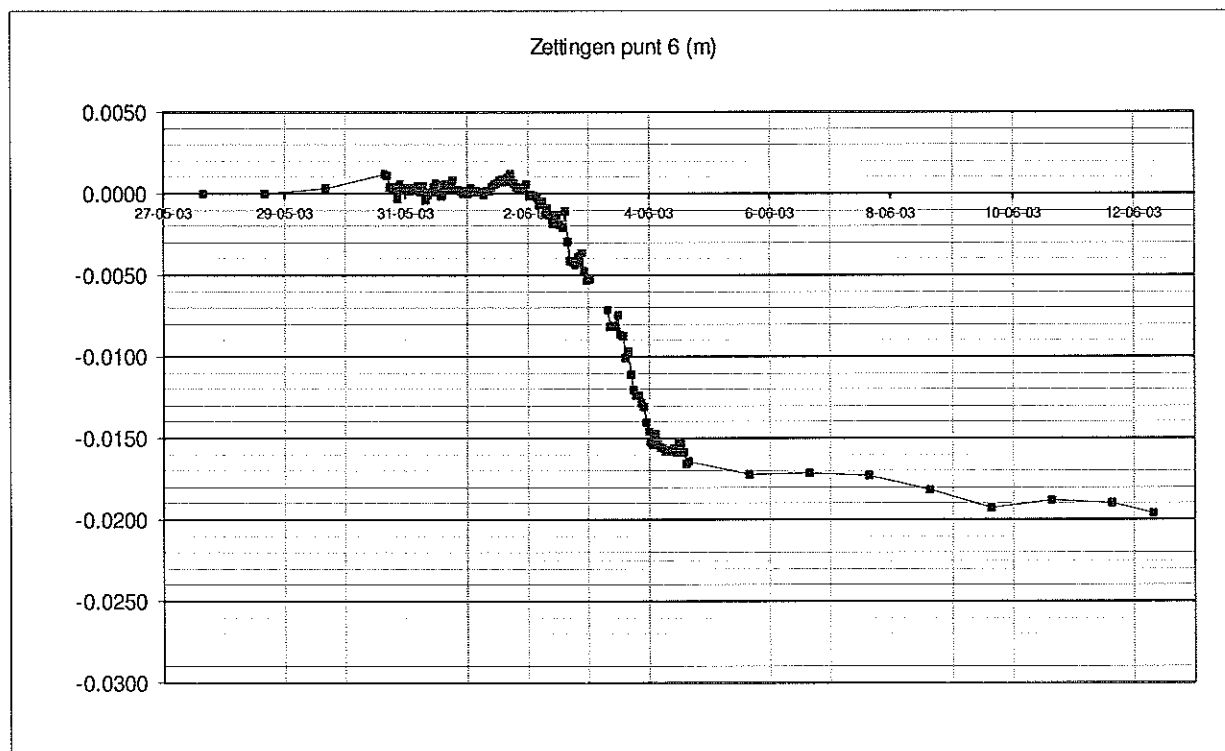
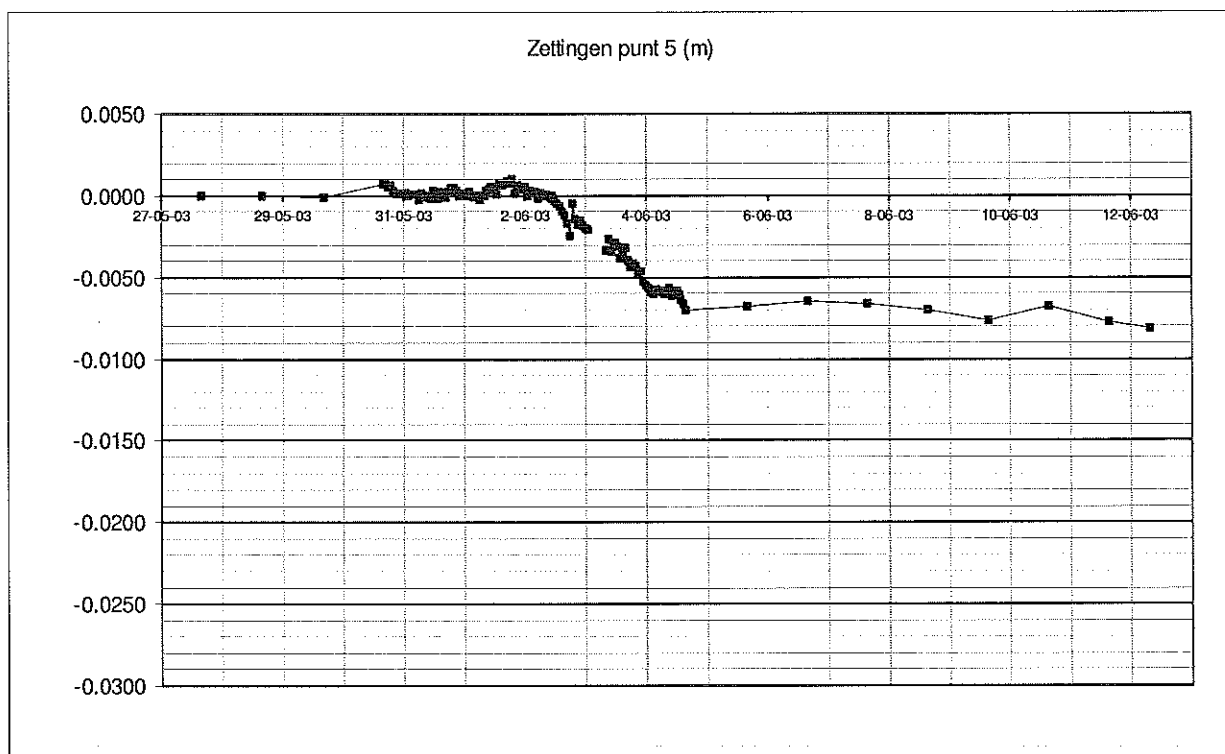
Bijlage 3 Zettingen per punt



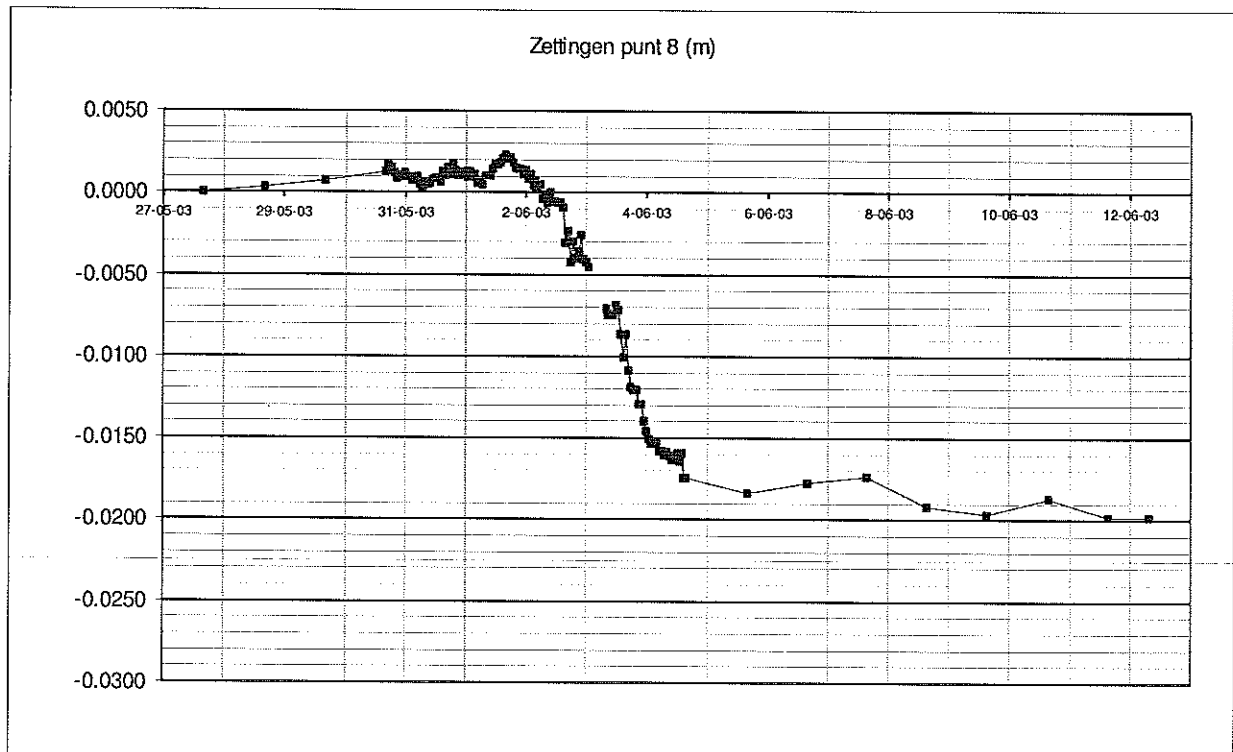
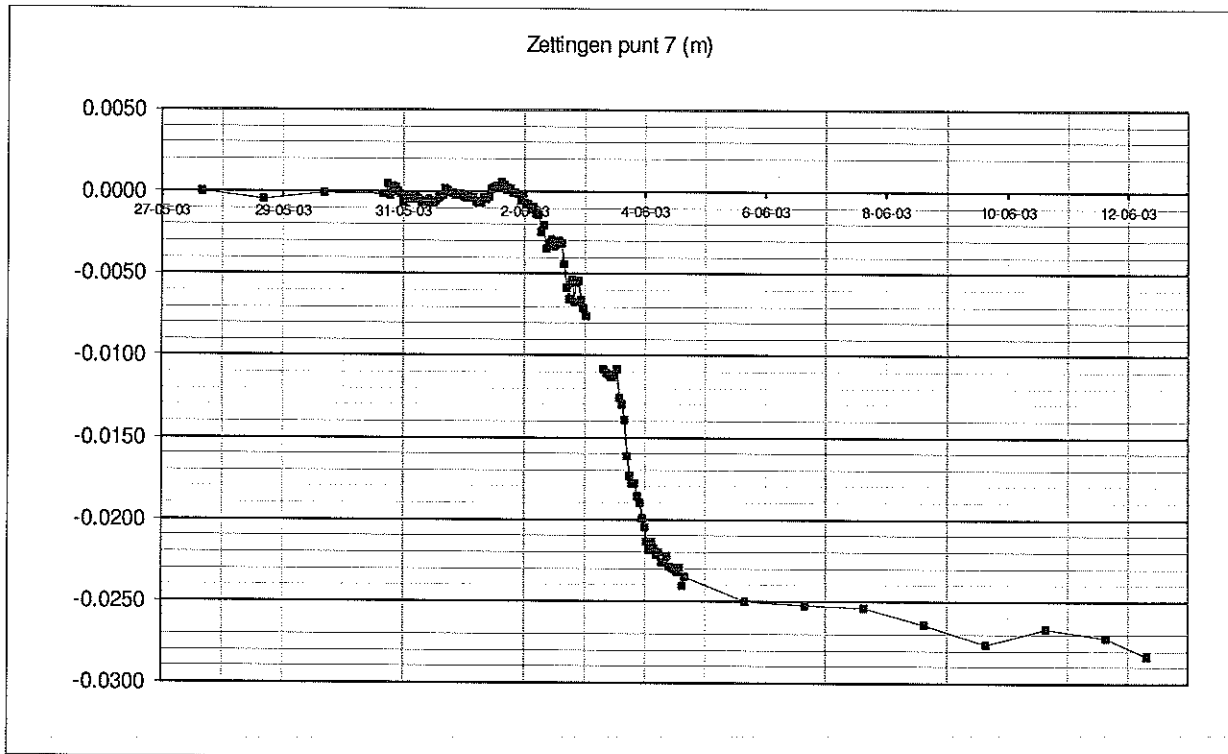
Bijlage 3 Zettingen per punt



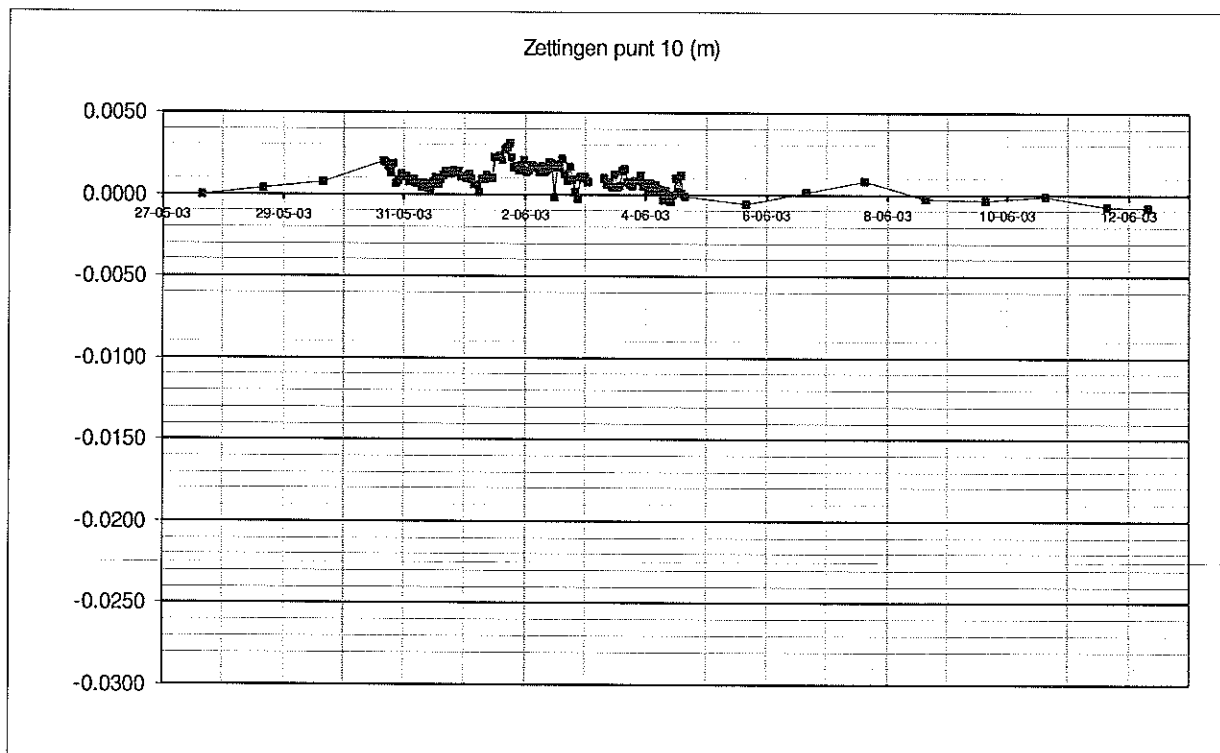
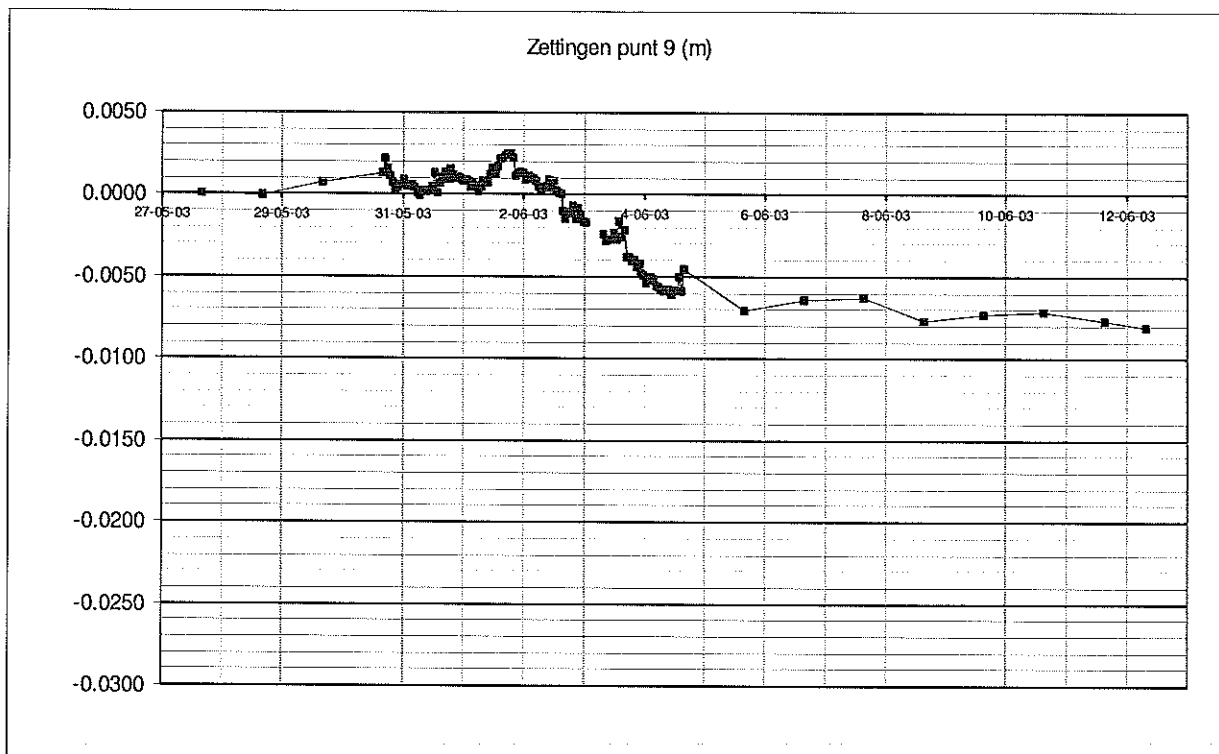
Bijlage 3 Zettingen per punt



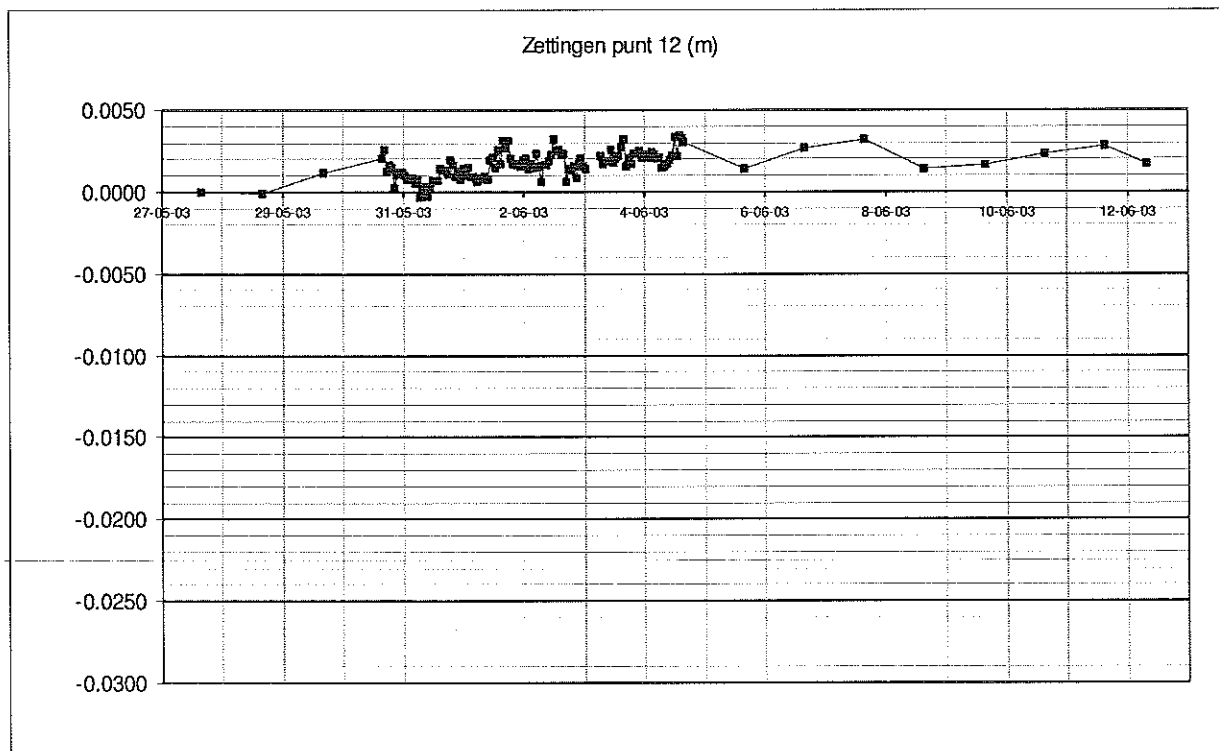
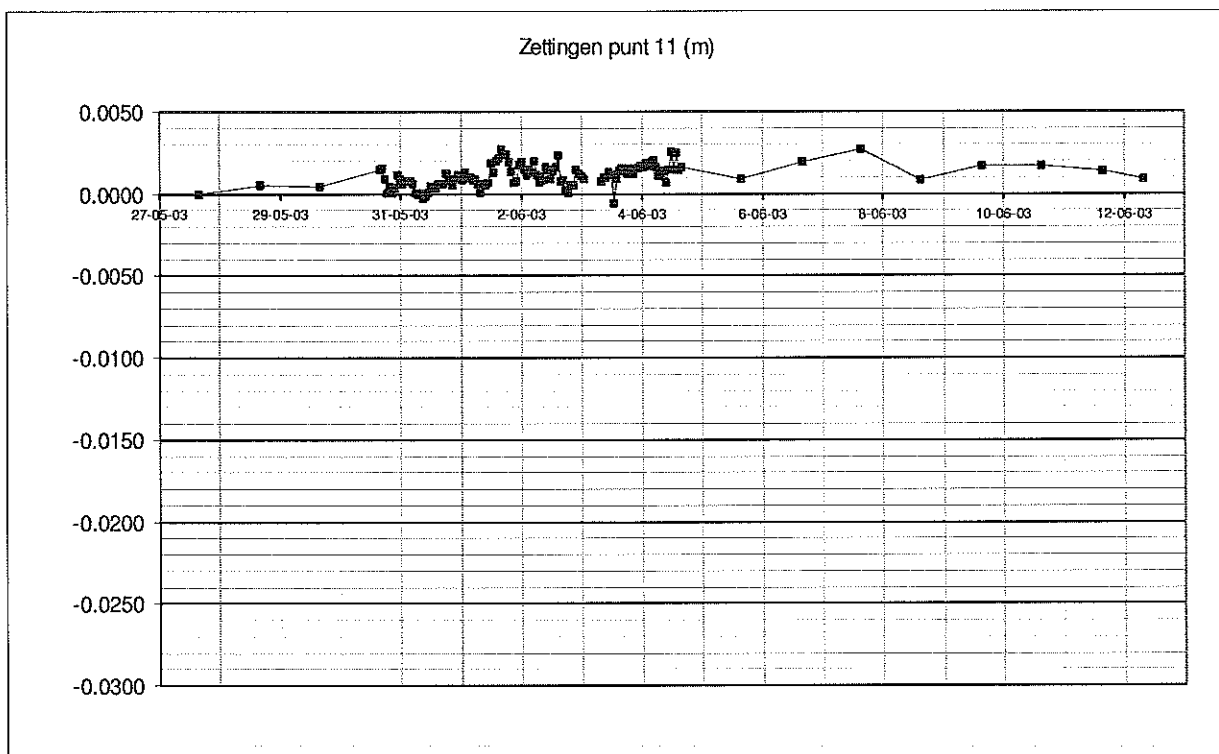
Bijlage 3 Zettingen per punt



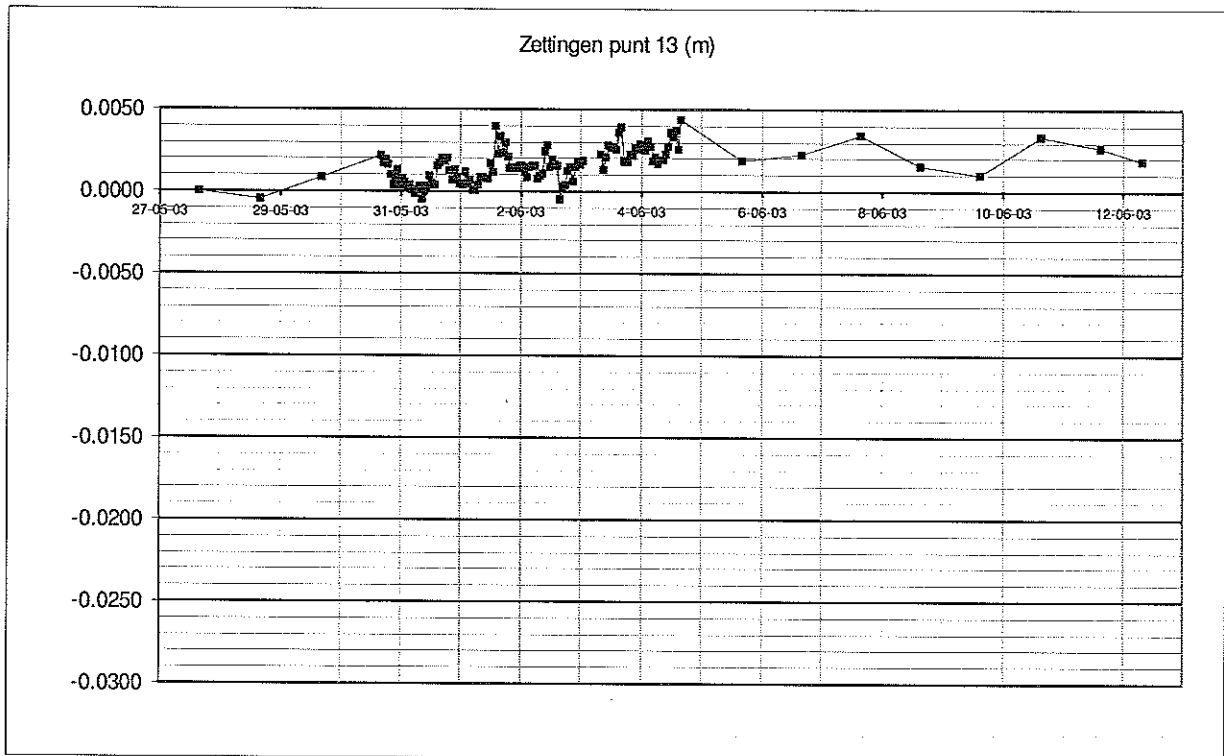
Bijlage 3 Zettingen per punt



Bijlage 3 Zettingen per punt

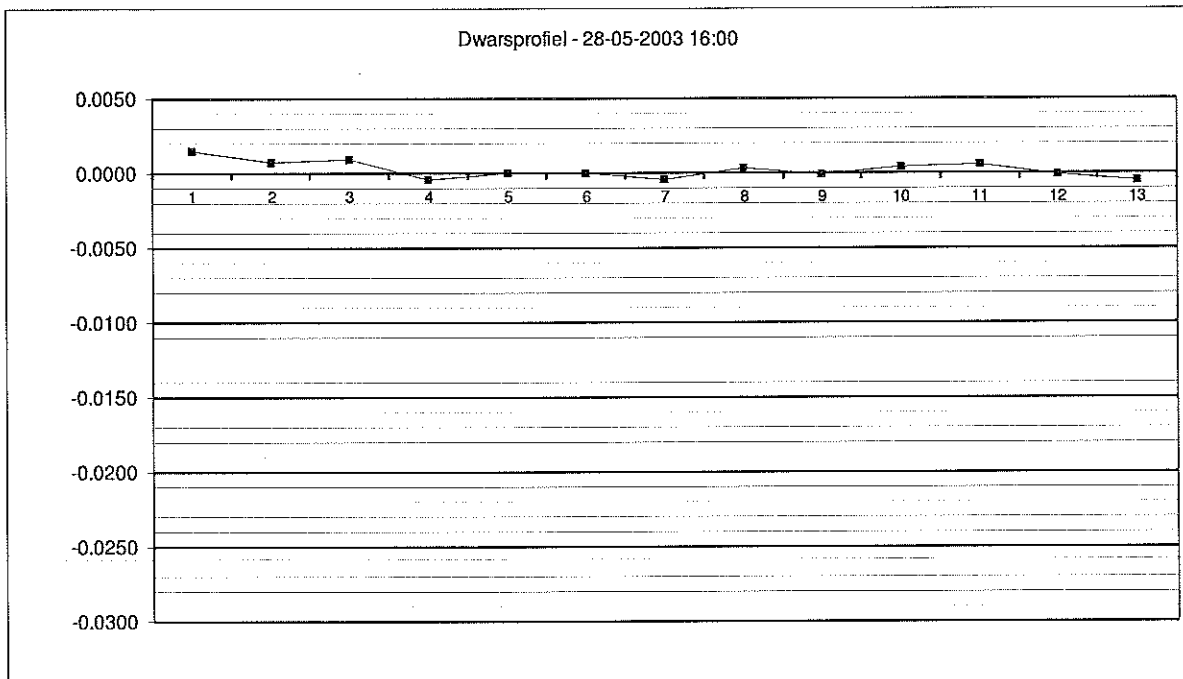
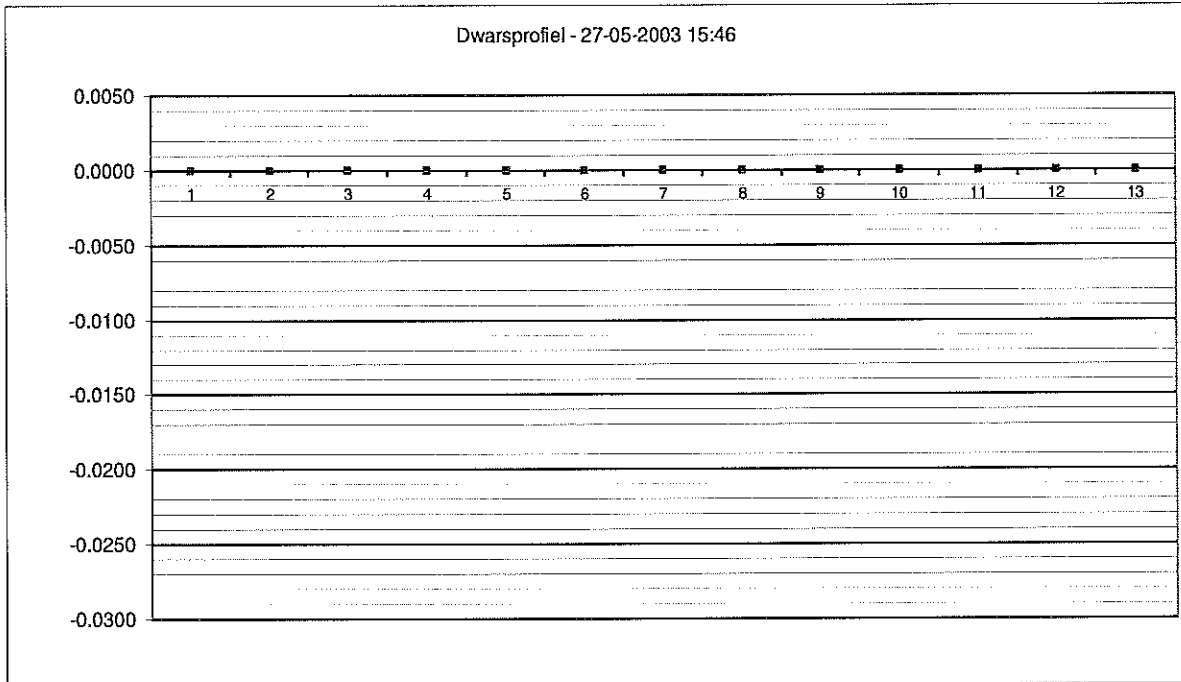


Bijlage 3 Zettingen per punt

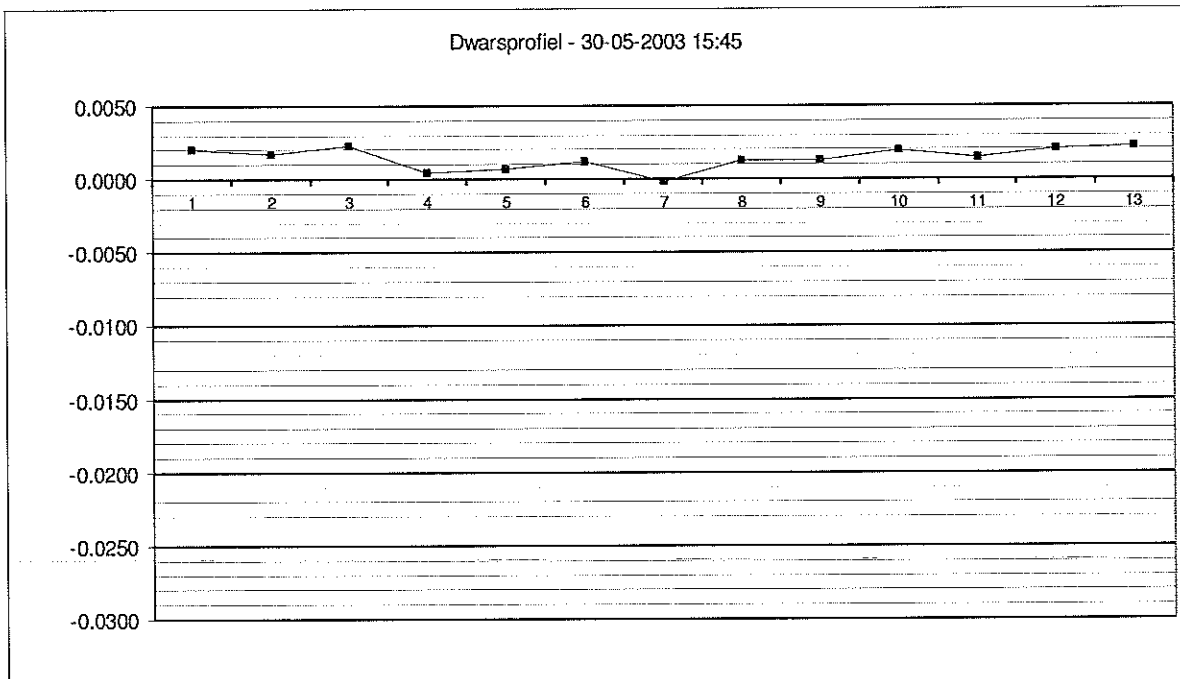
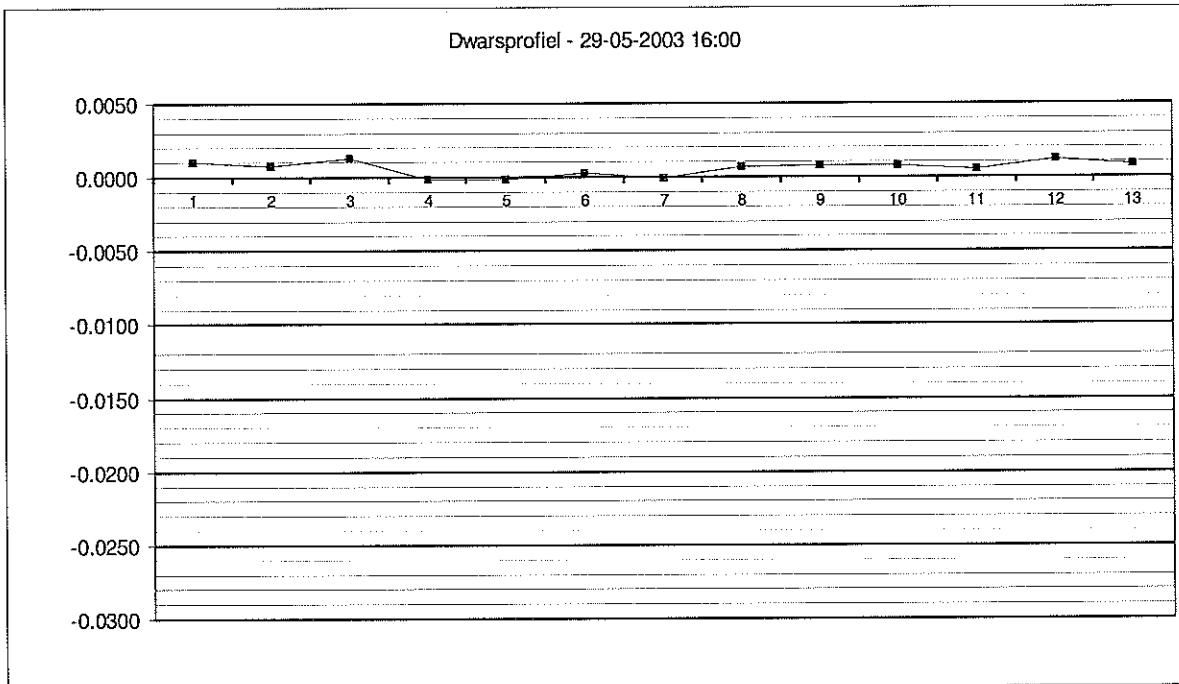


Bijlage 4 Dwarsprofielen per gemeten dag

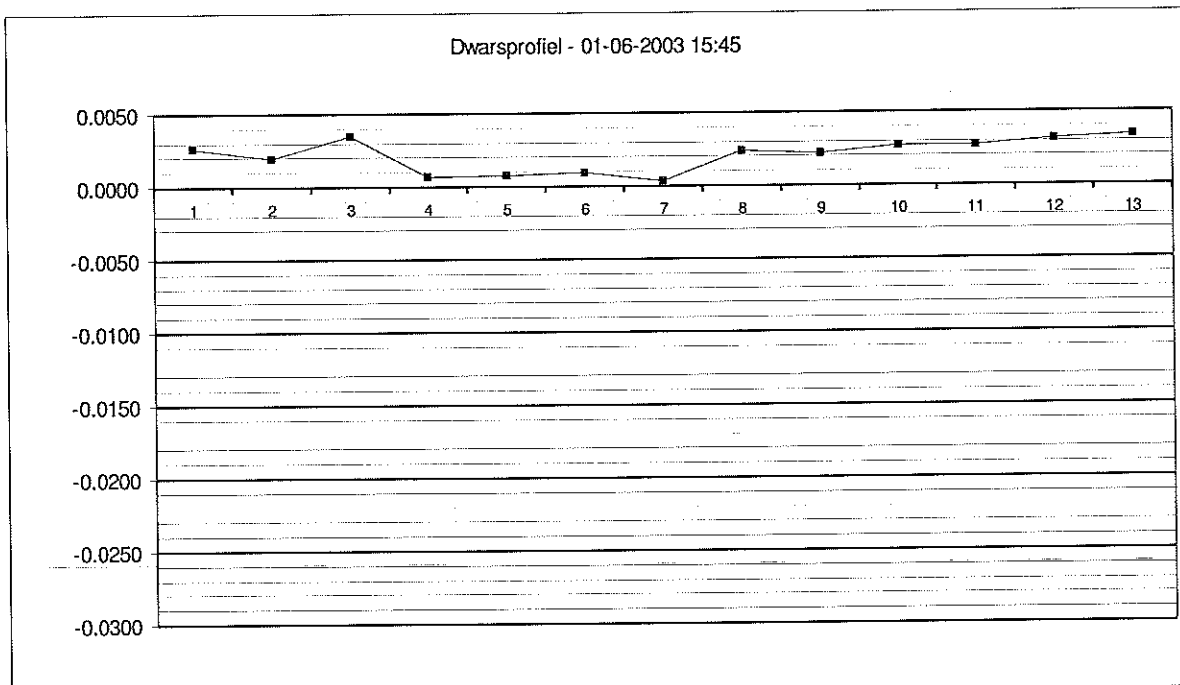
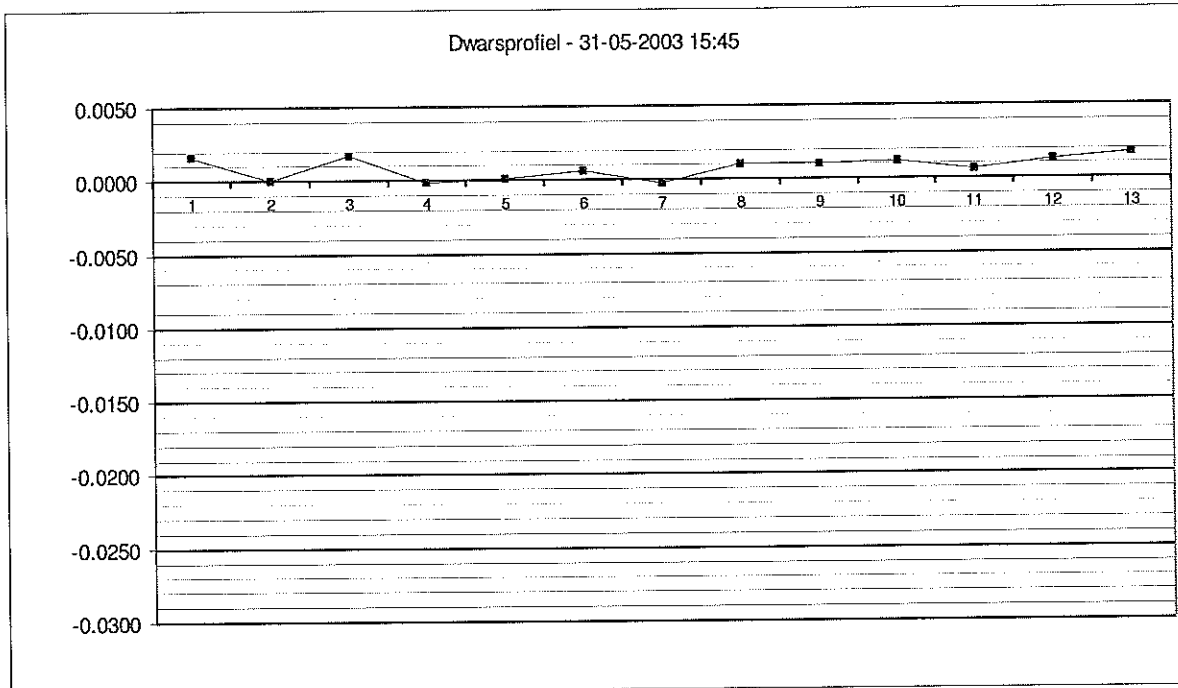
Bijlage 4 Dwarsprofielen per dag



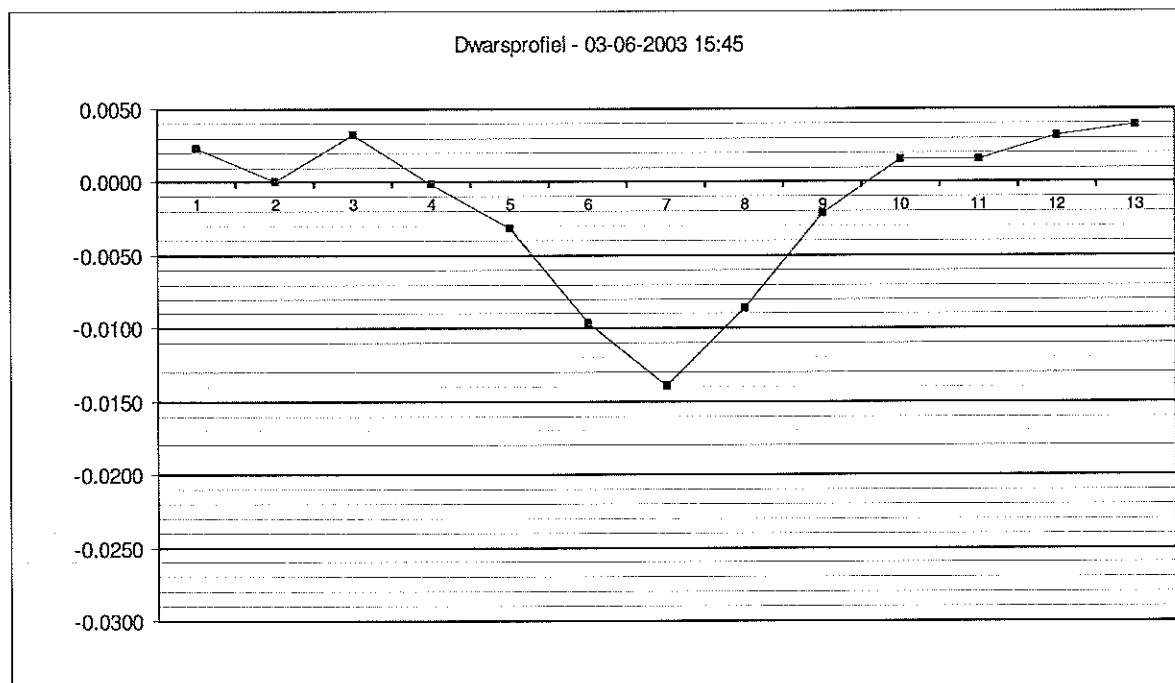
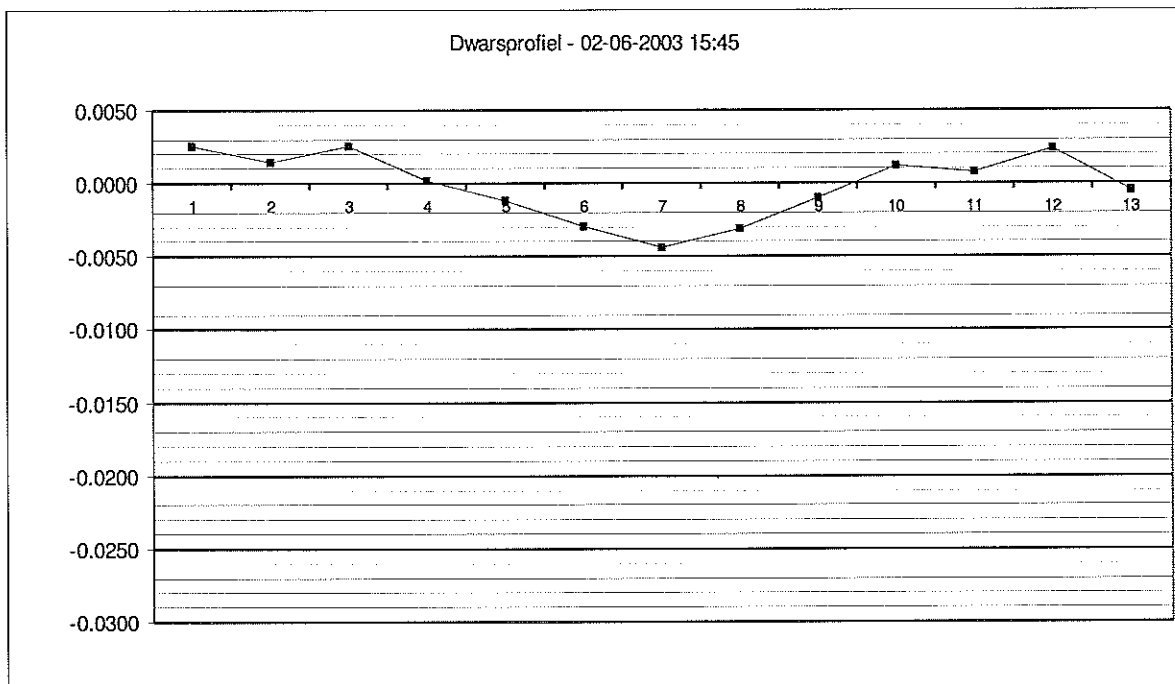
Bijlage 4 Dwarsprofielen per dag



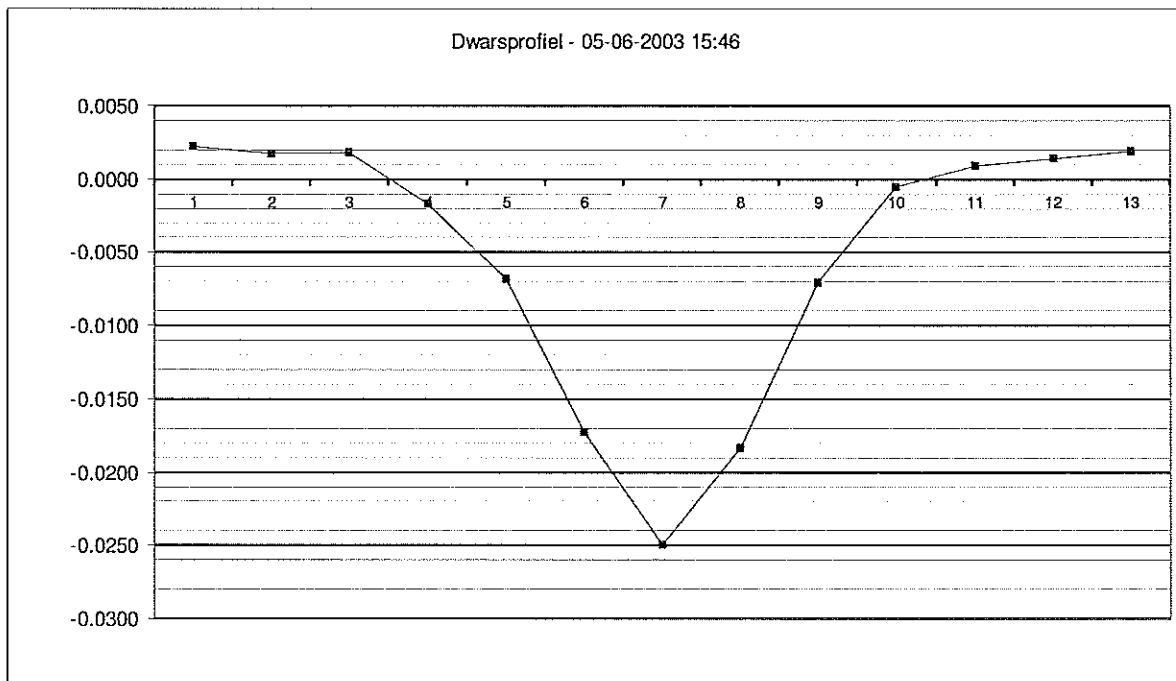
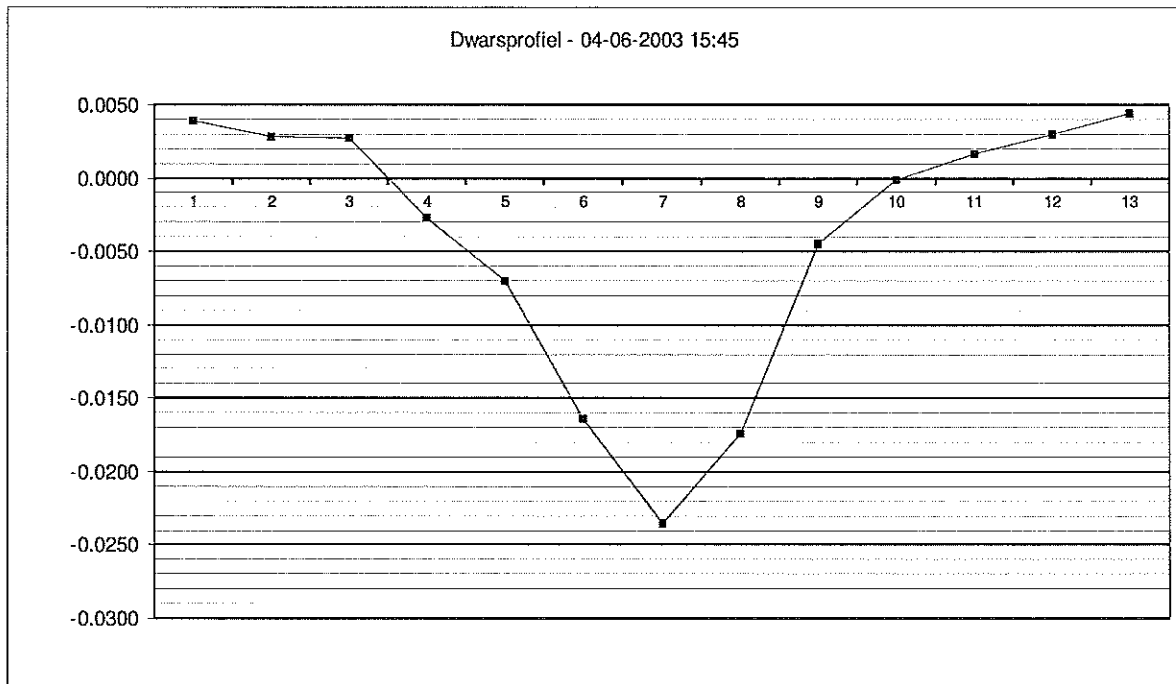
Bijlage 4 Dwarsprofielen per dag



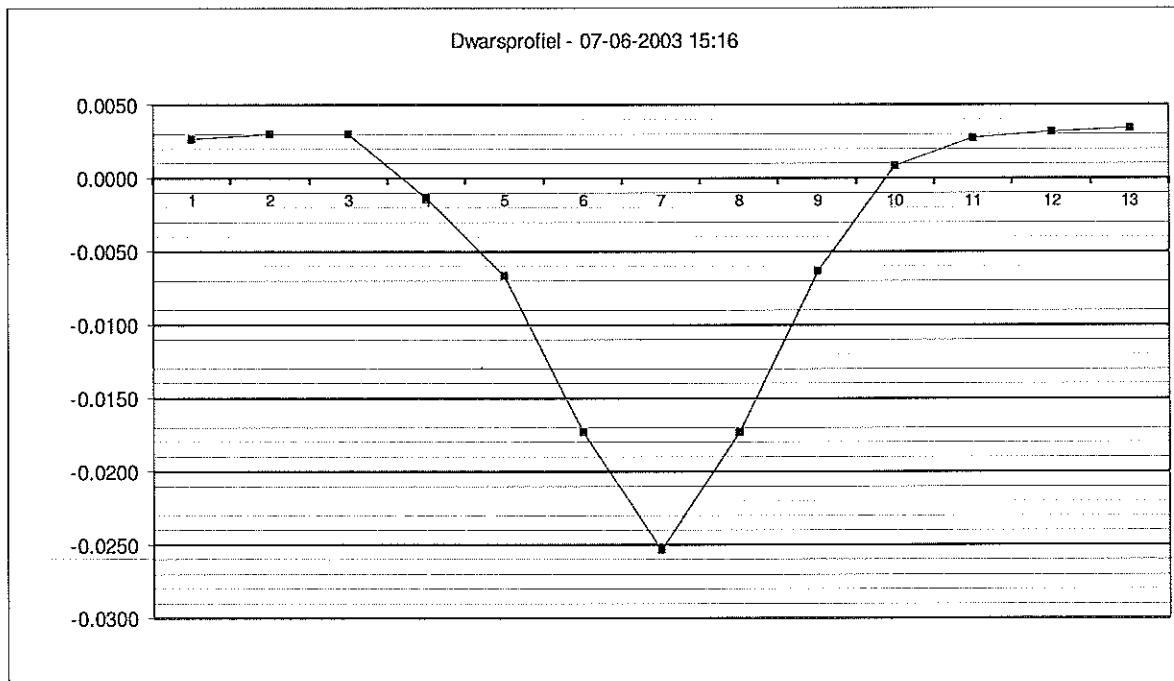
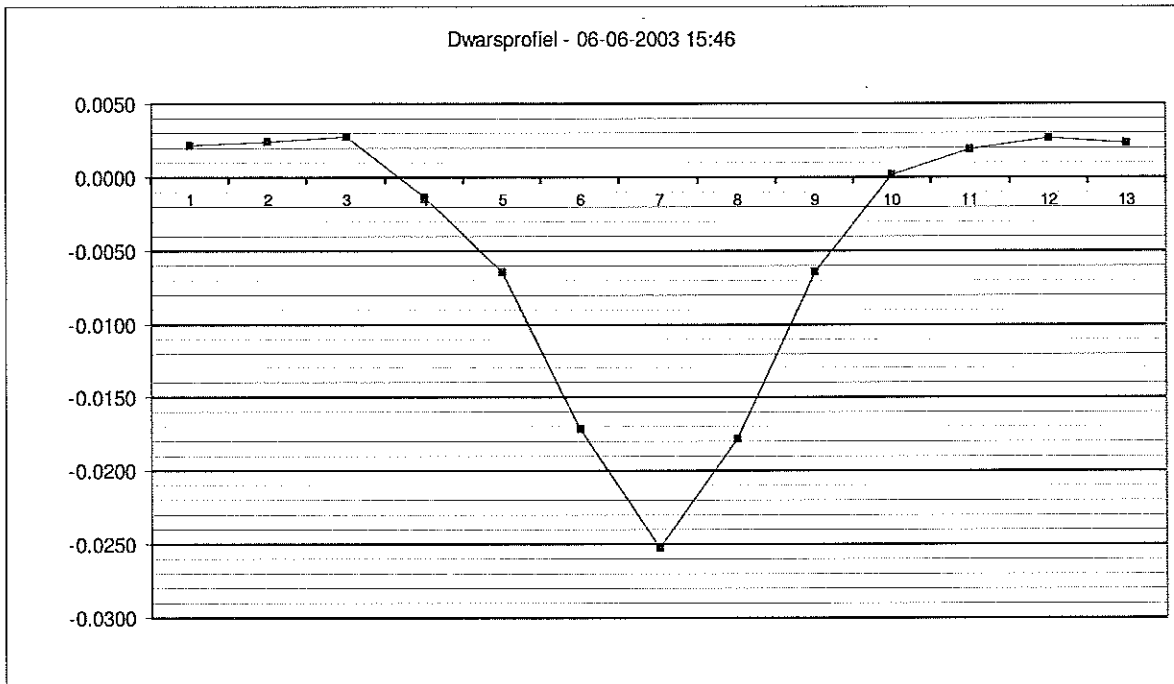
Bijlage 4 Dwarsprofielen per dag



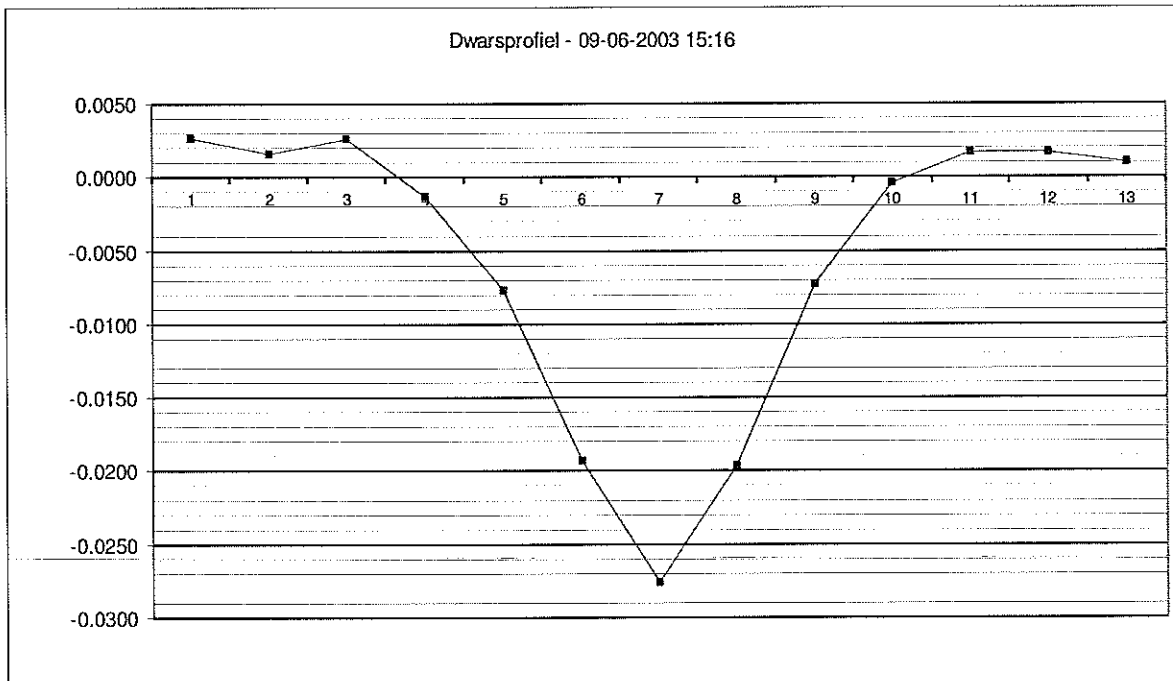
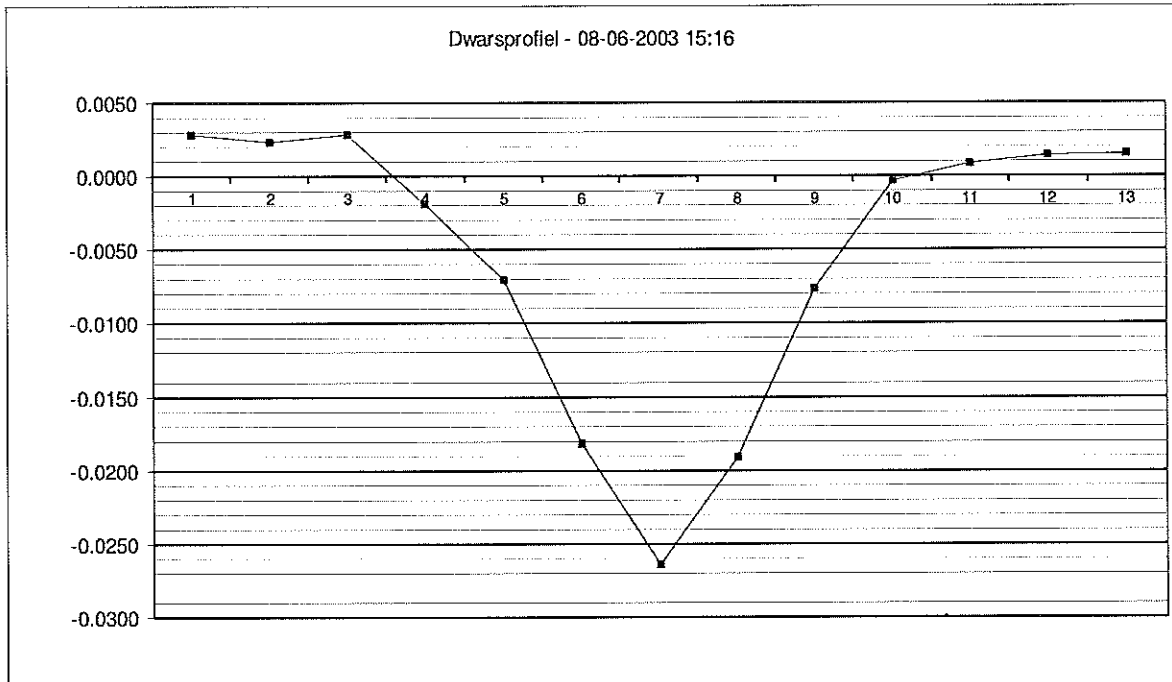
Bijlage 4 Dwarsprofielen per dag



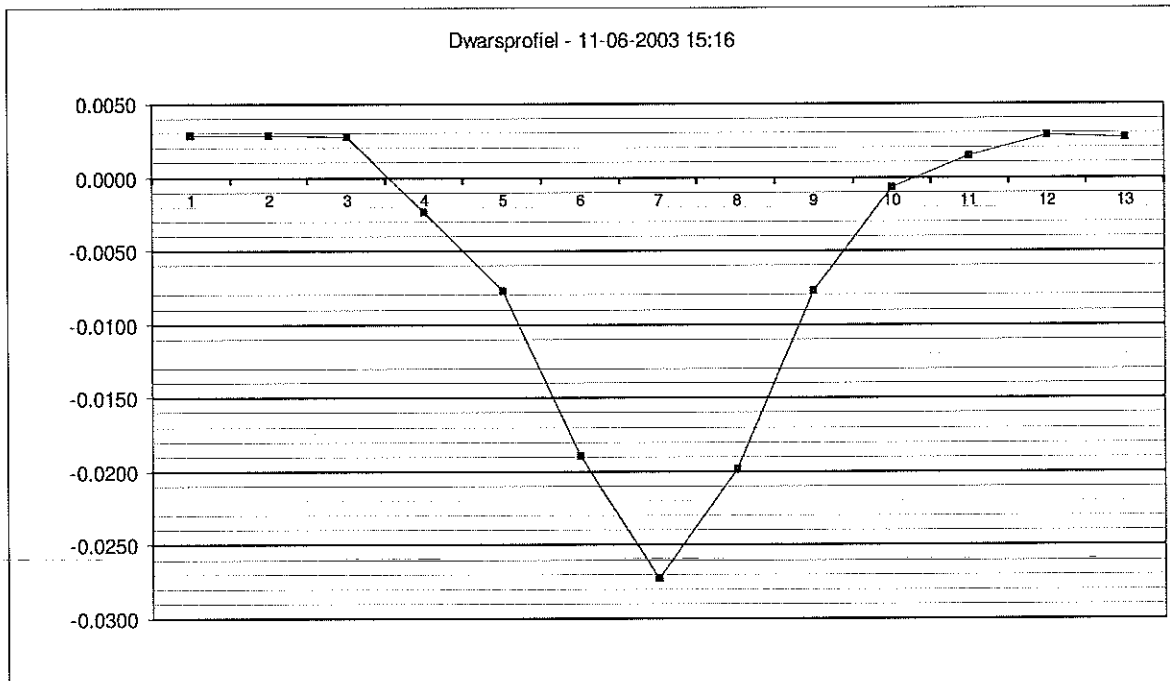
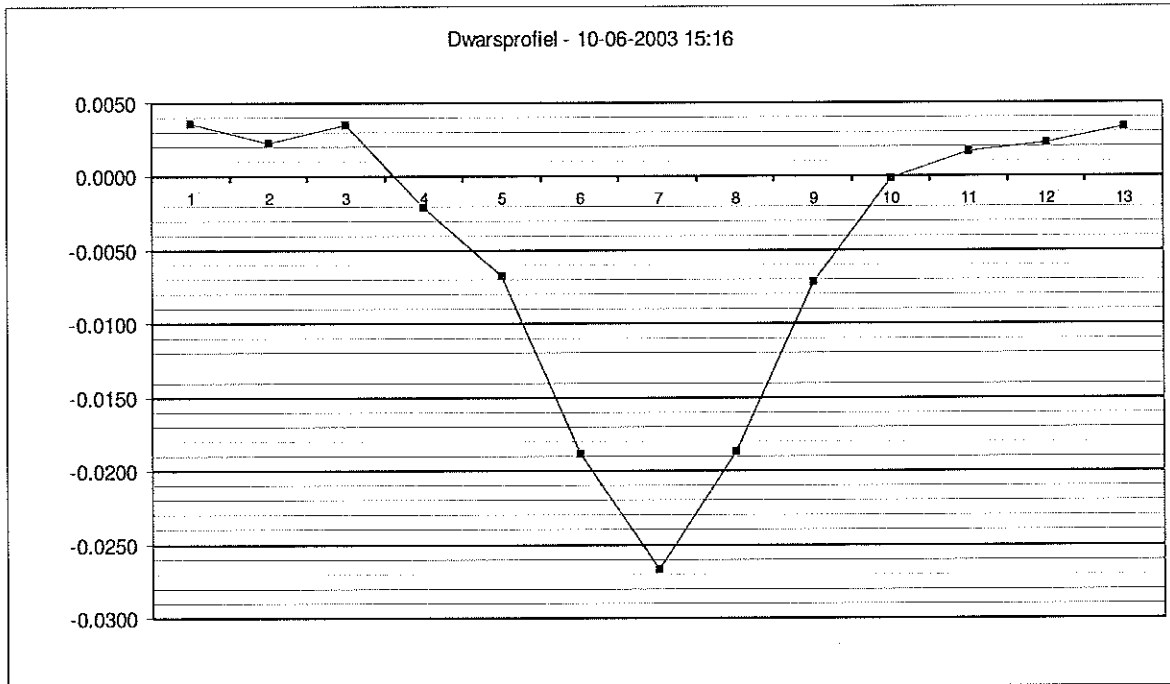
Bijlage 4 Dwarsprofielen per dag



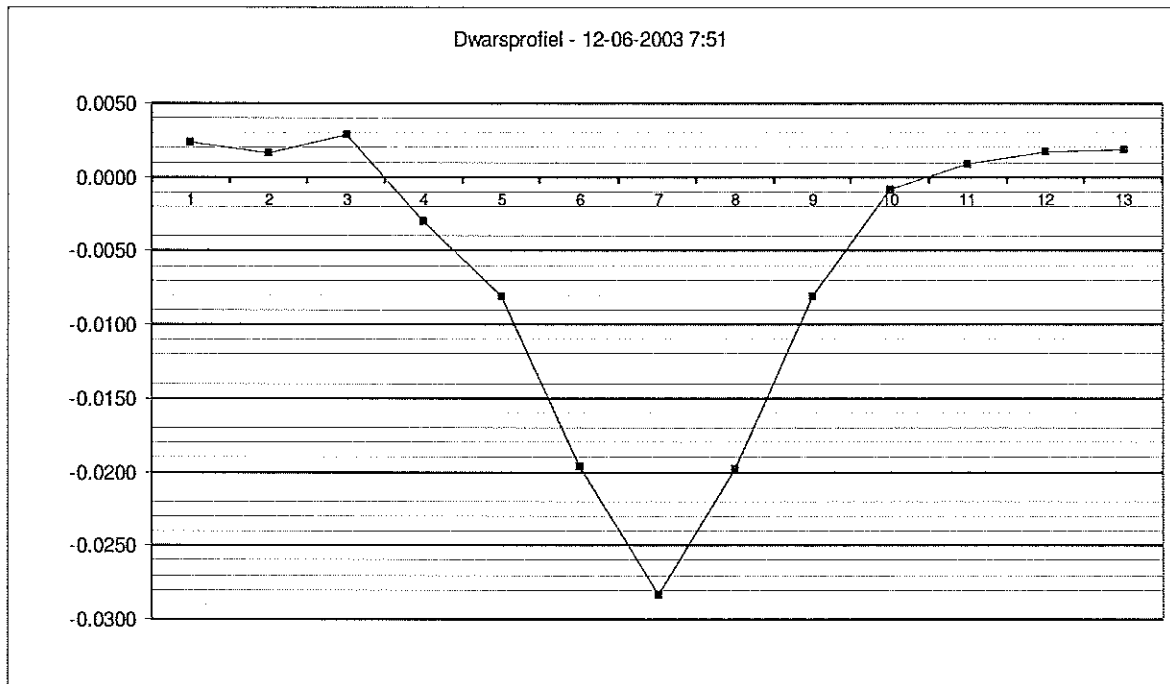
Bijlage 4 Dwarsprofielen per dag



Bijlage 4 Dwarsprofielen per dag



Bijlage 4 Dwarsprofielen per dag



Bijlage 5 Tijdsynchronisatie

05/27 16:31:32 synchronized -00:20.004 (0867)
05/27 16:31:40 synchronized +00:00.049 (0861)
05/28 12:43:14 synchronized +00:03.076 (0866)
05/29 14:13:30 synchronized +00:21.864 (0865)
05/30 11:20:33 synchronized +00:07.567 (0861)
05/31 00:00:07 synchronized +00:05.429 (0857)
06/01 00:00:05 synchronized +00:02.845 (0844)
06/02 17:11:27 synchronized +00:04.368 (0860)
06/03 08:00:31 synchronized +00:14.829 (0829)
06/03 10:00:35 synchronized +00:04.818 (0803)
06/03 18:00:38 synchronized +00:02.244 (0919)
06/03 20:00:36 synchronized +00:00.116 (0946)
06/03 22:00:35 synchronized +00:00.233 (0961)
06/04 00:00:35 synchronized +00:00.295 (0981)
06/04 02:00:34 synchronized +00:00.244 (0952)
06/04 06:00:33 synchronized +00:00.489 (0956)
06/04 08:00:33 synchronized +00:00.330 (0924)
06/04 10:00:36 synchronized +00:03.523 (0899)
06/04 12:00:36 synchronized +00:00.279 (0931)
06/04 18:00:38 synchronized +00:02.895 (0933)
06/04 20:00:41 synchronized +00:04.263 (0851)
06/04 22:00:40 synchronized +00:00.156 (0867)
06/05 04:00:44 synchronized +00:04.009 (0907)
06/05 10:01:00 synchronized +00:19.765 (0927)
06/05 16:01:01 synchronized +00:03.063 (0934)
06/05 18:01:06 synchronized +00:03.795 (0915)
06/05 20:01:04 synchronized +00:00.593 (0801)
06/05 22:01:04 synchronized +00:00.560 (0910)
06/06 02:01:05 synchronized +00:01.440 (0987)
06/06 04:01:06 synchronized +00:00.753 (0854)
06/06 08:01:06 synchronized +00:01.985 (0995)
06/06 16:01:09 synchronized +00:04.493 (0942)
06/06 18:01:16 synchronized +00:06.062 (0877)
06/06 22:01:15 synchronized +00:01.285 (0902)
06/07 08:01:17 synchronized +00:03.871 (0894)
06/07 16:01:20 synchronized +00:06.498 (0990)
06/07 18:01:22 synchronized +00:00.871 (0889)
06/08 02:01:26 synchronized +00:06.774 (0879)
06/08 10:01:26 synchronized +00:02.774 (0800)
06/08 16:01:26 synchronized +00:02.289 (0857)
06/08 18:01:27 synchronized +00:00.918 (0865)
06/08 22:01:28 synchronized +00:02.327 (0908)

06/09 04:01:28 synchronized +00:01.932 (0892)
06/09 14:01:29 synchronized +00:03.206 (0961)
06/09 16:01:30 synchronized +00:00.709 (0833)
06/09 18:01:31 synchronized +00:00.837 (0876)
06/10 06:01:31 synchronized +00:03.859 (0993)
06/10 18:01:36 synchronized +00:07.313 (0877)
06/11 02:01:34 synchronized +00:02.425 (0983)
06/11 04:01:34 synchronized +00:00.470 (0912)
06/11 08:01:36 synchronized +00:01.670 (0937)
06/11 10:01:36 synchronized +00:00.939 (0908)
06/11 20:01:38 synchronized +00:03.439 (0869)
06/12 04:01:36 synchronized +00:01.509 (0874)
06/12 10:49:26 synchronized +00:00.979 (0722)