



HOOFDRAPPORT  
betreffende

**TRILLINGSMETINGEN  
VOORMETING ACHTHOVEN  
BOORTUNNEL GROENE HART  
COB F511**

Opdrachtnummer: M00962-001

Opdrachtgever : COB F511  
Postbus 147  
2350 AC LEIDERDORP

Projectleider : ir. F.J.M. Hoefsloot  
Senior Projectleider Geotechniek

Opgesteld door : ir. M.J. Profittlich  
Geotechnisch adviseur

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	7 mei 2003	eerste versie	
2			
3			

M0962001.R02

## INHOUDSOPGAVE

	<u>Blz.</u>
<b>1 INLEIDING</b> .....	<b>1</b>
<b>2 PROJECTOMSCHRIJVING</b> .....	<b>2</b>
2.1 Probleemanalyse en doelstelling.....	2
2.2 Meetlocatie voormeting .....	2
2.3 Meetperiode .....	4
2.4 Bodemopbouw .....	4
<b>3 MEETRESULTATEN</b> .....	<b>6</b>
<b>4 REFERENTIES</b> .....	<b>7</b>

### BIJLAGEN IN RAPPORTVORM:

- Meerdagenmeting: Resultaten voormeting Achthoven, F511 (versie 01 Definitief); GeoDelft, november 2002.
- Intensieve dagmeting: Meetrapport trillingsmetingen Groene Hart Tunnel, Voormeting; TNO Bouw, 13 september 2002.
- Meereizende metingen: Meetrapport meereizende trillingsmetingen aan TBM en op maaiveld Boortunnel Groene Hart COB F511; Fugro, 7 mei 2003.
- Extra metingen: GeoDelft, mei 2003.

## 1 INLEIDING

Op 6 mei 2002 ontving Fugro Ingenieursbureau B.V. te Leidschendam van COB te Gouda de opdracht voor de uitvoering van werkzaamheden ten behoeve van deelproject C 'Uitvoering voormeting nabij vluchtschacht Achthoven' in het kader van praktijkonderzoek COB F511 'Trillingen Boortunnel Groene Hart.

Het praktijkonderzoek 'COB F511' is met name gericht op de trillingen die ontstaan tijdens de bouwfase. Trillingen die optreden tijdens de bouwfase spelen een belangrijke rol in de omgeving. Het is van belang om voortijdig aan te geven hoeveel en waar zowel schade als hinder ten gevolge van trillingen (zowel voelbare trillingen als laagfrequent geluid) te verwachten is ter plaatse van kritieke locaties, zoals woningen.

Deelproject C omvat de derde fase van het praktijkonderzoek. De voorgaande fasen bestonden respectievelijk uit het opstellen van een samenvatting van (trillings)metingen die reeds in het verleden zijn uitgevoerd tijdens boortunnelprojecten (deelproject A, uitgevoerd door Holland Railconsult [2]), en het opstellen van een meetprotocol en meetplan ten aanzien van trillingsmetingen (deelproject B, uitgevoerd door TNO/ Fugro [3/4]).

In dit deelproject hebben de volgende trillingsmetingen plaatsgevonden:

- meerdagenmeting, uitgevoerd door GeoDelft;
- intensieve dagmeting, uitgevoerd door TNO;
- meereizende metingen, uitgevoerd door Fugro.

Dit rapport bevat de projectomschrijving van de voormeting Achthoven, waaronder probleemstelling, doelstelling, meetlocaties en meetperiode (hoofdstuk2). De rapporten van de uitgevoerde metingen zijn als bijlagen bij dit hoofd rapport toegevoegd.

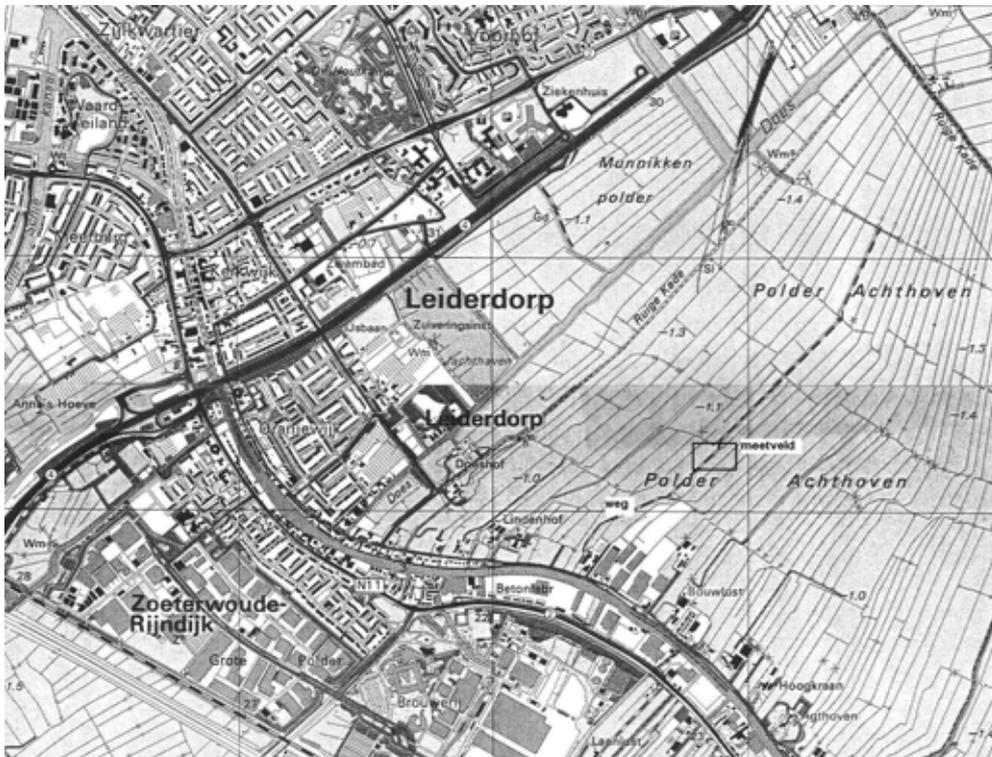
## 2 PROJECTOMSCHRIJVING

### 2.1 Probleemanalyse en doelstelling

Trillingen die optreden tijdens de bouwfase van de boortunnel spelen een belangrijke rol in de omgeving. Het is van belang om voortijdig aan te geven hoeveel en waar zowel schade als hinder ten gevolge van trillingen (zowel voelbare trillingen als laagfrequent geluid) te verwachten is ter plaatse van kritieke locaties, zoals woningen. Derhalve dient inzicht te worden verkregen in de trillingsinvloed van de trillingsbron (TBM), de voortplanting van de trillingen in de ondergrond, alsmede de trillingsinvloed ter plaatse van de kritieke locaties.

### 2.2 Meetlocatie voormeting

De meetlocatie van de voormeting nabij vluchtschacht Achthoven is gelegen boven de tunnelas, rond kilometrering km 28.150, in Polder Achthoven, gemeente Leiderdorp (zie figuur 2.1).

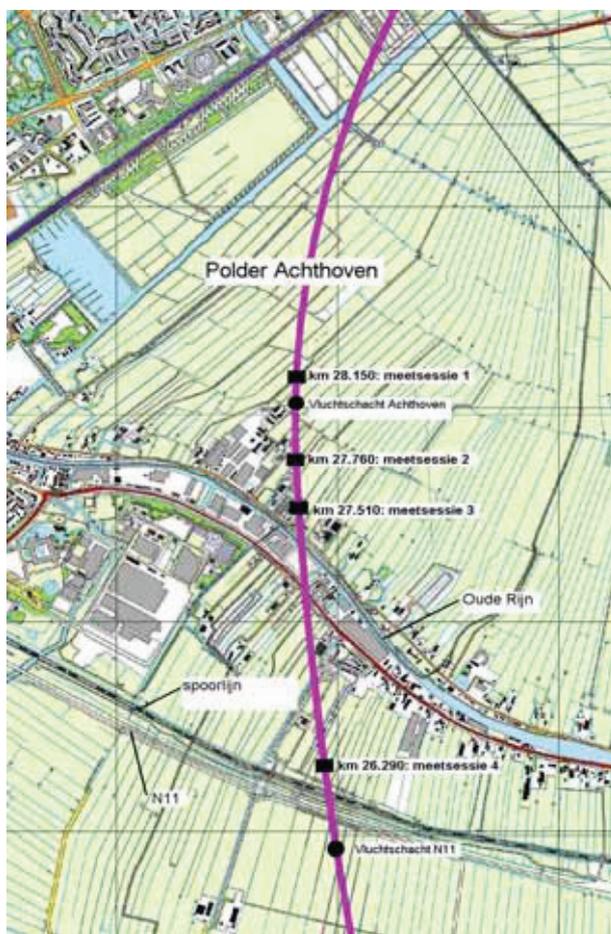


Figuur 2.1: Meetlocatie Achthoven

Nabij vluchtschacht Achthoven hebben de volgende trillingsmetingen plaatsgevonden:

- meerdagenmeting, uitgevoerd door GeoDelft;
- intensieve dagmeting, uitgevoerd door TNO;
- meereizende metingen sessie 1, uitgevoerd door Fugro.

De meetlocaties van meetsessies 2 t/m 4 en de extra metingen van GeoDelft zijn aangegeven in figuur 2.2. De meetlocatie van meetsessie 1 komt overeen met de meetlocatie van de meerdagenmeting en intensieve dagmeting, en de meetlocatie van de extra meting van GeoDelft komt overeen met de meetlocatie van meetsessie 4.



Figuur 2.2: Meetlocaties meetsessie 1 t/m 4

## 2.3 Meetperiode

De meetperiode van de uitgevoerde trillingsmetingen is aangegeven in tabel 2.1, alsmede de locatie en kilometrering van het tracé.

*Tabel 2.1: Meetperiode trillingsmetingen*

type meting	uitgevoerd door	periode	locatie	kilometrering <sup>1)</sup>
meerdagenmeting (GeoDelft)	GeoDelft	29 mei tot 6 juni 2002	vluchtschacht Achthoven	28.150
extra meting (GeoDelft)	GeoDelft	??	proefveld aannemer	26.290
dagmeting (TNO)	TNO Bouw	1 juni 2002	vluchtschacht Achthoven	28.150
reizende meetsessie 1	Fugro	29 mei tot 6 juni 2002	vluchtschacht Achthoven	28.150
reizende meetsessie 2	Fugro	4 tot 19 november 2002	weiland fam. Kaptein	27.760
reizende meetsessie 3	Fugro	29 november tot 8 december 2003	Patrimoniumpark (bedrijf Vermeulen BV)	27.510
reizende meetsessie 4	Fugro	4 tot 12 maart 2003	proefveld aannemer	26.290

1) ten aanzien van meereizende metingen: meetpunt op maaiveld

## 2.4 Bodemopbouw

In tabel 2.2 wordt de bodemopbouw ter plaatse van de meetlocatie van de voormeting nabij vluchtschacht Achthoven omschreven op basis van de geotechnische lengteprofielen opgesteld door GeoDelft. Het tunnelboortracé ligt over het algemeen tussen de NAP –20 à –21 tot –35 à –36 m. De uitwendige diameter van de tunnel is ca. 15 m. Het maaiveldniveau ter plaatse van de meetsessies varieert van NAP –1,6 m tot +0,0 m.

Tabel 2.2: Bodemopbouw nabij vluchtschacht Achthoven (km 28.150)

laagtype	bovenzijde [m NAP]	onderzijde [m NAP]	dikte [m]	omschrijving
12	-1,3	-2,0	0,7	klei, zwak siltig
13	-2,0	-2,9	0,9	klei, zandig met zandlaagjes
14	-2,9	-21,6	18,7	zand, matig grof, siltig
<b>22</b>	-21,6	-26,1	4,5	zand, matig fijn, siltig
<b>34</b>	-26,1	-36,2	10,1	zand, uiterst grof, fijn grindig
38A	-36,2	-37,6	1,4	klei, sterk siltig met zandlaagjes
38	-37,6	-41,0	n.b <sup>1)</sup>	zand, matig grof, siltig

1) n.b.: niet bekend

Het tunnelboortracé ligt in zandlagen 22 en 34. De gemeten conusweerstand van laag 22 bedraagt ca. 20 MPa, de conusweerstand van laag 34 bedraagt ca. 25 MPa. Deze zandlagen kunnen als dicht tot zeer dicht worden gekarakteriseerd.

### 3 MEETRESULTATEN

De meetresultaten van de uitgevoerde trillingsmetingen zijn gepresenteerd in de afzonderlijke meetrapporten, die als bijlagen bij dit hoofdrapport zijn toegevoegd. Het gaat hierbij om de volgende rapporten:

- Meerdagenmeting: Resultaten voormeting Achthoven, F511 (versie 01 Definitief); GeoDelft, november 2002.
- Intensieve dagmeting: Meetrapport trillingsmetingen Groene Hart Tunnel, Voormeting; TNO Bouw, 13 september 2002.
- Meereizende metingen: Meetrapport meereizende trillingsmetingen aan TBM en op maaiveld Boortunnel Groene Hart COB F511; Fugro, 7 mei 2003.
- Extra metingen: GeoDelft, mei 2003.

#### 4 REFERENTIES

- [1] Basisprojectplan Praktijkonderzoek Boortunnel Groene Hart, deelproject Trillingen COB F511, versie 1.0; Holland Railconstult  
Utrecht, 19 november 2001
- [2] Samenvatting metingen verleden inclusief predictie fase 1, concept, Holland Railconsult, Utrecht, 22 april 2002
- [3] Meetprotocol voor omgevingstrillingen van het tunnelboorproces, concept; TNO  
Delft, 12 maart 2002
- [4] Meetplan trillingsmetingen Boortunnel Groene Hart, Fugro Ingenieursbureau BV,  
Leidschendam, 1 mei 2002.



# Resultaten voormeting Achthoven, F511

Projectnummer  
Co-403840.25

Versie  
01 Definitief

Datum  
november 2002

Opgesteld in opdracht van  
Fugro Ingenieursbureau b.v  
Postbus 63  
2260 AB Leidschendam



---

Postbus 69  
NL-2600 AB Delft  
Stieltjesweg 2  
NL-2628 CK Delft

---

Telefoon  
Telefax  
info@geodelft.nl  
www.geodelft.nl

---

Postbank 234342  
ING Bank NV  
rek.nr.65.09.62.524  
KvK 541146461 Delft

---

Rapportnummer  
Co-403840.25

Datum  
november 2002

---

Samenvatting rapport

---

Versie  
01 Definitief

Aantal pagina's  
19

Op 29 mei 2002 is gestart met het uitvoeren van een 8-daagse trillingsmeting bij passage van de TBM Groene Harttunnel. De metingen zijn uitgevoerd conform het meetplan van 17 april 2002, welke is opgesteld door Fugro ingenieursbureau. De metingen vormen een onderdeel van het COB onderzoeksprogramma uitgevoerd onder auspiciën van de commissie F511

---

Titel / subtitel  
Resultaten voormeting Achthoven, F511

De metingen zijn beëindigd op 6 juni 2002, acht dagen na de start van de metingen. De locaties van de opnemers zijn conform het meetplan. In bijlage 1 zijn de resultaten van de metingen opgenomen. In bijlage 2 zijn een aantal leermomenten geformuleerd die kunnen leiden tot verbetering van de meetopzet bij vervolgmetingen.

---

Projectleider(s)  
Drs. V. Hopman

---

Projectbegeleider(s)  
dr. ir. P. Hölscher

---

Opgesteld in opdracht van  
Fugro Ingenieursbureau bv  
Postbus 63  
2260 AB Leidschendam

---

Versie	Datum	Opgesteld door	Paraaf	Gecontroleerd door	Paraaf
01	18-11-02	V. Hopman		P. Hölscher	

---

---

---

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Positie opnemers</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Positie boormachine</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Uitval apparatuur</b>	<b>2</b>
<b>5</b>	<b>Conditionering</b>	<b>2</b>
<b>6</b>	<b>Maximale waarden in de grafieken</b>	<b>3</b>

Bijlage 1 Meetresultaten

Bijlage 2 Leerpunten

## Tabellen

Tabel 2.1: Overzicht van alle opnemers	1
Tabel 2.2: Opmers op diepte	2
Tabel 3.1: Passage boorkop	2

# 1 Inleiding

Op 29 mei 2002 is gestart met het uitvoeren van een 8-daagse trillingsmeting aan de TBM Groene Hart. De metingen zijn uitgevoerd conform het meetplan van 17 april 2002, welke is opgesteld door Fugro Ingenieursbureau BV.

De metingen zijn beëindigd op 6 juni 2002, acht dagen na de start van de metingen. De locaties van de opnemers is conform het meetplan. Dit rapport geeft de feitelijke informatie die nodig is om de metingen te kunnen interpreteren. In bijlage 1 zijn de resultaten van de metingen opgenomen. In de bijlage 2 is een memo opgenomen waarin de leerpunten van deze voormeting zijn weergegeven. Deze 'leermomenten' kunnen worden gebruikt voor de nog uit te voeren hoofdmeting.

## 2 Positie opnemers

In Tabel 2.1 is een overzicht van alle opnemers met posities (afstand tot de boortunnel) en richtingen weergegeven. De bestandsnaam van de datafiles komt overeen met het kanaalnummer.

Kanaal	locatie	Afstand	Richting
1	M1	32	Verticaal
2	M1	32	Evenwijdig
3	M1	32	Loodrecht
4	M2	32	Verticaal
5	M2	32	Evenwijdig
6	M2	32	Loodrecht
7	M5	2	Verticaal
8	M5	2	Evenwijdig
9	M5	2	Loodrecht
10	M10	32	Verticaal
11	M10	32	Evenwijdig
12	M10	32	Loodrecht
13	D1	32	Verticaal
14	D1	32	Evenwijdig
15	D1	32	Loodrecht
16	D3	12	Verticaal
17	D3	12	Evenwijdig
18	D3	12	Loodrecht
19	M10	32	Vertikaal

Tabel 2.1: Overzicht van alle opnemers

Er zijn vier turboconussen geplaatst om in de diepte de trillingen te kunnen registreren. De diepte van de turboconussen is bepaald aan de hand van de diepte van het hart van de TBM ter plaatse van het meetveld. In Tabel 2.2 zijn de dieptes van de turboconussen aangegeven.

Opnemer	Diepte (m-MV)
D1	24.40
D2	24.50
D3	25.50
D4	25.00

Tabel 2.2: Opnemers op diepte

### 3 Positie boormachine

De lengte van de boormachine (waar trillingsbronnen verwacht mogen worden) is ongeveer 120 m. Daarachter vindt uitsluitend aan- en afvoerplaats. Dat gebeurt op luchtbanden en zou trillingsarm moeten zijn. Concreet houdt dit in dat bij het einde van de meting het einde van de boormachine bij de eerste opnemer (M1) zit. In Tabel 3.1 is aangegeven op welk moment de voorkant van de TBM de desbetreffende opnemers passeert.

Opnemer	Passage van voorkant TBM	
	Datum	Tijdstip
M1	30 mei 2002	03:47 uur
M2	1 juni 2002	12:59 uur
M5	3 juni 2002	03:37 uur
M10	5 juni 2002	05:41 uur
D1	1 juni 2002	12:59 uur
D3	3 juni 2002	15:09 uur

Tabel 3.1: Passage boorkop

Opnemer D2 en D4 zijn door GeoDelft geplaatst, maar niet ingezet voor de achtdaagse meting. Deze opnemers zijn ingezet voor de eendagsmeting die op dag 5 van de achtdaagse meting is uitgevoerd.

### 4 Uitval apparatuur

Tijdens de 8-daagse meting is de apparatuur enkele malen uitgevallen, deels door stroomonderbreking door de aannemer, maar ook door het inslaan van de bliksem. De apparatuur is door GeoDelft dagelijks gecontroleerd. Hierdoor kon worden voorkomen dat er veel data verloren zou zijn gegaan.

### 5 Conditionering

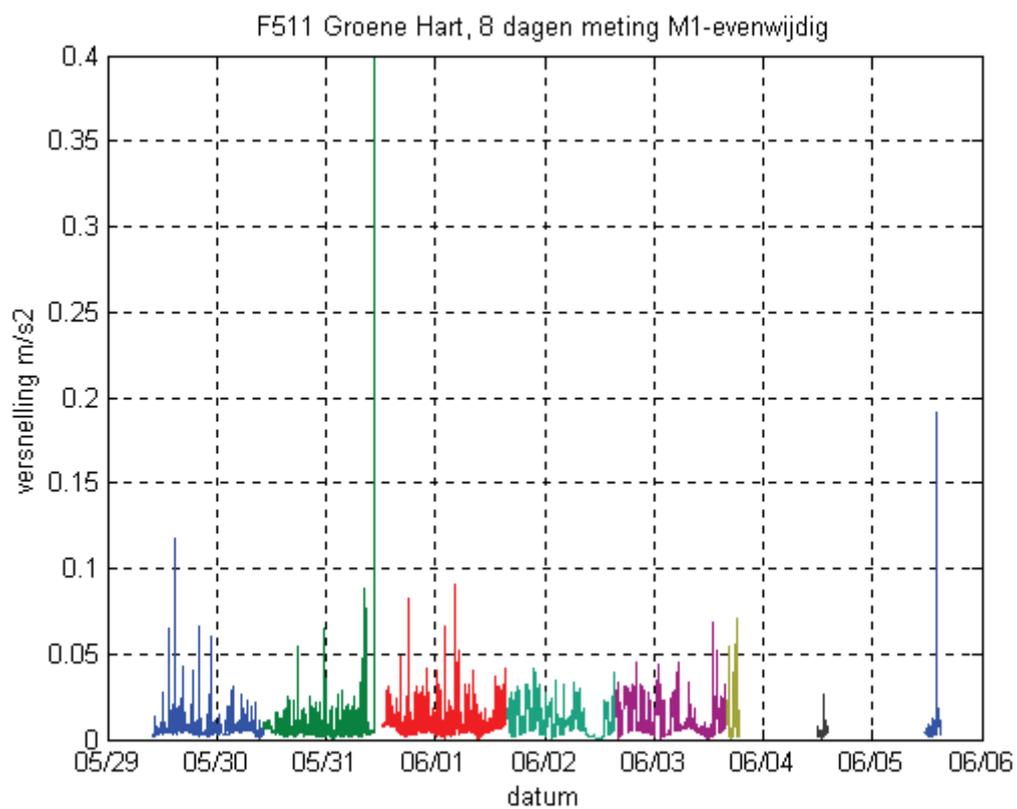
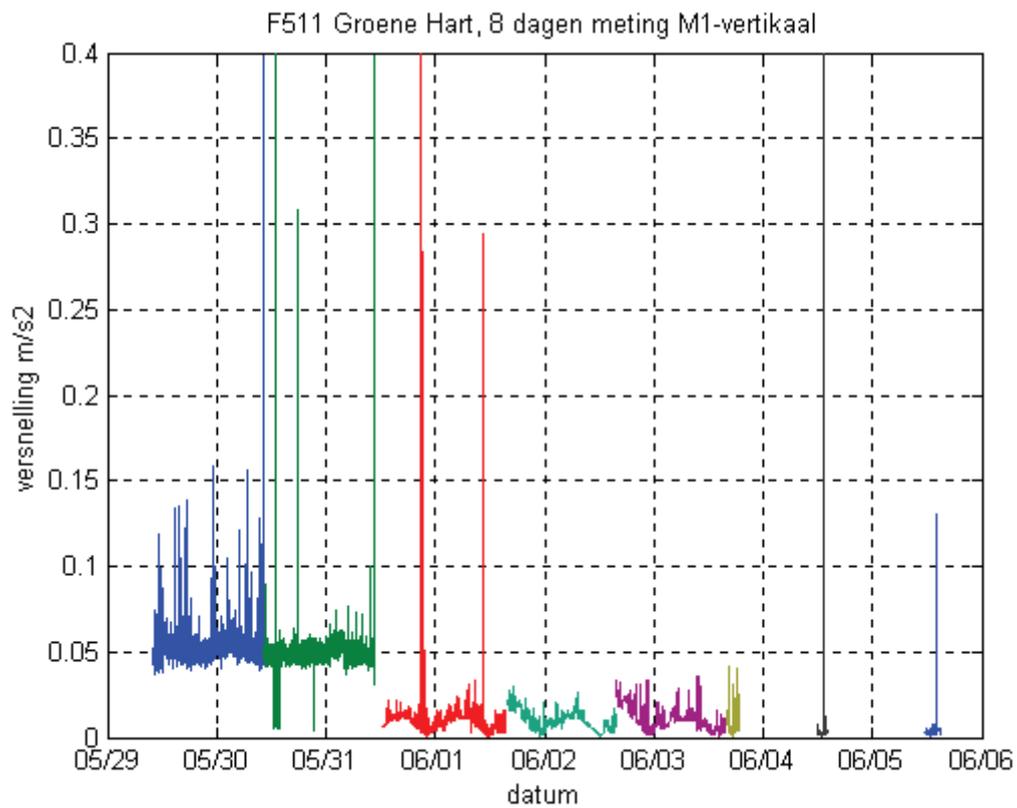
De conditionering van de verschillende opnemers is niet identiek geweest. Voor de locaties M5 en M7 (op de kleine afstand aan maaiveld) en D1 en D3 (op diepte) is de signaalconditionering niet correct ingesteld voor het optredende trillingsniveau. Daardoor is er in deze laatste groep meer ruis mee versterkt.

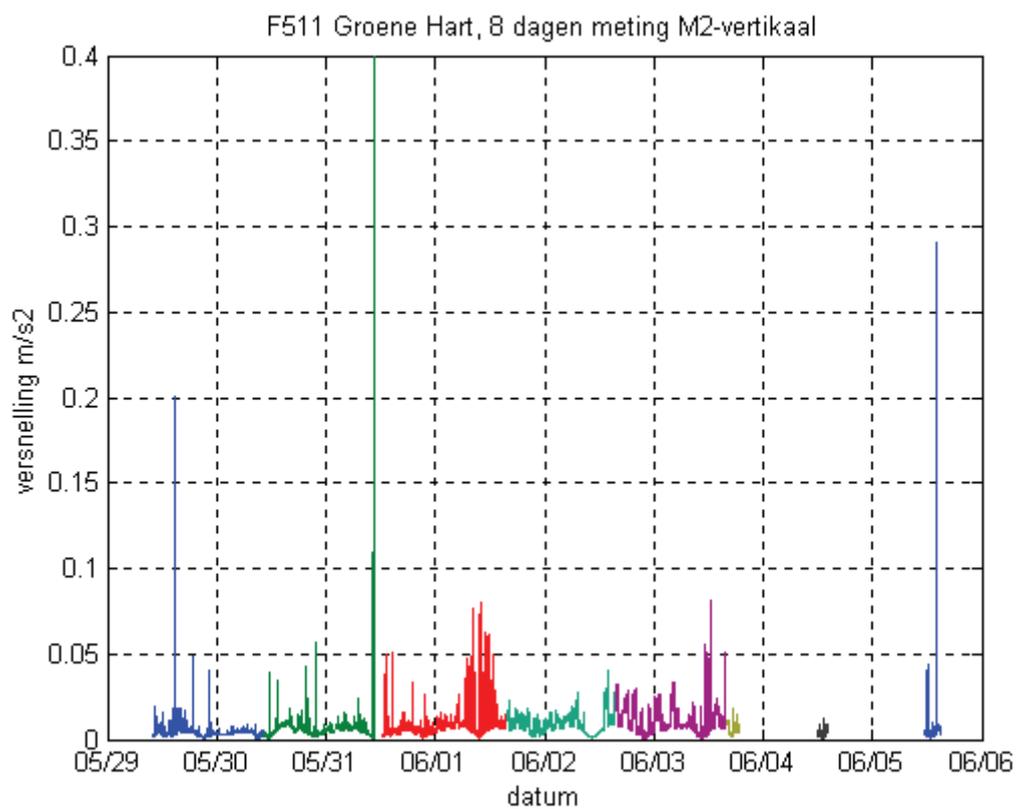
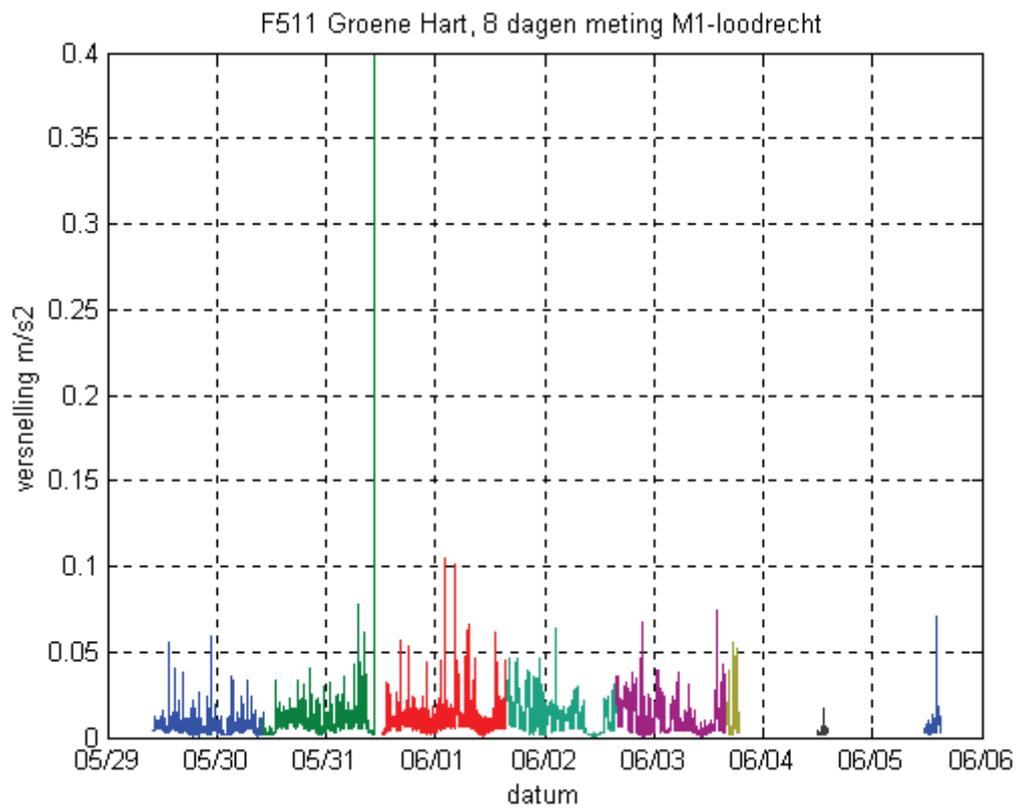
Het meetsysteem is na de uitvoering van de metingen nog gecontroleerd voor frequenties 2 Hz en 3 Hz. Hierbij bleek dat deze beperking uit de conditionering geen significante invloed heeft op het geconstateerde verloop van de piekwaarden.

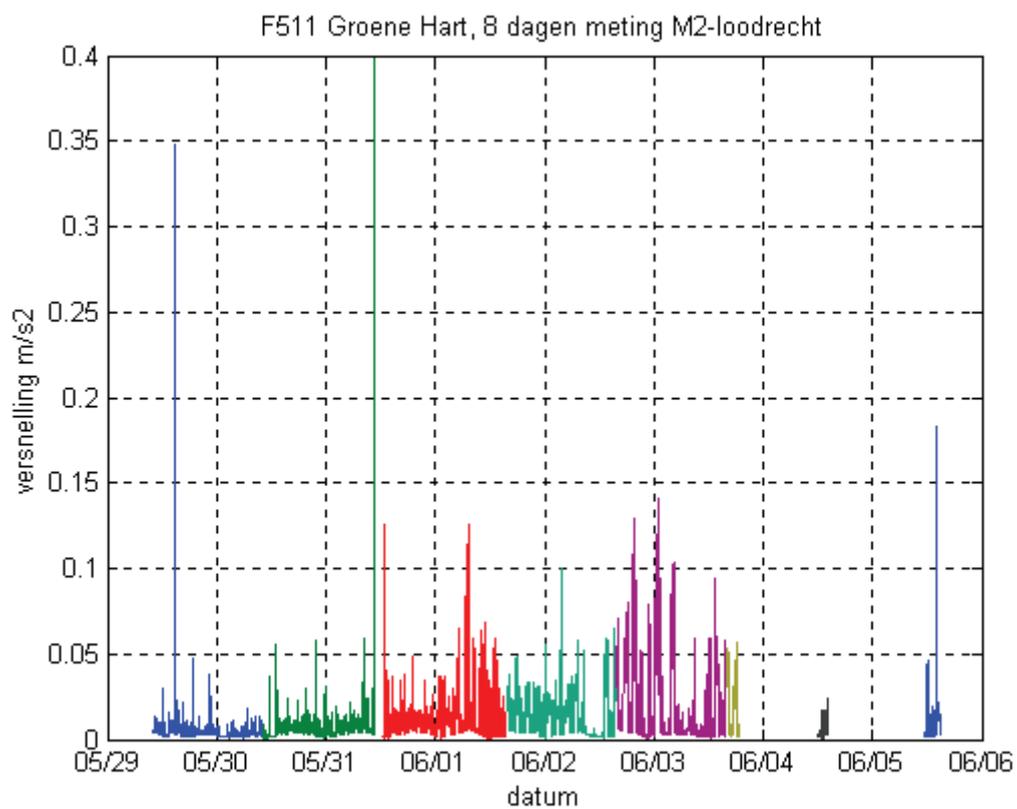
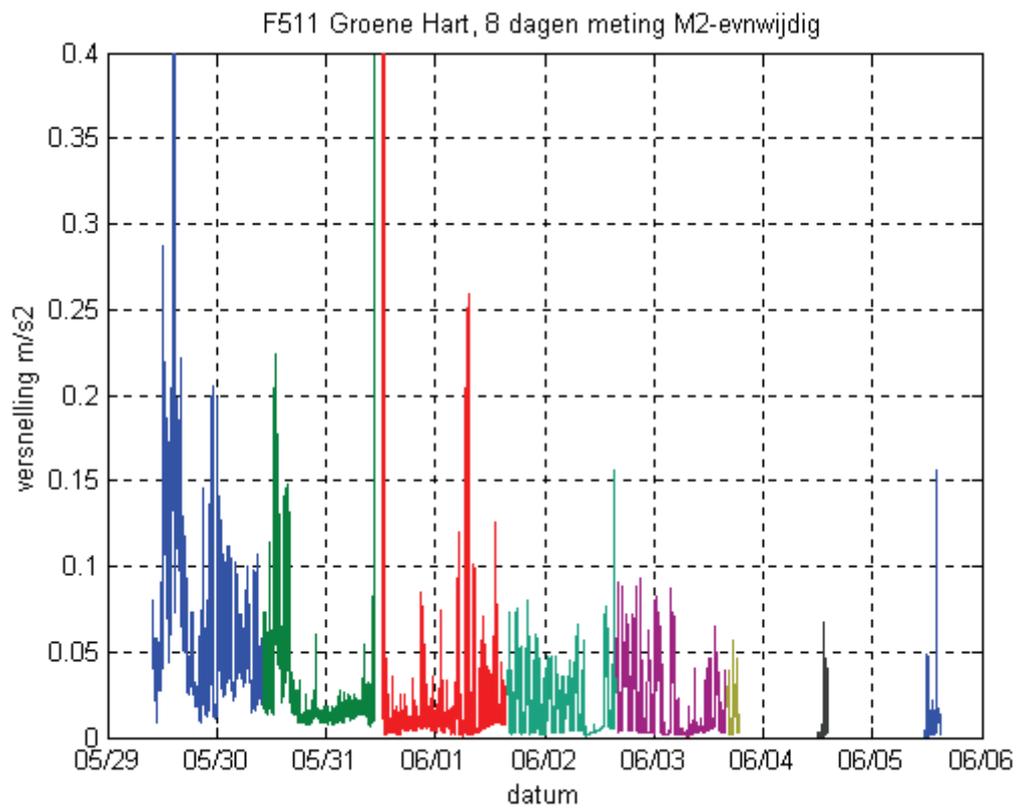
## 6 Maximale waarden in de grafieken

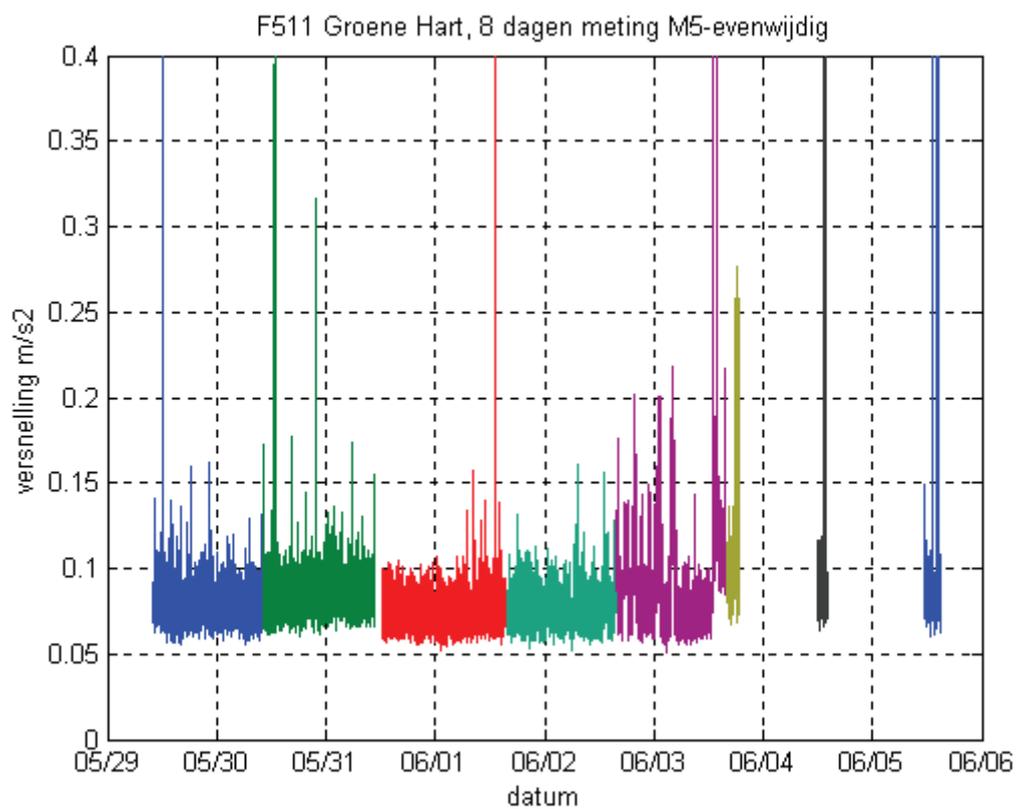
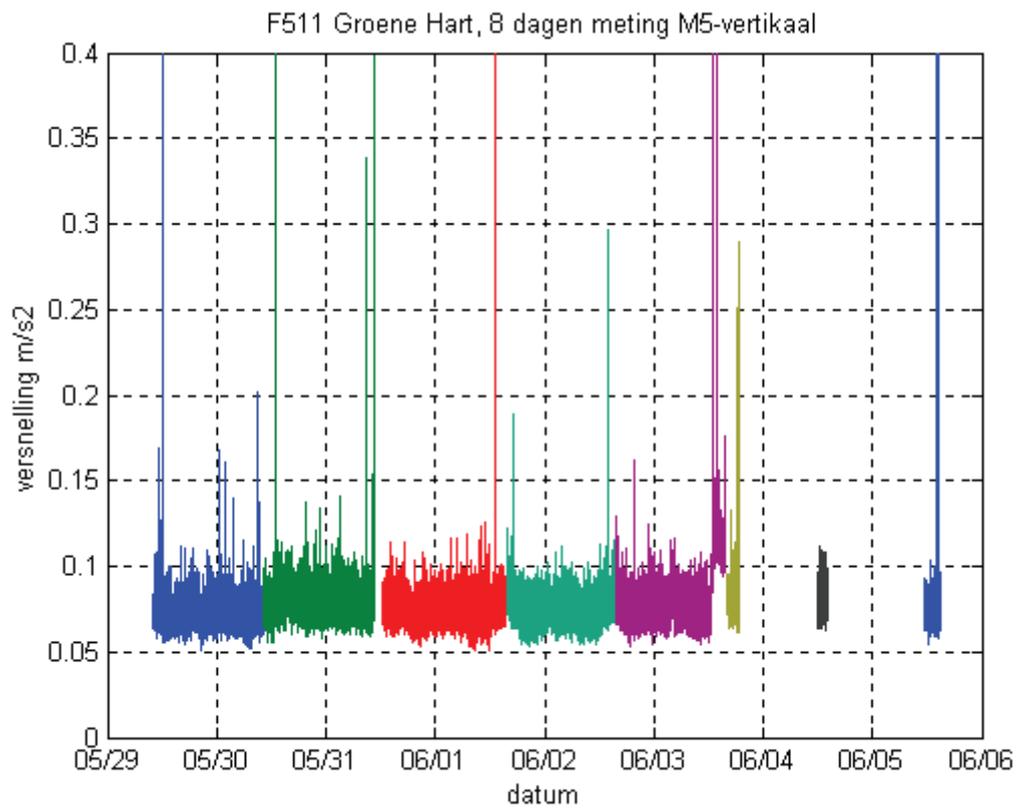
Alle grafieken geven de maximale waarde over een periode van 30 seconden (op basis van de intervalvoorschriften in de SBR richtlijn is voor de periode van 30 seconde gekozen). De signalen zijn opgenomen met een sample frequentie van 10 Hz. Door deze waarden is het dus niet zeker dat alle scherpe pieken in het signaal gevonden zijn. Wel kan gesteld worden dat de gevonden waarden een goede afspiegeling vormen van het heersende trillingsniveau.

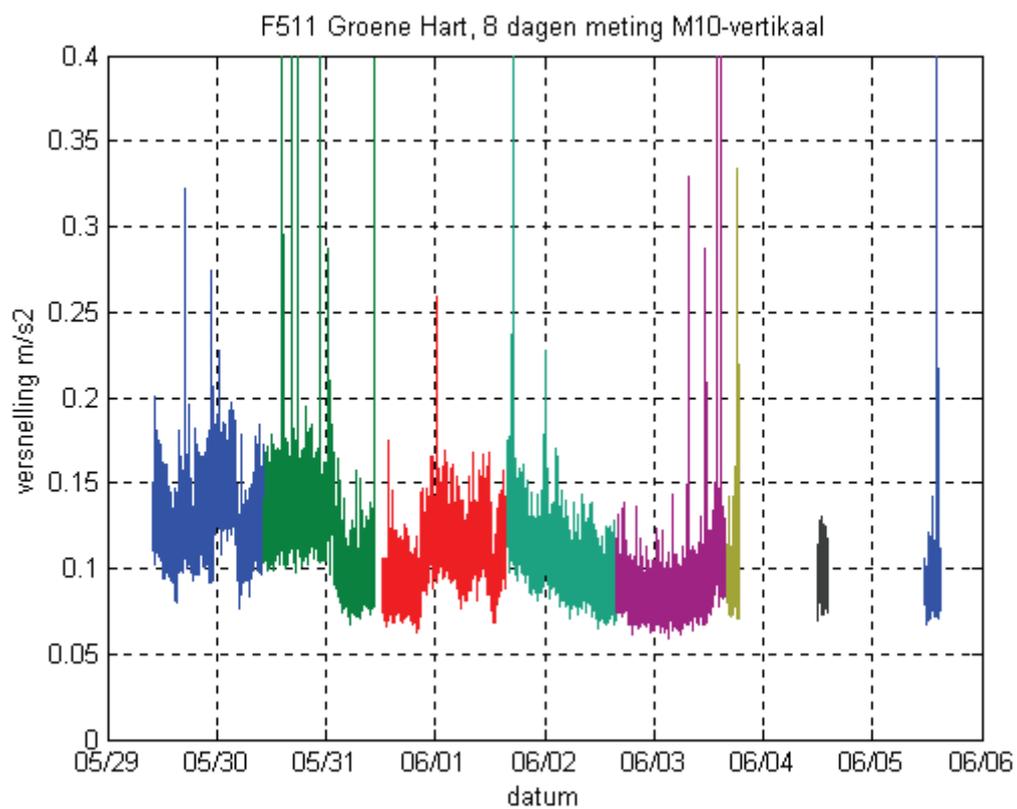
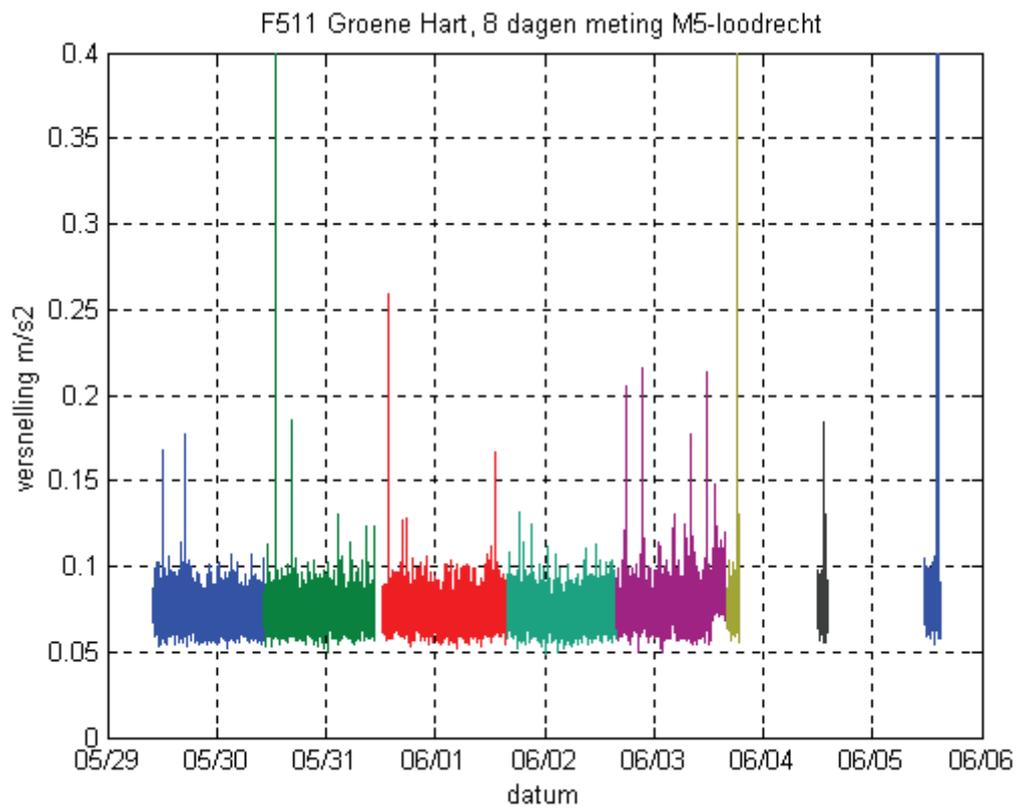
# Bijlage 1 Meetresultaten

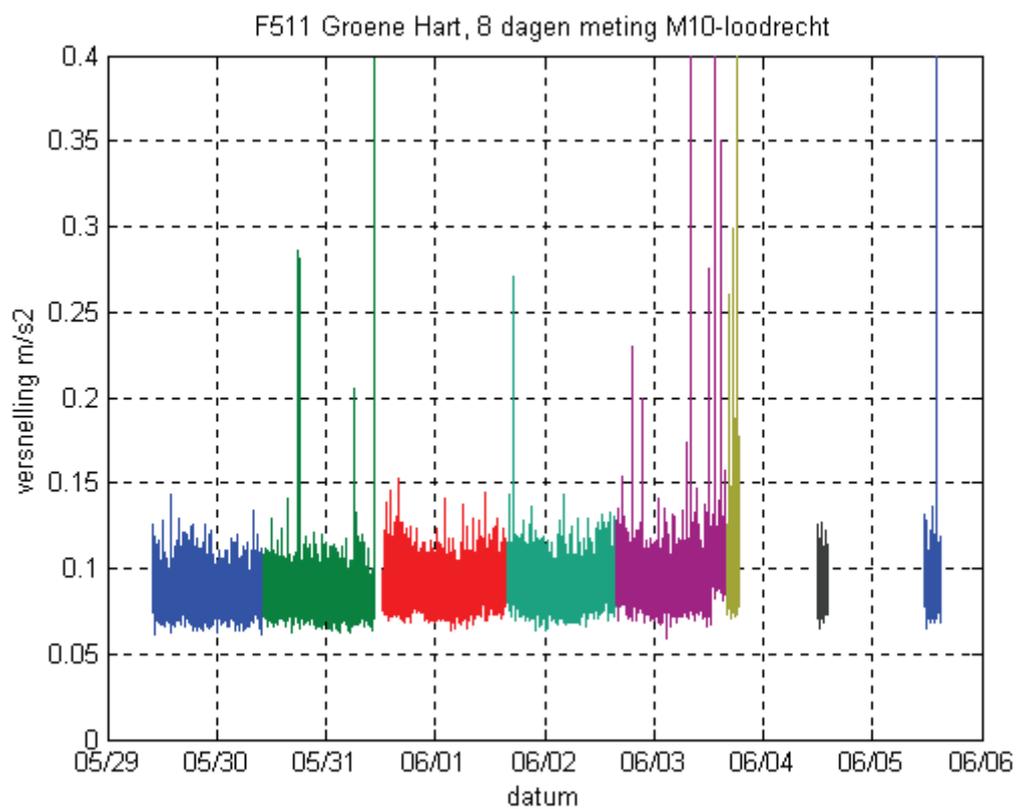
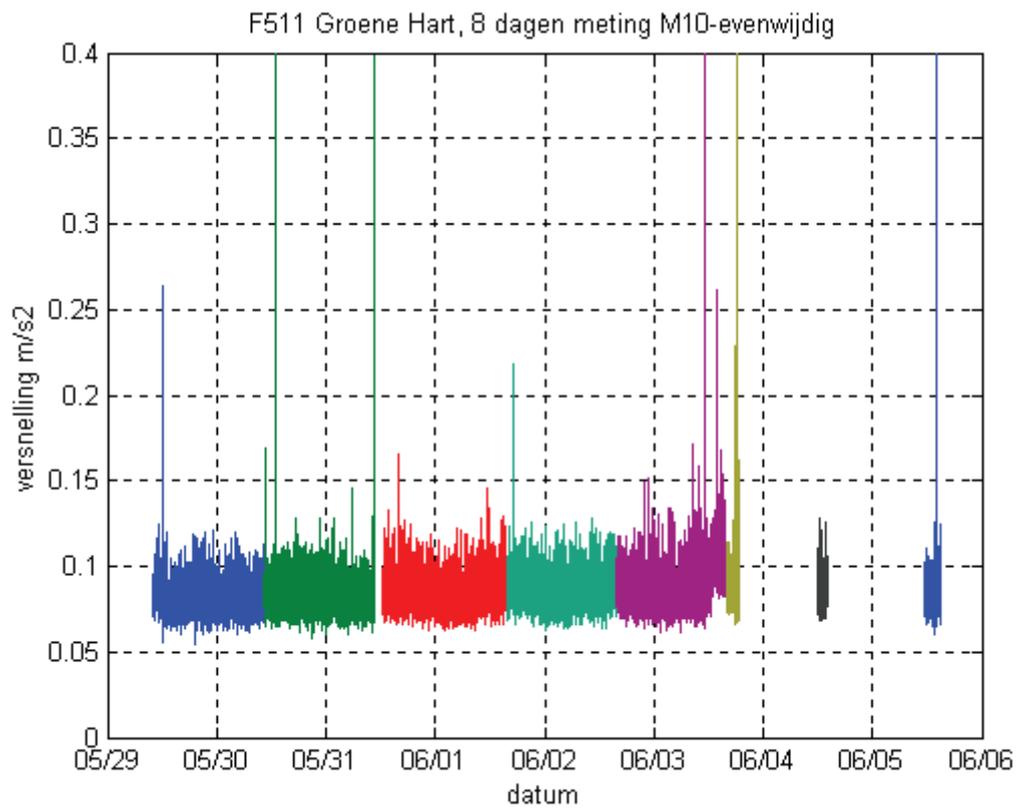


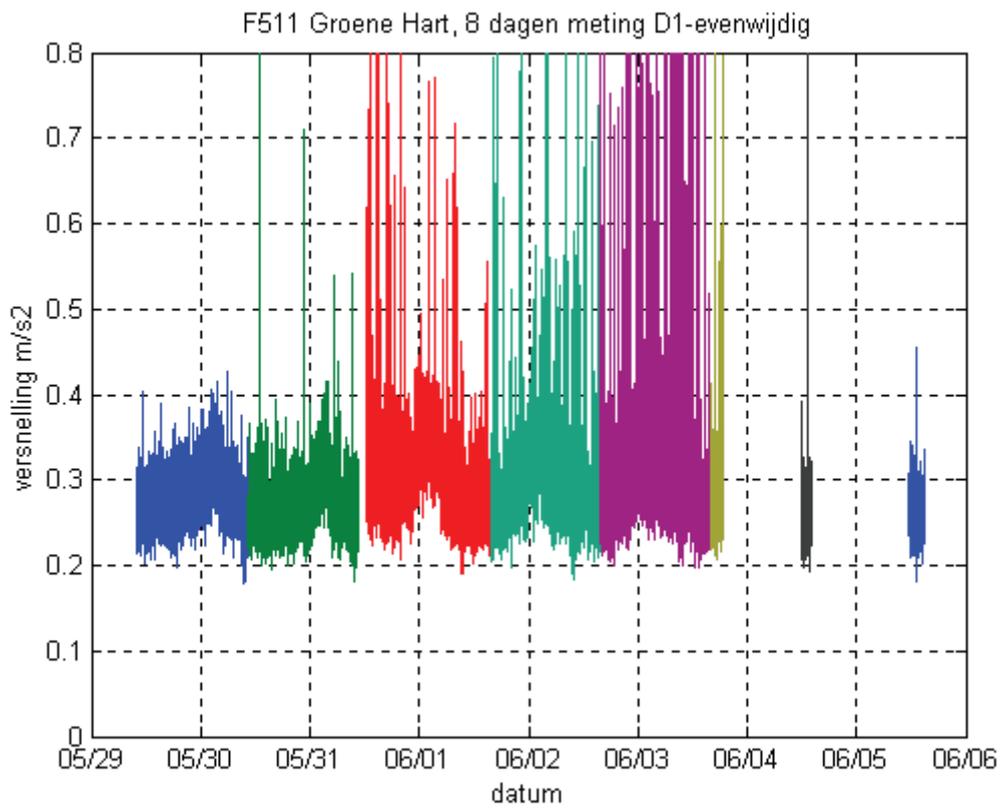
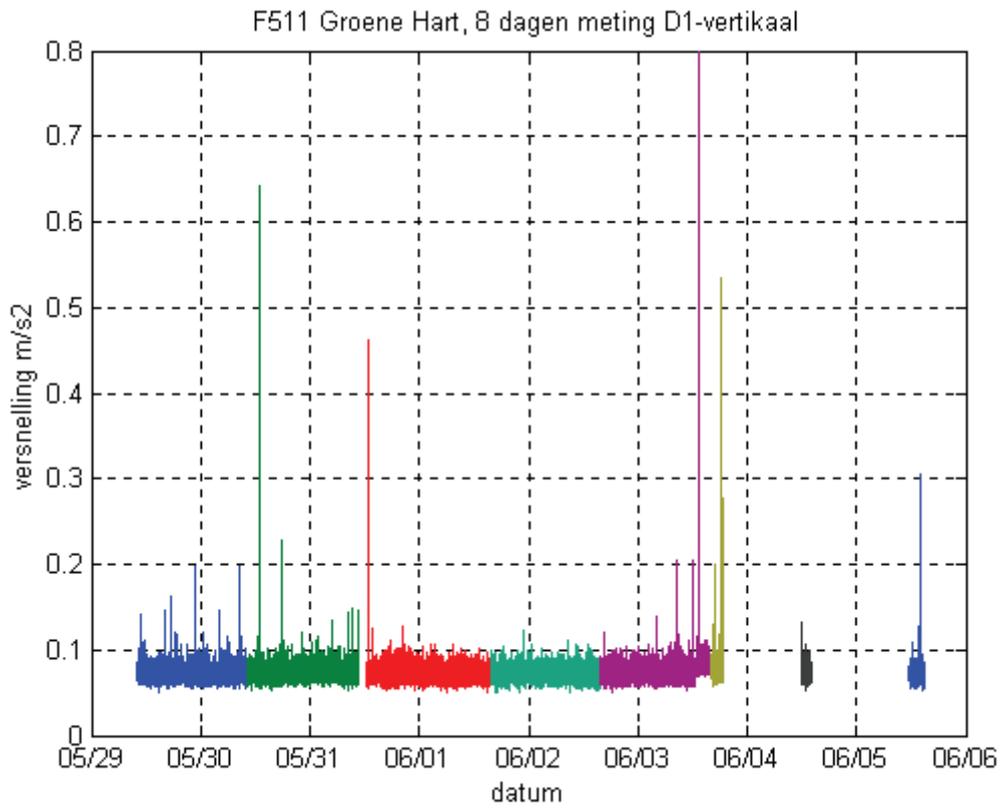


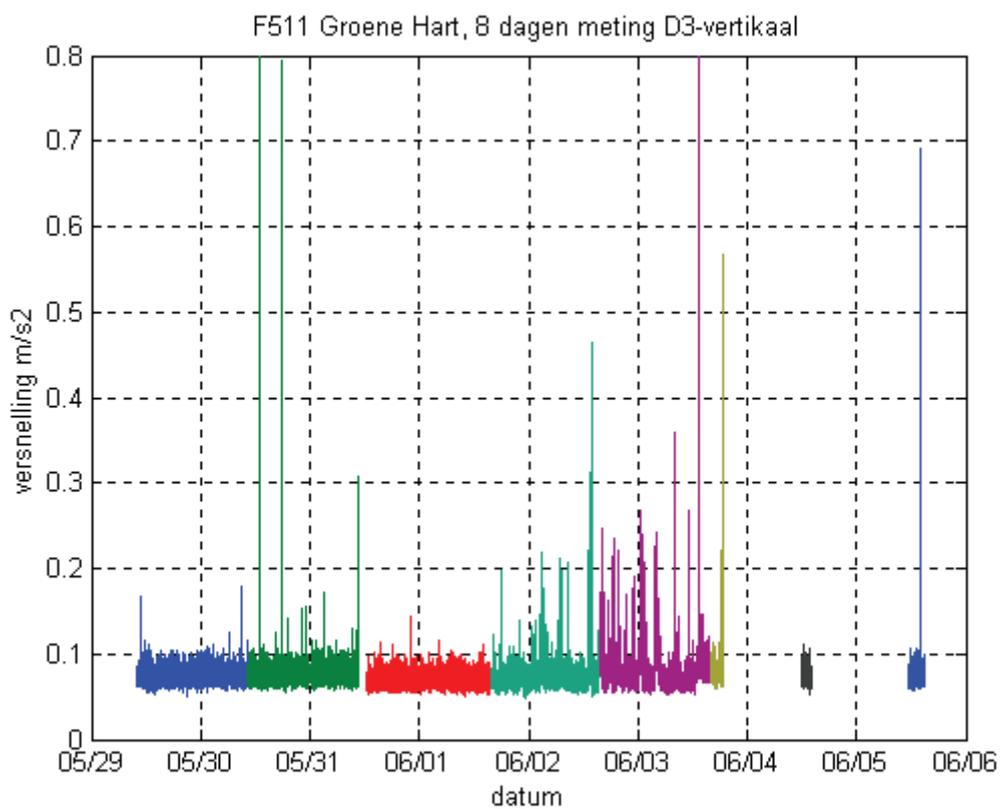
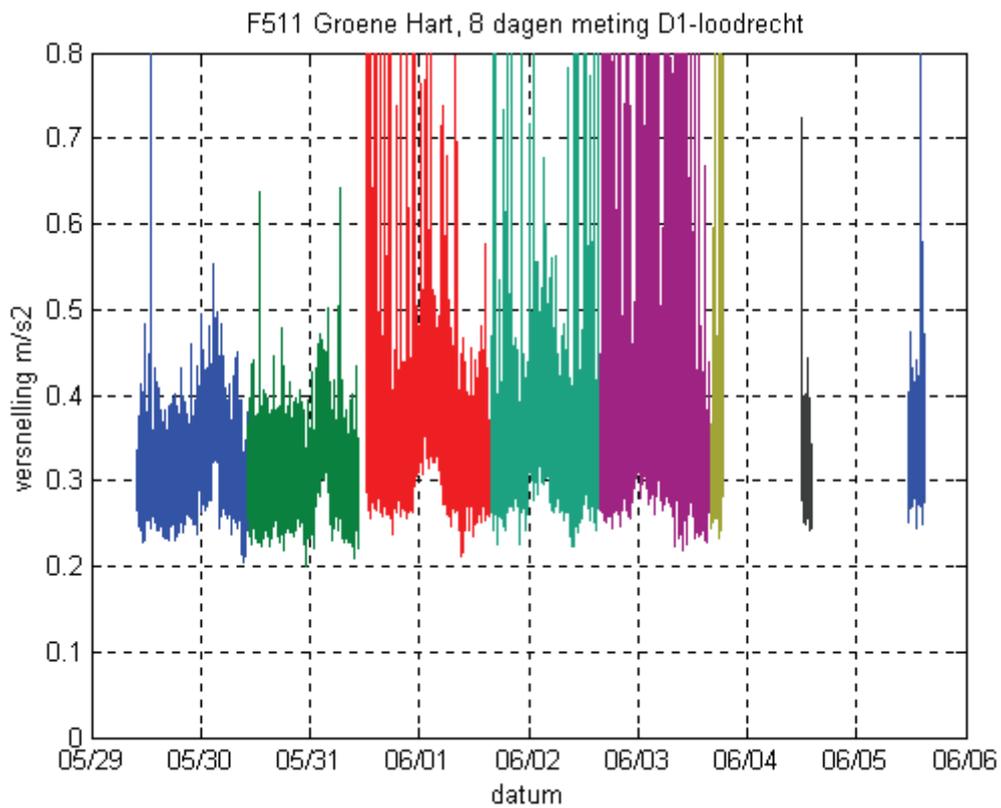


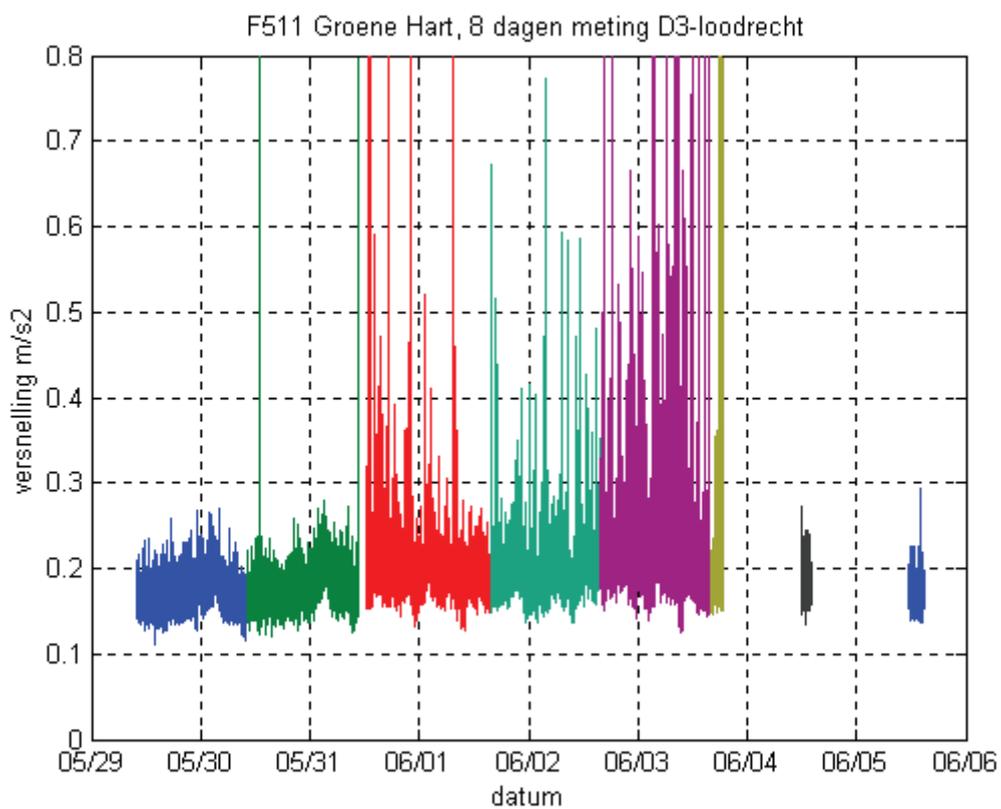
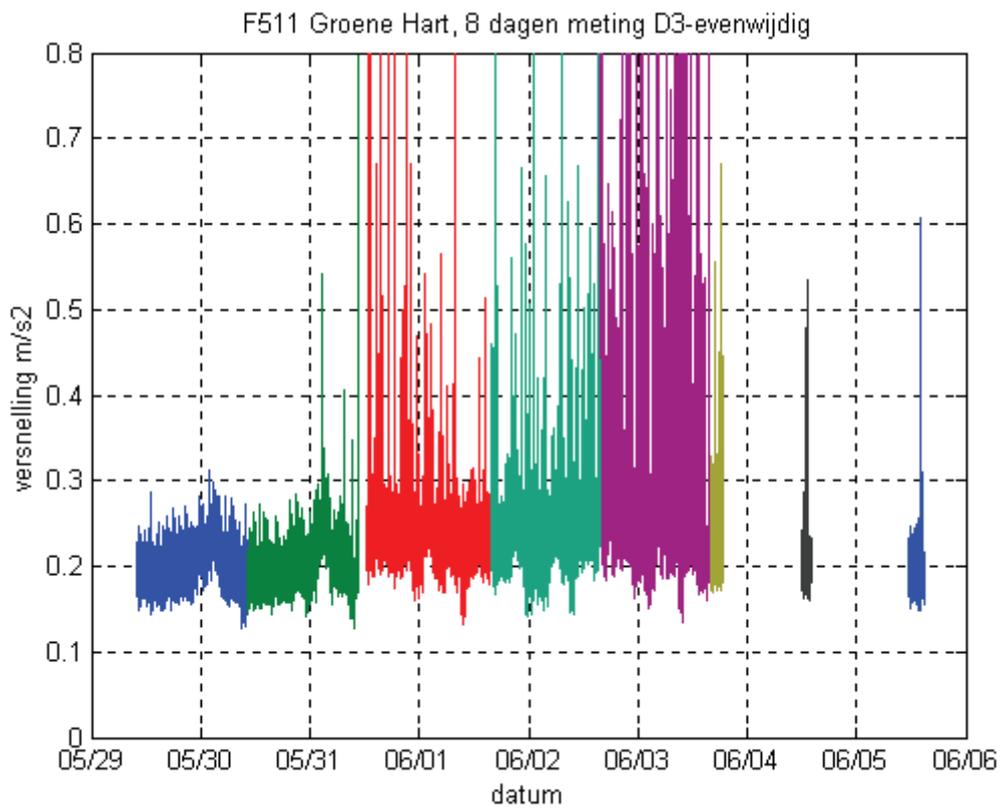


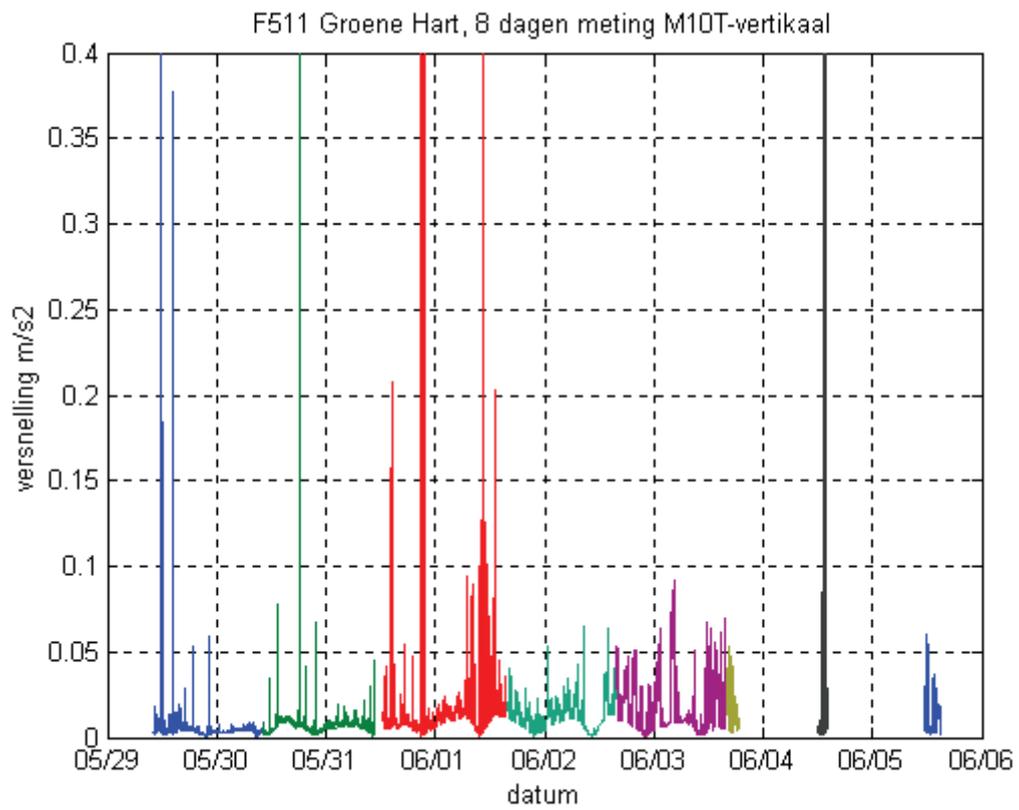












## Bijlage 2      Leerpunten

Dit memo legt de belangrijkste leerpunten uit de voormeting in Achthoven vast, voor wat betreft de lange duur meting van GeoDelft, zodat betere resultaten behaald kunnen worden bij zowel de meting bij Patrimoniumpark als bij overige projecten waarbij lange duur metingen uitgevoerd worden.

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen het proces van het verkrijgen van de meetdata en de resultaten van de meting.

Binnen Delft Cluster is de rationele monitoringsfilosofie HerMes ontwikkeld door GeoDelft en TNO bouw. Binnen dit project wordt momenteel gewerkt aan het opstellen van een werkbeschrijving en een checklist voor het opzetten van rationele monitoring bij praktijk situaties. De volgende opmerkingen komen voort uit de combinatie van de ervaringen bij de voormeting en de recente ontwikkeling binnen het Delft Cluster project. In zijn algemeenheid is het aan te bevelen de werkbeschrijving en de checklist toe te passen op het meetplan de hoofdmeting bij het Patrimoniumpark.

Bij het proces om tot meetresultaten te komen kunnen een aantal aspecten verbeterd worden:

- Er moet meer aandacht besteed worden aan de controle van de kwaliteit van de meetapparatuur. Hierbij kan gedacht worden aan het eisen van een verslag van recente calibratie van de opnemers in de gehele meetketen en recente aanpassingen aan de meetketen. Hierbij moet de gehele meetketen betrokken worden, dus ook de conditionering van de signalen.
- Specifiek voor de meting die GeoDelft uitgevoerd moet opgemerkt worden dat het uitvoeren van meerdaagse metingen diverse bijzonder aspecten bevat die niet voorzien waren, waaronder stroomuitval en bliksem inslag. Rekening houden met weersinvloeden wordt genoemd, maar niet gespecificeerd in welke weersinvloeden. Door dagelijkse controle is de daardoor opgetreden schade beperkt, maar een systeem dat zichzelf regelmatig terugmeldt (niet gemeld is ook storing) is voor zo'n lange duur meting nuttig. Hierbij moet natuurlijk wel aandacht besteed worden aan de mogelijkheid om snel te kunnen ingrijpen ten opzichte van de kosten van de verloren data.
- In het meetplan is onvoldoende duidelijk gemaakt wat de verschillende opnemers bijdragen aan de gestelde doelen. Hierdoor is ook het trekken van zinvolle conclusies moeilijker.

Ondanks dat een groot deel van de metingen mislukt is, is op basis van de gemeten signalen die nog bruikbaar lijken, de volgende aandachtspunten voor de hoofdmeting te benoemen:

- De signalen op de locaties M1 en M2 (32 m uit hart tunnel, plm. 30 m uit elkaar) verschillen nogal. Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat de ondergrond tussen het tunneltracé en de beide opnemers sterk inhomogeen is. Mogelijk spelen andere fenomenen zoals installatie van de opnemers ook een rol. De hoofdmeting zal uitsluitend moeten geven op de vraag of deze inhomogeniteit op die locatie ook optreedt. Dit pleit voor voldoende opnemers in lengte richting.
- Uit de signalen op de diepe locaties D1 en D3 lijkt te volgen dat de trillingen op diepte overheersend horizontaal zijn. Opgemerkt moet worden dat dit mogelijk samenhangt met de conditionering van het

meetsysteem in samenhang met de aanwezigheid van de verticale stationaire zwaartekracht: bij de verticale opnemers overheerst de zwaartekrachtsversnelling mogelijk zodanig dat kleine trillingen niet worden waargenomen. Dit beeld volgt ook uit de maaiveldopnemers. De hoofdmeting moet hierover uitsluitel geven, waarbij overwogen kan worden een turboconus in schuine stand te plaatsen.