

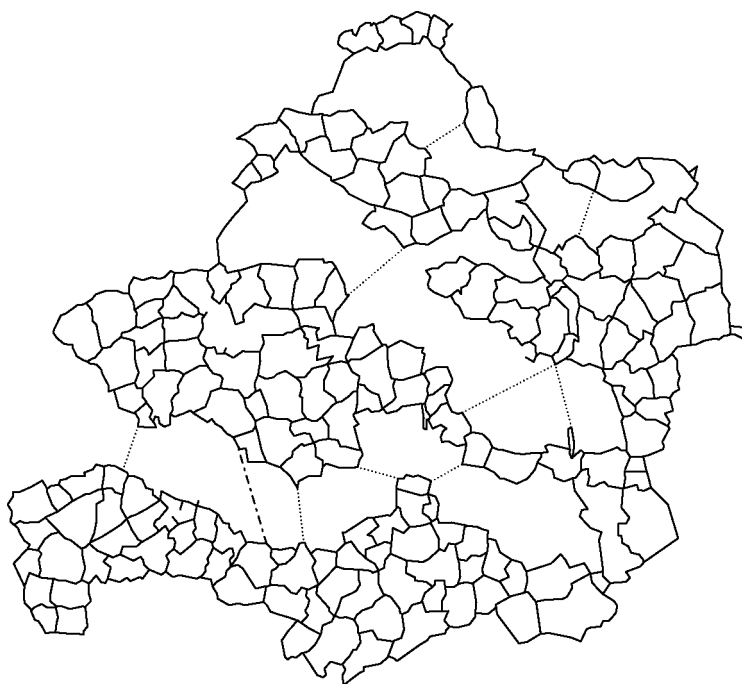
Verkenningberekening secundaire waterpassing Zeeland 2008

Statistisch onderzoek secundaire waterpassing
mei 2008

Data-ICT-Dienst

Verkenningberekening secundaire waterpassing Zeeland 2008

Statistisch onderzoek secundaire waterpassing
mei 2008



Rapport DID-2008-DSPW-014

Colofon

Uitgegeven door: RWS-DID

Informatie:

Telefoon: 015-2757575

Fax: 015-2757576

Uitgevoerd door: G. van Brussel

Opmaak: G. van Brussel

Datum: mei 2008

Status: Definitief

Versienummer: Rapport DID-2008-DSPW-014, versie 1.0

Inhoudsopgave

.....

1. Inleiding	7
2. Analyse	9
2.1 Berekeningsvarianten	9
2.2 Te onderzoeken aspecten	11
2.2.1. Kansmodel	11
2.2.2. Puntprecisie	11
2.2.3. Betrouwbaarheid	11
3. Analyse	14
3.1 Precisie, fase 1	14
3.2 Precisie, fase 2	15
3.3 Interne betrouwbaarheid, fase 1	15
3.4 Interne betrouwbaarheid, fase 2	16
3.5 Externe betrouwbaarheid, fase 1	17
3.6 Externe betrouwbaarheid, fase 2	23
4. Conclusie en aanbevelingen	26
4.1 Conclusies	26
4.2 Aanbevelingen	27
4.3 Tot slot	28

1. Inleiding

De meetopzet (structuur) die gehanteerd wordt bij waterpasnetten staat borg voor een goede homogeniteit ervan. Homogeniteit in deze wil zeggen dat voldaan wordt aan hoge precisie en betrouwbaarheid. De precisie vloeit voort uit het ingezette instrumentarium en de gehanteerde meetmethoden, terwijl betrouwbaarheid en wel met name de interne betrouwbaarheid ingaat op welke mate waarnemingen elkaar controleren. In dit rapport ligt de grootste nadruk op het laatste aspect. Interne betrouwbaarheid en precisie zijn statistische gegevens, die zich in getalsvorm laten uitdrukken.

Bepalend voor de interne betrouwbaarheid is de vorm van het net en daarmee de sterkte ervan. De regelmatige opbouw van een NAP net secundaire waterpassing staat garant voor een goede sterkte, reden waarom verkenningsberekeningen veelal achterwege blijven. Echter voor Zeeland geldt, dat de regelmatige opbouw doorbroken wordt door zijn estuaria (zeearmen).

Tot 2000 was de handhaving van de homogeniteit op orde, omdat hoogten tussen de beide oevers van een zeearm overbrugd konden worden met behulp van hydrostatische waterpassing. Omdat die techniek verlaten is, is er gezocht naar andere meetmethoden. Alternatieve methoden die zich aandienen en in het bijzonder voor Zeeland zijn:

- a) GPS, met als nadeel een veel geringere precisie dan waterpassen.
- b) Hydrostatische waterpassing door de Westerscheldetunnel (tussen Borsele en Terneuzen).
- c) Tachymetrische overgang. Een overbrugging tot 1460 m is momenteel mogelijk. Een onderzoek is lopende die afstand uit te breiden naar 2000 m en meer.

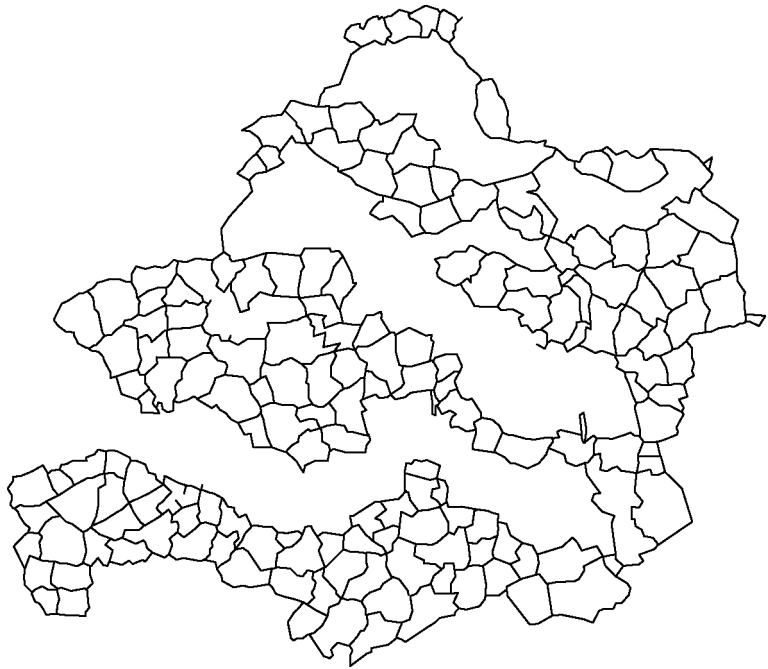
Alvorens de alternatieve meetmethoden daadwerkelijk in te zetten, is het de moeite waard statisch de effecten ervan vooraf na te gaan. Een verkenningsberekening verschaft daartoe het inzicht.

2. Analyse

Voor de analyse is het waterpasnet van Zeeland 1998 gehanteerd, dat vrijwel gelijk zal zijn aan het net van 2008/2009. Het net strekt zich uit van het midden van Goeree-Overflakkee tot aan de Belgische grens in Zeeuws-Vlaanderen en in het Oosten tot en met een strook in de provincie Noord-Brabant. Dit net heeft met het oog op de waterpassingen in 2008/2009 de volgende aanpassingen ondergaan:

- verwijdering van alle hydrostatische waterpassingen
- aanvulling met trajecten optische waterpassing tussen Antwerpen en het Verdrongen land van Saeftinge
- verbreding van de strook in Noord-Brabant in het zuiden
- verbreding van de strook tussen Zeeuws-Vlaanderen en België, voor een betere aansluiting met het Belgische hoogterefereentiesysteem.

Het resulteert in een net dat met 2494 optische waarnemingen, 2383 punten waarvan 37 ondergrondse merken fungeren als aansluitpunten. Het net ziet er als volgt uit:



Voor de analyse is het programma Move3 gebruikt.

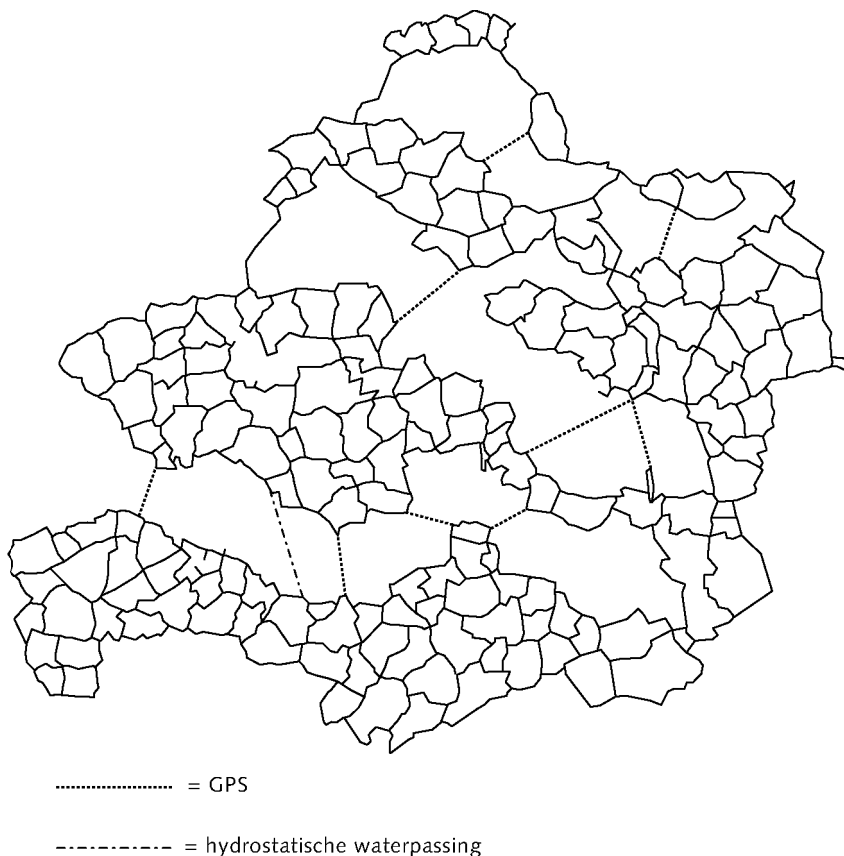
2.1 Berekeningsvarianten

Het primaire onderscheid van de verkenningsberekening is de keuze fase 1 (vrije vereffening) of fase 2 (pseudo kleinste kwadraten aansluiting). De laatste keuze voegt waarnemingen toe in de zin van uitgangshoogten, die evenals de gemeten hoogteverschillen stochastische grootheden zijn (zie § 2.2.3). De toevoeging van meer waarnemingen leidt tot een grotere mate van gecontroleerdheid.

Het secundaire onderscheid ligt in de volgende varianten:

- I : alleen optische waterpassing
- II : variant I aangevuld met:
 - hydrostatische waterpassing door Westerscheldetunnel
- III : variant I aangevuld met:
 - hoogteoverbrenging middels GPS
- IV : variant I aangevuld met:
 - hoogteoverbrenging middels GPS, dubbel uitgevoerd
- V : variant I aangevuld met:
 - hoogteoverbrenging middels GPS, dubbel uitgevoerd
 - hydrostatische waterpassing door Westerscheldetunnel

De GPS hoogteoverbrengingen worden in dit rapport verder basislijnen genoemd. De basislijnen zijn ruwweg gelokaliseerd ter plaatse van de oude hydrostatische waterpassingen. De varianten zijn in de onderliggende tekening zichtbaar gemaakt.



2.2 Te onderzoeken aspecten

Analyse is uitgevoerd op de volgende aspecten:

- absolute puntprecisie (hoogteprecisie van een punt)
- interne betrouwbaarheid
- externe betrouwbaarheid

Niet meegenomen is:

- absolute en relatieve puntprecisie a.d.h. van een criteriummatrix

2.2.1. Kansmodel

Het kansmodel van de waarnemingen is uitgedrukt in de formule:

$$\sigma = a + b \cdot \sqrt{L_{KM}} + c \cdot L_{KM}$$

waarin σ (sigma) de standaardafwijking is en de parameters a, b en c voor de verschillende typen waarnemingen in mm's zijn:

-optische waterpassing:	a= 0.0,	b= 1.0,	c= 0.0
-hydrostatische waterpassing:	a= 0.0,	b= 1.0,	c= 0.0
-tachymetrie:	a= 0.0,	b= 1.0,	c= 0.0
-GPS:	a= 10.0,	b= 0.0,	c= 0.5

Het kansmodel van de aansluithoogten is $\sigma_H = 2$ mm.

N.B.:

- De tachymetrische hoogteverschillen gelden voor de overbrugging van afstanden tussen de 80 m en 1460 m. Tot 1460 m met ATR voorziening haalbaar gebleken.
- Afstanden > 1400 m worden in principe overbrugd met GPS. Het kansmodel van GPS is afkomstig uit de productspecificaties.
- De parameters zijn afkomstig uit de productspecificaties.

2.2.2. Puntprecisie

Puntprecisie is basisafhankelijk, dat wil zeggen dat het wordt beschreven ten opzichte van een te kiezen basispunt. Als basispunt is gekozen het ondergrondse merk **0A4079**. Het bevindt zich tussen Rilland en de Schelde-Rijnverbinding. De motivatie voor de keuze is dat het onderzoek zich voornamelijk richt op de Westerschelde en dat de verschillen in precisies tussen Vlissingen, Breskens, Westkapelle en Cadzand dan het beste geïnterpreteerd kan worden.

2.2.3. Betrouwbaarheid

Interne betrouwbaarheid

Hoe beter een waarneming is gecontroleerd door andere waarnemingen, hoe groter de kans is dat een fout in die waarneming gevonden zal worden. Omgekeerd geldt dat als uitgegaan wordt van een vastgestelde kans voor het vinden een dergelijke onontdekte fout, die fout klein zal zijn indien de waarneming goed gecontroleerd is en groot indien deze slecht gecontroleerd is. Deze onontdekte fouten worden grenswaarden genoemd. Ze worden aangeduid met de afkorting MDB, hetgeen staat voor Minimal Detectable Bias.

Een andere wijze voor het uitdrukken van de mate van gecontroleerdheid is m.b.v. redundancy (overtalligheid) en de verstoringfactor BNR. De redundancy is een percentuele grootheid. Hoe hoger het percentage, hoe beter de controle. De verstoringfactor BNR, hetgeen staat voor Bias to Noise Ratio, geeft de invloed aan die de betreffende waarneming heeft op andere waarnemingen. Het is een dimensieloze grootheid. Een slecht gecontroleerde waarneming kent een hoge BNR-waarde en oefent een grotere invloed uit op de andere waarnemingen en te bepalen hoogten dan indien de waarneming goed gecontroleerd zou zijn. Als verstoringfactor kan de BNR-waarde dan ook beter als externe betrouwbaarheid worden gezien. Samengevat is het verband tussen de 3 grootheden:

MDB laag – redundancy hoog – BNR laag of
MDB hoog – redundancy laag – BNR hoog

In dit rapport blijft de redundancy buiten beschouwing. In tegenstelling tot precisie zijn MDB en BNR basisonafhankelijk.

Met een slecht gecontroleerde waarneming kan op 2 manieren worden omgegaan:

1. wordt een waarneming belangrijk geacht dan kan hij worden 'versterkt' met aanvullende metingen
2. indien een waarneming aan de sterkte van het net geen bijdrage levert, dan kan hij worden verwijderd.

De kunst is dus om een dergelijk onderscheid te kunnen maken. Een verkenningberekening biedt daarvoor een handvat.

Fase 1 komt het meest in aanmerking om de betrouwbaarheid van de waarnemingen te onderzoeken. Binnen die fase blijven de hoogten van de aansluitpunten buiten beschouwing.

De toevoeging van bekende hoogten in fase 2 waarop het net wordt aangesloten, betekent in feite de toevoeging van waarnemingen van het type 'hoogte'. Verrichte waarnemingen zowel als bekende hoogten zijn stochastische grootheden, d.w.z. ze hebben een midwaarde en een standaardafwijking. Omdat de standaardafwijking van bekende hoogten doorgaans niet bekend is, wordt deze meegegeven (zie § 2.2.1, Kansmodel) en getoetst of deze realistisch is.

De toevoeging van bekende aansluithoogte leidt tot een grotere interne controle en dus tot kleinere grenswaarden van de te verrichten waarnemingen. Daarmee ontstaat het gevaar dat ze a.h.w. opgeslokt dreigen te worden in het geheel en men geen goed beeld krijgt welke te verrichten waarneming versterkt dan wel weggelaten moet worden.

Benadrukt wordt dat grenswaarden onontdekte fouten zijn. De kans om fouten van die grootte te maken is veel kleiner dan de kans om ze te ontdekken.

Externe betrouwbaarheid

Bij externe betrouwbaarheid worden grenswaarden opgevat als gemaakte fouten en hoe hun doorwerking is op de te bepalen onbekenden. De onbekenden zijn hier de nieuw te bepalen hoogten van peilmerken. In principe komen de grenswaarden van alle waarnemingen daarvoor in aanmerking. Move3 presenteert alleen die waarneming met de grootste invloed.

Zoals in voorgaande subpar. *Interne betrouwbaarheid* al is aangegeven vormen de BNR-waarden een indicatie om de externe betrouwbaarheid te onderzoeken. Uit de waarde volgt dat de invloed van de bijbehorende MDB op elke willekeurige hoogte nooit groter is dan die waarde maal de standaardafwijking van die hoogte.

Binnen fase 2 hebben bekende hoogten, vanwege het feit dat als waarnemingen worden opgevat, ook een BNR-waarde.

Samengevat

Om het onderscheid tussen interne en externe betrouwbaarheid in dit rapport te verduidelijken t.a.v. grenswaarden en verstoringfactoren, worden onderstaande afkortingen gebezigd:

intern	extern
MDB-wrn	MDB-pnt
BNR-wrn	-

In woorden:

- MDB-pnt presenteert specifiek het gevolg van die ene waarneming (een verrichte waarneming of bekende hoogte), die zijn grootste invloed op het desbetreffende punt uitoefent middels zijn MDB-wrn.
- BNR-wrn presenteert de invloed van een waarneming op alle hoogten. Die invloed, waarde maal standaardafwijking van de hoogte, is nooit groter dan de MDB-wrn van die waarneming.

3. Analyse

3.1 Precisie, fase 1

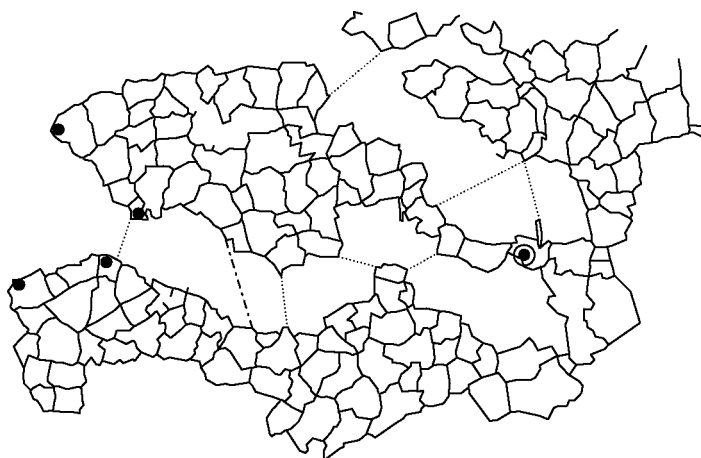
Als basispunt is gekozen het ondergrondse merk 0A4079. Het bevindt zich tussen Rilland en de Schelde-Rijnverbinding. Zie ook § 2.2.2.

Onderstaande tabel geeft in mm's weer:

- de maximale precisie binnen het gehele net
- de maximale verbetering van variant II t/m V en t.o.v. variant I en waar die zich voordoet.

variant	max. σ (mm)	max. verbetering t.o.v. variant I	locaties max. verbetering
I	5.6	-	
II	4.8	1.2	nabij uiteinden Westerscheldetunnel
III	5.1	0.6	4 westelijke topbladen van Zeeuws-Vlaanderen
IV	4.9	0.9	4 westelijke topbladen van Zeeuws-Vlaanderen
V	4.6	1.3	nabij uiteinden Westerscheldetunnel

De precisie beschouwend op de plaatsen 0A4016 (Breskens), 0A4068 (Vlissingen), 0A4033 (Westkapelle) en 0A4088 (Cadzand), geeft de



geeft de volgende tabel:

punt \ precisie	variant					verbetering t.o.v. variant I			
	I	II	III	IV	V	II-I	III-I	IV-I	V-I
0A4068 Vlissingen	4.1	3.8	3.9	3.8	3.6	0.3	0.2	0.3	0.5
0A4033 Westkapelle	4.4	4.1	4.2	4.1	4.0	0.3	0.2	0.3	0.4
0A4016 Breskens	5.3	4.4	4.7	4.4	4.2	0.9	0.6	0.9	1.1
0A4088 Cadzand	5.6	4.8	5.1	4.8	4.5	0.8	0.5	0.8	1.1

Constateringen:

- De precisie van Cadzand als verst gelegen punt t.o.v. basispunt 0A4079 zijn gelijk aan de maximale precisies van variant I t/m V.
- De introductie van de kwalitatief mindere GPS basislijnen leidt niet tot verslechtering van de precisie.
- De verbeteringen zijn minimaal.

3.2 Precisie, fase 2

Onderstaande tabel geeft in mm's weer:

- de maximale precisie (standaardafwijking) binnen het gehele net
- de maximale verbetering van variant II t/m V en t.o.v. variant I en waar die zich voordoen.

variant	max. σ (mm)	max. verbetering t.o.v. variant I	locaties max. verbetering
I	2.7	-	
II	2.7	0.3	uiteinde Westerscheldetunnel op Z-Beveland
III	2.7	0.1	-
IV	2.7	0.1	-
V	2.7	0.3	uiteinde Westerscheldetunnel op Z-Beveland

Constatering:

- De maximale precisies zijn binnen elke variant dezelfde en de verbeteringen zijn minimaal

3.3 Interne betrouwbaarheid, fase 1

De minimale, maximale en gemiddelde grenswaarden van de waarnemingen zijn vervat in onderstaande tabel. Onderscheid is gemaakt naar de typen waarnemingen 'optische waterpassing' en 'GPS'.

MDB-wrn optisch	variant					MDB-wrn optisch	variant				
	I	II	III	IV	V		I	II - I	III - I	IV - I	V - I
minimum	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	min. verbetering	-	0.0	0.0	0.0	0.0
maximum	31.5	29.8	28.9	27.6	27.3	max. verbetering	-	1.7	2.6	3.9	4.2
gemiddelde	13.4	13.4	13.4	13.3	13.3	gemiddelde	-	0.0	0.1	0.1	0.1
MDB-wrn GPS	variant					MDB-wrn GPS	variant				
	I	II	III	IV	V		I	II - I	III - I	IV - III	V - III
minimum	-	-	52.7	52.1	51.8	min. verbetering	-	-	-	0.1	0.1
maximum	-	-	66.2	66.1	66.0	max. verbetering	-	-	-	1.4	2.7
gemiddelde	-	-	56.8	56.2	55.8	gemiddelde	-	-	-	0.5	0.9

N.B.: De maximale en gemiddelde MDB-wrn zijn gezuiverd van uitschieters. Die zijn aanwezig bij waarnemingen met een erg korte afstand of gekarakteriseerd als "losse poot".

Constateringen:

- De gemiddelden van optische waterpassing zijn voor alle varianten gelijk.
- De mindere precisie van de GPS-waarnemingen leidt niet tot een verslechtering van de interne betrouwbaarheid.
- De verbetering bij GPS dubbel uitgevoerd (variant IV) bedraagt slechts 1.4 mm.

Maximale grenswaarden (MDB-wrn)

Worden de optische waterpassingen onder de loep genomen met als criterium $MDB-wrn > \pm 2 \times$ het gemiddelde, dan zijn er 3 groepen te lokaliseren. De groepen zijn gelegen op:

- 1) de hartlijn Goeree-Overflakkee met max. $MDB-wrn = 24.5$ mm
- 2) de Brouwersdam met max. $MDB-wrn = 27.8$ mm
- 3) de Oosterscheldekering met max. $MDB-wrn = 31.5$ mm

De 3 groepen behoren tot de buitengrenzen van het net, waarbij die van Goeree-Overflakkee in 2008 onderdeel wordt van het noordelijk gelegen net en die groep dus verder buiten beschouwing kan blijven.

Verbetering grenswaarden MDB-wrn

De varianten laten de grootste verbetering zien bij waarnemingen vallend in groep 3, dus die op de Oosterscheldekering. De verbetering bedraagt daar maximaal 4.2 mm.

Verstoringsfactoren (BNR-wrn)

De verstoringsfactoren zijn niet in een tabel opgenomen, omdat de spreiding van de waarden van BNR-wrn groot is. Die wordt vnl. veroorzaakt door waarnemingen met een korte afstand ($BNR-wrn > 100$) en door punten met dezelfde coördinaten. Dat maakt de bepaling van gemiddelden en maximale BNR-wrn lastig. Dat alles laat onverlet dat er een zekere paralleliteit is tussen $MDB-wrn$ en $BNR-wrn$: zie § 2.2.3.

3.4 Interne betrouwbaarheid, fase 2

De minimale, maximale en gemiddelde grenswaarden van de waarnemingen zijn vervat in onderstaande tabel. Onderscheid is gemaakt naar de typen waarnemingen 'optische waterpassing' en 'GPS'.

MDB-wrn optisch	variant					MDB-wrn optisch	variant				
	I	II	III	IV	V		I	II - I	III - I	IV - I	V - I
minimum	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	min. verbetering	-	0.0	0.0	0.0	0.0
maximum	19.7	19.7	19.4	19.2	19.2	max. verbetering	-	1.6	0.4	0.7	1.6
gemiddelde	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	gemiddelde	-	0.0	0.0	0.0	0.0
MDB-wrn GPS	variant					MDB-wrn GPS	variant				
	I	II	III	IV	V		I	II - I	III - I	IV - III	V - III
minimum	-	-	50.3	50.3	50.3	min. verbetering	-	-	-	0.0	0.0
maximum	-	-	65.2	65.1	65.1	max. verbetering	-	-	-	0.1	0.2
gemiddelde	-	-	54.9	54.9	54.9	gemiddelde	-	-	-	0.0	0.0

Constateringen:

- De gemiddelde MDB-wrn van de optische waterpassingen zijn voor alle varianten gelijk.
- De mindere precisie van de GPS-waarnemingen leidt niet tot een verslechtering van de interne betrouwbaarheid, doch ook niet tot een wezenlijke verbetering van de GPS-waarnemingen van variant IV en V t.o.v. variant III.

Maximale grenswaarden (MDB-wrn)

De maximale MDB-wrn varieert nauwelijks t.o.v. het gemiddelde: tussen de 6.7 en 7.3 mm. Binnen fase 1 variëren ze tussen de 14.0 en 18.1 mm. Hieruit blijkt de stabiliserende invloed van de aansluithoogten. Ter vergelijking de 3 groepen genoemd in de vorige paragraaf:

- 1) De 1e groep kent 15 waarnemingen in variant I en II met een max. MDB-wrn = 19.7 (in fase 1: 24.5). De groep is gelegen op de hartlijn van Goeree-Overflakkee.
- 2) De 2e groep van waarnemingen met een MDB-wrn = 18.6 mm (in fase 1: 27.8). De groep bevindt zich op de Brouwersdam
- 3) De 3e groep van waarnemingen, gelegen op de Oosterscheldeking, heeft grenswaarden die deze groep niet meer opvallend maakt. De reden is het relatief grote aantal aansluithoogten (ondergrondse merken) op de kering.

Verbetering grenswaarden (MDB-wrn)

De maximale verbetering wordt bereikt met variant II en V, doch bedraagt slechts 1.6 mm. De verbetering ligt bij de aanlanding Westerscheldetunnel op Z-Beveland.

Verstoringsfactoren (BNR-wrn)

Het gedrag van de BNR-wrn (zie vorige paragraaf) handhaaft zich in fase 2. De waarden zijn in het algemeen kleiner dan in fase 1.

3.5 Externe betrouwbaarheid, fase 1

Indien de grenswaarden als gemaakte fouten worden opgevat, dan berekent Move3 de uitwerking ervan op de te bepalen hoogten. Die invloed wordt externe betrouwbaarheid genoemd. Daarbij moet bedacht worden dat het maken van fouten ter grootte van de grenswaarden veel kleiner is dan het louter ontdekken. In principe komen alle waarnemingen daarvoor in aanmerking. Move3 presenteert alleen die waarnemingen met de de grootste invloed.

Maximale grenswaarden (MDB-pnt)

Onderstaande tabel geeft o.a. de maximale waarde van de MDB-pnt in mm's weer.

variant	punt	MDB-pnt	waarneming		MDN-wrn	locatie punt en waarneming
I	43B0208	23.1	43B0061	43B0208	27.8	tussen Nieuwe en Oude Tonge
II	43B0208	22.9	43B0061	43B0208	27.8	tussen Nieuwe en Oude Tonge
III	42E0155	21.8	SEC10646	SEC10587	27.2	Brouwersdam ZZ
IV	42E0155	21.4	SEC10646	SEC10587	26.7	Brouwersdam ZZ
V	42E0155	21.4	SEC10587	42E0133	26.7	Brouwersdam ZZ

N.B.: De maximale en gemiddelde MDB-pnt zijn gezuiverd van uitschieters. Ze doen zich voor bij die punten verbonden aan waarnemingen met een korte afstand of die "losse punt" zijn.

Constatering:

- Ter vergelijking zijn de minimale en gemiddelden MDB-pnt:

MDB-pnt	variant				
	I	II	II	IV	V
minimum	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
maximum	23.1	22.9	21.8	21.4	21.4
gemiddelde	11.9	10.9	10.6	10.1	9.9

De maximale MDB-pnt is hieronder uitgewerkt met onderscheid naar variant I en variant II t/m V.

Onderstaande tabel toont van variant I de punten met waarden externe betrouwbaarheid, die variëren tussen 18.0 – max. MDB-pnt (= 23.1). Bij elk punt staat de waarneming met de grootste invloed vermeld en zijn bijbehorende grenswaarde. Zowel aan het punt als aan de waarneming is een korte beschrijving van de locatie toegevoegd.

Punt	Locatie punt	MDB-pnt	Waarneming		MDN-wrn	Locatie waarneming
0A2618	N-Beveland bij OS-kering	20.2	0A2618	042D0025	31.5	N-Beveland bij OS-kering
0A4086	Neeltje Jans ZZ	18.9	0A4086	042D0044	31.5	Neeltje Jans ZZ
42D0044	N-Beveland bij OS-kering	19.0	0A2618	42D0025	31.5	N-Beveland bij OS-kering
42D0046	Neeltje Jans midden	18.2	42D0051	42D0052	-	Neeltje Jans ZZ
42D0051	Neeltje Jans ZZ	18.7	42D0051	42D0052	-	Neeltje Jans ZZ
42D0052	Neeltje Jans ZZ	18.7	000A4086	42D0044	31.5	Neeltje Jans ZZ
42E0128	Brouwersdam Middelplaat	21.9	SEC10646	42E0155	27.8	Brouwersdam ZZ
42E0137	Brouwersdam Middelplaat	20.7	SEC10646	42E0155	27.8	Brouwersdam ZZ
42E0139	Brouwersdam Middelplaat	21.7	SEC10646	42E0155	27.8	Brouwersdam ZZ
42E0154	Brouwersdam Middelplaat	20.4	SEC10646	42E0155	27.8	Brouwersdam ZZ
42E0155	Brouwersdam ZZ	22.2	SEC10646	42E0155	27.8	Brouwersdam ZZ
42F0100	Brouwersdam NZ	18.6	SEC10646	42E0155	27.8	Brouwersdam ZZ

(vervolg)

Punt	Locatie punt	MDB-punt	Waarneming		MDB-wrn	Locatie waarneming
42F0101	Brouwersdam NZ	19.3	SEC10646	42E0155	27.8	Brouwersdam ZZ
43A0001	Herkingen - Nieuwe Tonge	20.9	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0003	Herkingen	19.7	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0007	Herkingen - Nieuwe Tonge	19.4	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0011	Dirksland	18.6	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0018	ten N. van Dirksland	18.3	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0047	Herkingen - Nieuwe Tonge	21.5	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0049	Herkingen	19.7	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0072	Dirksland	18.8	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0105	Herkingen	19.4	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0124	Herkingen - Nieuwe Tonge	21.1	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0146	ten N. van Herkingen	19.1	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0157	ten W. van Dirksland	18.3	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0160	Melissant	18.0	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0183	ten Z. van Dirksland	19.3	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0184	ten O. van Herkingen	19.8	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0185	ten O. van Herkingen	20.2	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0193	ten Z. van Dirksland	19.7	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0206	ten N. van Herkingen	18.6	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0207	ten N. van Herkingen	18.9	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0208	ten N. van Herkingen	18.7	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0209	ten N. van Herkingen	20.0	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43A0211	Dirksland	19.0	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43B0009	Nieuwe Tonge	22.7	43B0009	43B0208	27.8	Nieuwe Tonge
43B0126	Nieuwe Tonge	22.2	43B0009	43B0126	27.8	Nieuwe Tonge
43B0208	Nieuwe Tonge	23.1	43B0061	43B0208	27.8	Nieuwe Tonge
43G0193	ten Z. van Volkeraksluizen	18.8	43G0194	43G0193	24.5	ten Z. van Volkeraksluizen
43G0252	ten Z. van Volkeraksluizen	18.2	43G0193	43G0252	24.5	ten Z. van Volkeraksluizen

Constateringen:

- De locaties van punt en waarneming zijn in elkaars nabijheid.
- De locaties van de punten en waarnemingen beslaan de 3 gebieden, zoals genoemd in § 3.3 (Interne betrouwbaarheid, fase 1).
- Een waarneming kan meerdere punten beïnvloeden.
- De MDB-wrn is > MDB-pnt van een bij elkaar behorend paar waarneming – punt.

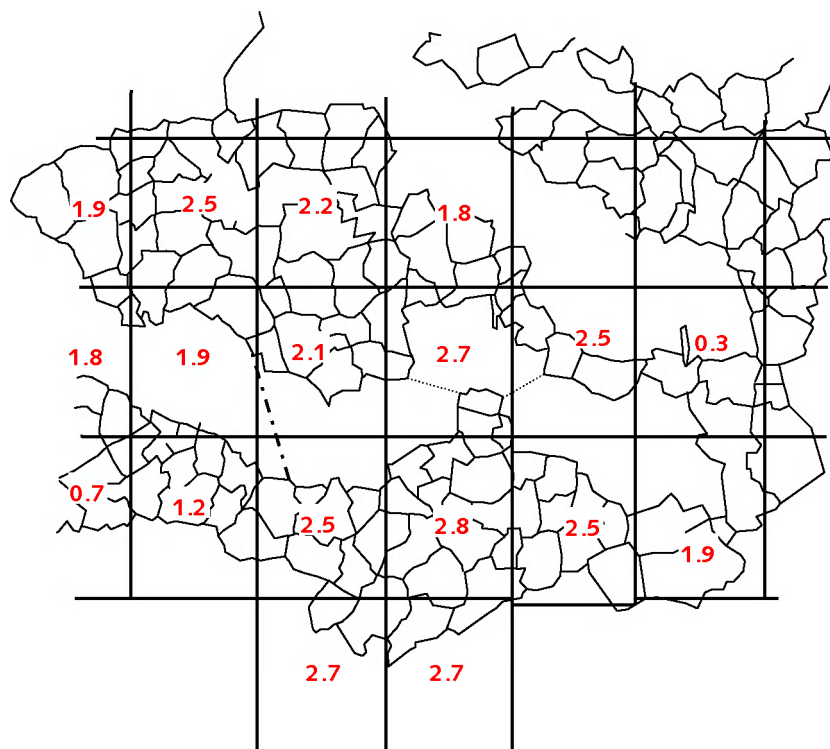
Van de varianten II t/m V gelden dezelfde constatering, dus dezelfde 3 gebieden, met dien verstande dat de waarden externe betrouwbaarheid afnemen en dus ook hun aantal tussen de 18.0 – max. MDB-pnt. Verder zijn tussen de varianten andere waarnemingen verantwoordelijk voor de beïnvloeding van hetzelfde punt.

Verbetering externe betrouwbaarheid (MDB-pnt)

Onderstaand tabel geeft vast een indruk van de verbeteringen en verslechtingen, die vervolgens nader zijn uitgewerkt.

MDB-pnt	variant				
	I	II - I	III - I	IV - I	V - I
max. verslechtering	-	1.1	0.2	0.3	0.8
max. verbetering	-	2.8	2.4	3.3	4.1
gemiddelde	-	0.9	1.2	1.7	1.9

Tussen variant II en variant I effectueert de verbetering de externe betrouwbaarheid zich rondom de Westerscheldetunnel. De maximale verbetering is 2.8 mm. Onderstaand kaartje toont de verspreiding ingedeeld naar topblad.



Constateringen:

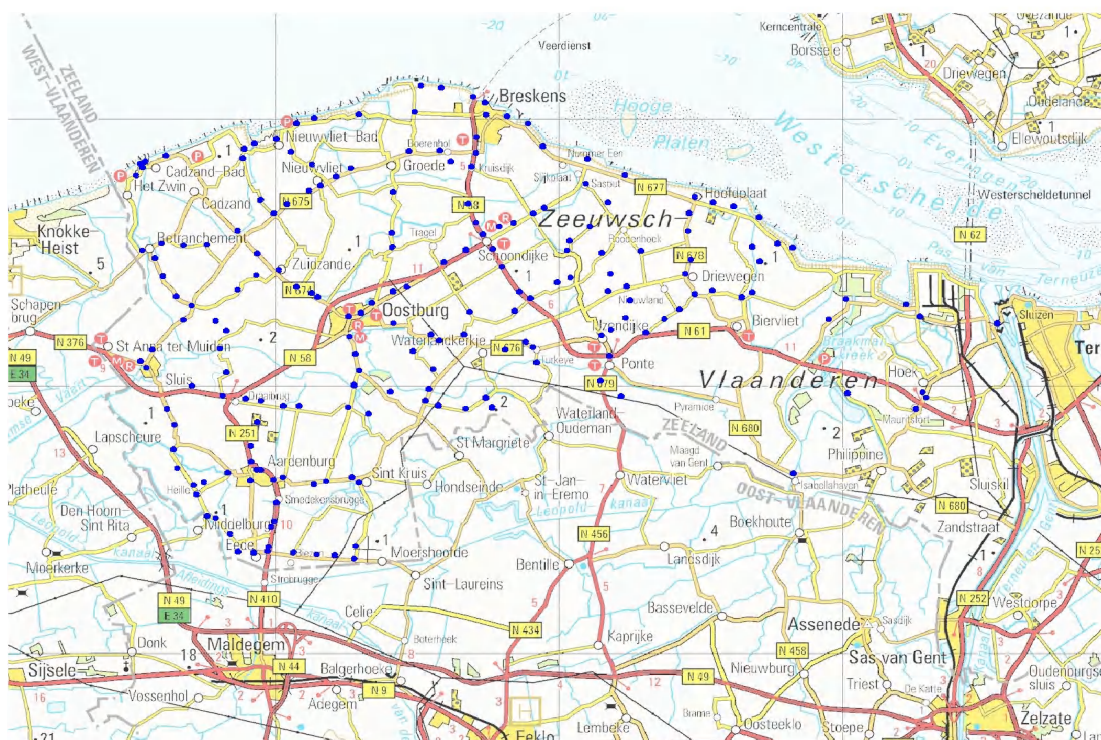
- Op Zeeuws-Vlaanderen valt t.o.v. de Westerscheldetunnel een toenevende verbetering te constateren in oostelijke richting en in westelijke richting op Walcheren.
- De punten rondom de Westerscheldetunnel hebben zowel in variant I als in variant II weliswaar niet hun grootste waarde MDB-pnt, doch wel hun grootste verbetering. Onderstaande tabel is een resumé van de verbeteringen variërend tussen 2.6 en 2.8 mm.

variant	waarneming		MDB-punt	# pntn	locatie waarneming
I	49D0098	49D0110	12.8	91	ten O. van Rilland bij Schelde-Rijnverb.
variant	waarneming		max. verbetering	# pntn	locatie waarneming
II - I	48D0030	54E0190	-2.7 ~ -2.8	14	Westerscheldetunnel
	49D0093	49D0162	-2.6 ~ -2.8	77	ten O. van Rilland bij Schelde-Rijnverb.
				91	

waarbij aanvullende informatie is:

- 91 punten kennen in variant I een MDB-pnt= 12.8 mm, gebaseerd op waarneming 49D0098 – 49D0110 met een MDB-wrn= 15.5 mm.
- 77 punten worden beïnvloed door een waarneming gelegen nabij het basispunt 0A4079 en slechts 14 punten door de hydrostatische meting door de Westerscheldetunnel.

Tussen variant III t/m V met variant I effectueert de verbetering de externe betrouwbaarheid zich op punten in westelijk Zeewo-Vlaanderen. Onderstaand kaartje toont die punten.



Van de getoonde punten op kaartje is slechts één waarnemingen verantwoordelijk voor de hoogste verbetering: zie onderstaande tabel.

variant	waarneming		max. verbetering	# pntn	locatie waarneming
III - I	49D0093	49D0162	2.3 - 2.4	238	ten O. van Rilland bij Schelde-Rijnverb.
IV - I	49D0093	49D0162	3.3	179	ten O. van Rilland bij Schelde-Rijnverb.
V - I	49D0093	49D0162	4.1	196	ten O. van Rilland bij Schelde-Rijnverb.

Constateringen:

- o Alle punten worden beïnvloed door een waarneming gelegen nabij het basispunt.
- o Alle punten hebben in variant I een MDB-pnt= 12.8 mm, gebaseerd op waarneming 49D0098 – 49D0110 met een MDB-wrn= 15.5 mm.

Verslechtering externe betrouwbaarheid (MDB-pnt)

Er is ook sprake van verslechtering, die zich vnl. tussen de varianten II en V met variant I afspeelt. De verslechtering wordt dus aangezet door de hydrostatische meting met als verschijnsel dat andere waarnemingen voor de verslechtering verantwoordelijk zijn. Onderstaande tabel toont alleen de verslechtering tussen variant II en variant I.

punt	locatie punt	variant		II - I	waarneming		locatie waarneming
		I	II		van	naar	
42D0058	Schouwen nabij OS-kering	15.3	15.7	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0009	Haamstede	14.3	14.7	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0012	Haamstede	14.3	14.7	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0095	Renesse	12.3	12.7	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0156	Schelphoek	13.3	13.7	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42G0036	Haamstede	14.8	15.2	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
0A2490	Westenschouwen	15.1	15.5	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0005	Haamstede	14.1	14.5	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0006	Haamstede	14.4	14.8	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0015	ten O. Haamstede	13	13.4	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0062	ten W van Renesse	13.1	13.5	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0068	Noordwelle	12.7	13.1	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0116	Noordwelle	12.7	13.1	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0157	ten O. Haamstede	14.2	14.6	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42G0029	ten Z. Haamstede	14.6	15	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42G0030	ten Z. Haamstede	14.5	14.9	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42G0031	ten Z. Haamstede	14.4	14.8	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42G0046	ten Z. Haamstede	14.7	15.1	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42G0054	ten Z. Haamstede	14.2	14.6	0.4	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
48G0150	ten NW van Ellewoutsdijk	10	10.4	0.4	48G0187	48G0160	ten NW van Ellewoutsdijk
0A3421	Roggeplaat	16.2	16.7	0.5	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42D0057	Schouwen nabij OS-kering	15.1	15.6	0.5	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0002	ten O. Haamstede	14.6	15.1	0.5	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0114	Haamstede	14.1	14.6	0.5	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42E0142	Haamstede	14.1	14.6	0.5	42D0051	42D0052	Neeltje Jans

(vervolg)

punt	locatie punt	variant		II - I	waarneming		locatie waarneming
		I	II		van	naar	
42G0021	ten Z. Haamstede	15.2	15.7	0.5	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42G0026	ten Z. Haamstede	14.8	15.3	0.5	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
48G0187	ten NW van Ellewoutsdijk	11	11.5	0.5	48G0187	48G0160	ten NW van Ellewoutsdijk
0A2620	OS-kering, NZ	15.6	16.1	0.5	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
0A2619	Neeltje Jans, NZ	17.3	17.9	0.6	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42D0045	Neeltje Jans	17.2	17.8	0.6	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42D0046	Neeltje Jans	18.2	18.8	0.6	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42D0044	Neeltje Jans	19	19.7	0.7	SEC010564	0A2618	Neeltje Jans
42D0051	Neeltje Jans	18.7	19.4	0.7	42D0051	42D0052	Neeltje Jans
42D0052	Neeltje Jans	18.7	19.4	0.7	42D0052	0A4086	Neeltje Jans
0A2618	N-Beveland nabij OS-lering	20.2	21	0.8	0A2618	42D0025	N-Beveland nabij OS-kering
48D0108	Sloehaven	9.6	10.5	0.9	48D0108	48D0107	Sloehaven
48D0107	Sloehaven	10.4	11.5	1.1	48D0107	48D0105	Sloehaven

Constateringen:

- o De verslechtingen zijn niet groot.
- o Voornamelijk één waarneming, gelegen op Neeltje Jans, beïnvloedt punten op of nabij de Oosterscheldekering.
- o De twee punten ten NW van Ellewoutsdijk worden beïnvloed door een nabijgelegen waarneming. De twee punten bij Sloehaven door twee eraan verbonden waarnemingen.

3.6 Externe betrouwbaarheid, fase 2

Maximale grenswaarden (MDB-pnt)

In onderstaande tabel zijn de minimale, gemiddelde en maximale MDB-pnt zijn in mm's weergegeven.

MDB- pnt	variant				
	I	II	II	IV	V
minimum	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
maximum	16.6	16.6	16.2	16.1	16.1
gemiddelde	7.4	7.3	7.4	7.4	7.2

N.B.: De maximale en gemiddelde waarden voor de externe betrouwbaarheid zijn gezuiverd van uitschieters. Ze doen zich voor bij die punten verbonden aan waarnemingen met een korte afstand of die "losse poot" zijn.

Constatering:

- o De maximale MDB-pnt verschillen onderling weinig en t.o.v. de hun gemiddelden variëren ze tussen de 8.7 en 9.3 mm.

Verbetering grenswaarden (MDB-pnt en MDB-wrn) en verstoringfactoren (BNR-wrn) van de aansluithoogten

De punten met verbetering liggen verspreid over het net. Het aantal punten met een grenswaarde > 11.1, dit is 1.5 x het gemiddelde, bedraagt 71. Echter binnen die groep bedraagt de maximale verbetering 1.0 mm en is het aantal verbeteringen > 0.5 mm slechts 25 punten.

Niet in de groep van 77 punten maar elders doen zich de maximale verbeteringen voor. Onderstaande tabel geeft:

MDB-pnt	variant				
	I	II - I	III - I	IV - I	V - I
max. verslechtering	-	0.7	0.1	0.2	0.5
max. verbetering	-	3.1	06	1.1	3.1
gemiddelde	-	0.0	0.0	0.0	0.0

Slechts 2 punten hebben de verbetering van 3.1 mm en bevinden zich ten westen van Borssele (verlengde Westerscheldetunnel).

Ondergrondse merken

Wordt er specifiek gekeken naar de aansluithoogten van de ondergrondse merken, dan ontstaat de volgende tabel:

Punt	MDB-pnt I	MDB-wrn I	BNR-wrn I	MDB-pnt II-I	MDB-wrn II - I	BNR-wrn II - I	MDB-pnt III-I	MDB-wrn III - I	BNR-wrn III - I	MDB-pnt IV-I	MDB-wrn IV - I	BNR-wrn IV - I	MDB-pnt V-I	MDB-wrn V - I	BNR-wrn V - I	Locatie
0A1160	2.6	9.1	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ossendrecht
0A1161	3.6	9.1	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A1162	3.6	9.1	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A1163	5.2	9.1	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A1164	5.1	9.1	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A2260	9.1	14.0	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A2270	6.3	12.0	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	0.1	Haringvlietsluizen
0A2490	4.4	10.8	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A2500	5.1	11.2	3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A2604	5.6	11.5	4.0	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	
0A2614	11.1	15.5	6.5	-	-	-	0.1	0.1	-	0.2	0.1	-	0.2	0.1	-	
0A2618	3.6	10.2	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sint Kruis
0A2619	3.7	10.3	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A2620	3.6	9.9	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A2655	7.6	12.9	5.0	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	
0A3421	3.7	10.0	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A3480	6.8	12.3	4.6	-	-	-	0.1	-	-	0.1	-	0.1	0.1	-	0.1	Perkpolder
0A4008	6.7	12.3	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A4009	7.4	12.7	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A4011	7.9	13.1	5.1	-	-	-	0.3	0.2	0.2	0.6	0.4	0.3	0.6	0.4	0.3	
0A4013	7.0	12.5	4.7	0.7	0.5	0.4	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.4	0.8	0.6	0.4	
0A4015	7.7	12.9	5.0	0.1	-	-	0.3	0.2	0.2	0.6	0.3	0.3	0.6	0.3	0.3	
																Waarde

(vervolg)

Punt	MDB-pnt I	MDB-wrn I	BNR-wrn I	MDB-pnt II-I	MDB-wrn II - I	BNR-wrn II - I	MDB-pnt III-I	MDB-wrn III - I	BNR-wrn III - I	MDB-pnt IV-I	MDB-wrn IV - I	BNR-wrn IV - I	MDB-pnt V-I	MDB-wrn V - I	BNR-wrn V - I	Locatie
0A4016	6.0	11.8	4.2	-	-	-	0.1	0.1	-	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	Breskens
0A4017	6.2	11.9	4.3	0.2	0.1	0.1	0.1	-	-	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	Hoofdplaat
0A4018	6.5	12.1	4.4	0.6	0.4	0.2	0.1	0.1	-	0.2	0.5	0.3	0.6	0.5	0.3	Terneuzen
0A4019	7.8	13.0	5.0	0.0	-	-	0.1	0.1	-	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	Zandkreekdamb
0A4030	6.4	12.1	4.4	0.1	0.1	-	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	
0A4033	8.8	13.7	5.5	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	
0A4034	4.9	11.1	3.7	0.0	-	-	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	ten Z. van Tholen
0A4056	10.4	14.9	6.2	0.0	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	Vlissingen
0A4068	6.7	12.3	4.5	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	
0A4086	3.8	10.4	3.1	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A4088	7.9	13.1	5.1	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	Cadzand-Bad
0A4090	6.6	10.4	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Bergsediepsluis
0A4091	3.6	10.3	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0A4092	6.9	12.4	4.6	-	-	-	0.1	-	-	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-	
0A4097	6.0	11.8	4.2	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	

Constateringen:

- De verbeteringen zijn minimaal t.o.v. variant I.
- MDB-wrn > MDB-pnt
- MDB-pnt, MDB-wrn en BNR-wrn volgen elkaar in de verbetering.
- De verbeteringen zijn bij de uiteinden van de Westerscheldetunnel.

Verslechtering externe betrouwbaarheid (MDB-pnt)

De verslechtingen doen zich alleen voor tussen variant II en I en tussen variant V en I. De verslechting wordt dus aangezet door de hydrostatische waarneming.

variant	I			II			V			II - I	V - I
punt	MDB-pnt	waarneming		MDB-pnt	waarneming		MDB-pnt	waarneming			
48G0036	8.4	48D0030	48G0112	9.0	48G0112	48G0036	8.9	48D0030	48G0112	0.6	0.5
48G0112	8.6	48D0030	48G0112	9.3	48D0030	48G0112	9.1	48D0030	48G0112	0.7	0.5
48G0119	6.7	48G0119	SEC10743	7.3	48G0112	48G0036	7.1	48D0030	48G0112	0.6	0.4
48G0126	3.9	48G0148	SEC10758	4.2	48G0148	SEC10758				0.3	
48G0160	7.7	48G0148	SEC10758	8.0	48G0148	SEC10758				0.3	
48G0188	4.6	48G0167	48G0188	5.0	48G0167	48G0188	5.0	48G0167	48G0188	0.4	0.4
54B0102	6.7	54B0124	54B0121	7.0	54E0080	54B0121	7.0	54B0124	54B0121	0.3	0.3
54B0124	7.7	54B0124	54B0121	8.0	54E0080	54B0121	8.0	54B0124	54B0121	0.3	0.3
54E0080	4.8	54E0216	54E0190	5.3	SEC10226	54E0080	5.3	54E0190	SEC10226	0.5	0.5

Constateringen:

- De verslechtingen zijn minimaal.
- De geëffectueerde punten en de waarnemingen die de verslechting veroorzaken bevinden zich in het verlengde van de Westerscheldetunnel rondom Borssele en ten W. van Terneuzen. Verbeteringen en verslechtingen zijn in elkaars nabijheid. Sprake lijkt van een golvende uitdemping.

4. Conclusie en aanbevelingen

4.1 Conclusies

De conclusies die getrokken kunnen worden zijn:

Precisie

1. De precisie t.o.v. basispunt 0A4079 is het grootst bij Cadzand.
2. De precisie kent in fase 1 bij Cadzand een maximale verbetering van 1.1 mm, terwijl die over het gehele net 1.3 mm bedraagt. In fase 2 zijn de verbeteringen bijna geheel verdwenen.

Interne betrouwbaarheid

3. De maxima zijn te vinden aan de randen van het net: Goeree-Overflakkee, Brouwersdam en de Oosterscheldekering en zijn op de kering het grootst. In fase 2 verdwijnen die bij de Oosterscheldekering, vanwege het relatief grote aantal ondergrondse merken aldaar.
4. De verbeteringen doen zich voor op de kering en bedraagt in fase 1 maximaal 4.2 mm. In fase 2 is die binnen het net gereduceerd naar 1.6 mm.

Externe betrouwbaarheid

5. De maxima zijn te vinden in dezelfde 3 gebieden van het net: Goeree-Overflakkee, Brouwersdam en de Oosterscheldekering. Dat geldt voor fase 1, terwijl ze in fase 2 verspreid zijn over het net.
6. De verbeteringen tussen variant II en I in fase 1 doen zich voor rondom de Westerscheldetunnel met als fenomeen dat t.o.v. noordelijk aanlandingspunt de verbeteringen zich westelijk uitbreiden en t.o.v. het zuidelijk aanlandingspunt oostelijk. Een ander fenomeen is dat een waarneming nabij het basispunt op meer punten dezelfde verbetering uitoefent dan een waarneming nabij de tunnel.

De verbeteringen tussen variant III t/m V en variant I in fase 1 zijn het grootst in westelijk Zeeuws-Vlaanderen en met max. 4.1 mm betekenisvol te noemen.

De verbeteringen zijn in fase 2 verspreid over het net. Ze zijn maximaal tussen de varianten II en I en de varianten V en I en uit zich bij punten rondom de aanlanding van de Westerscheldetunnel op Z-Beveland en Zeeuws-Vlaanderen.

7. Een ander fenomeen is de verslechtering die optreedt tussen voornamelijk variant II en I en variant V en I, daartoe aangezet door de hydrostatische waarneming. De verslechtering uit zich in fase 1 vnl. rondom de Oosterscheldekering, alwaar één waarneming op Neeltje Jans de oorzaak is.

In fase 2 uit zich de verslechtering op punten in het verlengde van de Westerscheldetunnel, waarvoor nabijgelegen waarnemingen verantwoordelijk zijn. De maximale verslechtering is klein.

In fase 2 liggen punten met verbetering en verslechtering in elkaars directe nabijheid waaruit geconcludeerd kan worden dat de verbetering a.h.w. in een golfbeweging uitdempt.

Overig

8. De kwalitatief mindere GPS-waarnemingen leiden niet tot een verslechtering van het net qua precisie en de interne betrouwbaarheid in fase 1 en 2.
9. De verstoringfactoren (BNR-wrn) van zowel de verrichte waarnemingen als bekende hoogten dragen weinig bij tot inzicht in de betrouwbaarheid.
10. De verstoringfactoren (BNR-wrn) volgen de grenswaarden (MDB-wrn) in het algemeen, maar worden extreem groot bij waarnemingen met korte afstanden en bij waarnemingen waarvan begin- en eindpunt dezelfde xy-coördinaten hebben.

4.2 Aanbevelingen

De analyse is toegespitst op fase 1 en in het op de (interne betrouwbaarheid) dan op de precisie. Binnen de interne betrouwbaarheid is het vinden van onontdekte fouten in de waarnemingen middels toetsing veel kleiner dan dat de fouten daadwerkelijk gemaakt worden. De gevolgen van onontdekte fouten zetten zich door naar de punten, externe betrouwbaarheid genoemd. Aangezien de externe betrouwbaarheid met factor ± 0.8 lager is dan de interne betrouwbaarheid zijn bijgevolg de wel gemaakte maar niet gevonden fouten verder gereduceerd. Binnen fase 2 wordt die factor zelfs ± 0.6 .

Deze constatering leidt tot de aanbeveling om geen aanvullende GPS-metingen of hydrostatische meting uit te voeren. De aanbeveling is mede ingegeven door het feit dat in januari 2005 de ondergrondse merken nieuwe aansluithoogten hebben ontvangen en dat met fase 2 veel gevolgen van eventuele meetfouten verdwijnen.

Verrassend genoeg is uit het onderzoek wel naar voren gekomen dat de randen van het net versterking behoeven. De aanbeveling wordt daarom gedaan om de metingen over de Brouwersdam en de Oosterscheldekering dubbel uit te voeren. Om zo onafhankelijke waarnemingen in het net te creëren, verdient het voorkeur de dubbele meting als overgangswaterpassingen bij de sluitgaten van de Oosterscheldekering uit te voeren.

Om de aanbeveling te staven is variant VI uitgevoerd, d.w.z.

I : alleen optische waterpassing

VI : variant I aangevuld met:

- dubbele waterpassing over de Brouwersdam en Oosterschelde-
kering

Alleen de aspecten precisie en externe betrouwbaarheid binnen de fasen 1 en 2 zijn uitgevoerd. De resultaten zijn:

Precisie

Binnen fase 1 en 2 zijn variant VI en variant I gelijk aan elkaar, doch bedraagt de verbetering slechts 0.3 mm.

Externe betrouwbaarheid

De verbeteringen en verslechtingen zijn:

MDB-pnt	fase 1	fase 2
	VI - I	VI - I
max. verslechtering	0.2	0.5
max. verbetering	13.6	10.2
gemiddelde	0.6	0.1

De verbeteringen zijn respectabel. De verbeteringen tussen 2.0 en 13.6 mm doen zich voor in de kuststreek van de Brouwersdam en de Oosterscheldekering, terwijl dat in fase 2 tussen 0.2 en 10.2 mm het geval is.

De optredende verslechtering met waarden van 0.4 en 0.5 mm doet zich in fase 2 voor op slechts 5 punten gelegen op de Brouwersdam en de kop van Goeree-Overflakkee.

4.3 Tot slot

Het kansmodel van de GPS-waarneming is dusdanig ruim, dat alleen hun bijdrage voor de betrouwbaarheid zinvol is. De precisie van de met GPS bepaalde hoogteverschillen bestaat uit zijn eigen precisie en die van de geoïde hoogteverschil ΔN , dat behept is met een veel geringere nauwkeurigheid. Uit een onderzoeksrapport naar de precisie van de nieuwe geoïde NGLEO2002 worden de volgende formules gehaald:

voor afstanden < 30 km: $\sigma_{\Delta N} = 2.8 + 0.15 \times L_{km}$ in mm's

voor afstanden > 30 km: $\sigma_{\Delta N} = 6.7 + 0.02 \times L_{km}$ in mm's

Veronderstel een basislijn van 4.5 km en een standaardafwijking van 4 mm op basis van herhaalde GPS metingen (repeatability), dan wordt na toepassing van de voortplantingswet een standaardafwijking $\sigma_{GPS} = 5.3$ mm bereikt. Op basis van de gegevens uit § 2.2.1 (Kansmodel) is dat $\sigma_{GPS} = 12.9$ mm. De eerste waarde is realistisch gelet op de verschillen tussen de hoogten bepaald met waterpassing of met GPS (testmeting langs de IJssel en het Waddengebied). Deze bedraagt ± 15 mm.

Het voorstel aan afd. Productmanagement (DPM) is om nog een kritisch naar de parameters te kijken.

De aanbeveling om geen hydrostatische meting en meting met GPS uit te voeren is mede ingegeven door de herziening van het NAP in januari 2005. Aangezien ondergrondse merken ook aan beweging onderhevig, gaat die aanbeveling in de loop van de tijd niet meer op. Over 10 jaar zullen er dus wel aanvullende metingen moeten zijn uitgevoerd. Hopelijk zijn dan nieuwe technieken beschikbaar.