

FUGRO-INPARK B.V.

VERSIE 2

Hoogte aansluiting GPS meting Waddenzee 2008.

Fugro-Inpark B.V.

In opdracht van : Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
 Schepersmaat 2
 P.O. Box 28000
 9400 HH Assen
 Nederland

2	Definitief	E. van Veen	Ing. H. Kooistra		14 juli 2009
1	Concept	E. van Veen			24 april 2009
Rev.	Omschrijving	Vorbereid	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

Hoogte aansluiting GPS meting Waddenzee 2008.	1
1 Inleiding	2
1.1 Het doel van de opdracht	2
1.2 Verantwoordelijkheden van het projectteam	2
1.3 De uit te voeren werkzaamheden.	2
2. Kalibratie (nulmeting) meetpalen	4
2.1 Doel van de kalibratie van de meetpalen	4
2.2 Uitvoering van de nulmeting	4
2.3 Resultaten van de kalibratie	4
3. Metingen op Het Wad	5
3.1 Waterpasmethode wadhoogtemerken en controles	5
3.2 Waterpassen en sedimentmeting spijkerpunten en controles	7
3.3 Uitleg Logformulier.	8
3.4 Methodiek om hoogteverschil van ARP naar wadhoogtemerken over te brengen	9
3.5 Ingezette apparatuur en landmeters	10
4. Samenvatting van de berekende hoogteverschillen	11
5. Samenvatting van de resultaten van de spijkermetingen	12
6. Detail resultaten waterpasmetingen, metingen spijkerpunten, GPS loggen	13
6.1 De logformulieren.	13
6.2 Bijzonderheden uit de logformulieren.	13
7. Waterpassingen wadmerken aan de kust	14
7.1 Waterpassingen peilmerken 2H33, 2H34, 2H35 en 2G43 aan peilmerken vaste land.	14
8. Aansluiting GPS opstellingen op NAP net	15
8.1 Aansluitingen GPS opstelling Wad op NAP net.	15
8.2 Aansluitingen GPS landopstellingen Nes Driesum, Grijpskerk en Lauwersoog op NAP net.	15
9. Waterpassing GPS referentie- en monitoringstations	16
10. Aanbevelingen en conclusies	18
10.1 Precisie en betrouwbaarheid metingen.	18
10.2 Aanbevelingen.	18

1 Inleiding

In opdracht van de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) te Assen heeft Fugro-Inpark B.V. in de maanden juli en oktober 2008 hoogtemetingen uitgevoerd ten behoeve van de bodemdalingsmonitoring als omschreven in "MER Aardgaswinning Waddengebied vanaf locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen".

1.1 Het doel van de opdracht

Het doel van de werkzaamheden is het monitoren van de bodemdaling van de Waddenzee door gaswinning. Op het vaste land en de eilanden worden secundaire waterpassingen uitgevoerd over een netwerk van peilmerken en op Het Wad worden metingen uitgevoerd op drie bestaande Wadhoogtemerken. Het 2^e deel van de opdracht betreft controle van de in 2006 nieuw geplaatste wadmerken. Dit zijn zogenaamde M-locaties. Op deze locaties moeten de peilmerken vrij gegraven worden en wordt er een controle waterpassing uitgevoerd over deze peilmerken. Hierbij worden de hoogte verschillen tussen de peilmerken van 2008 vergeleken met de metingen van 2006.

1.2 Verantwoordelijkheden van het projectteam

Het projectteam stond onder leiding en verantwoording van de NAM en bestond uit personeel van de NAM, Acta Marine- Van Stee, Fugro Inpark B.V. en 06 GPS. De heer J. A. van der Sluijs was de projectleider van de NAM en belast met de planning en coördinatie tijdens het project onder supervisie van de heer W. van der Veen van de NAM.

Acta Marine- Van Stee stelde het schip Sara Maatje XIIIb (juli) en De Buffel (oktober) beschikbaar en ondersteunende bemanning en was verantwoordelijk voor de veiligheid aan boord.

Fugro-Inpark B.V. 's taak betrof het uitvoeren van waterpassingen en het bepalen van nauwkeurige hoogteverschillen tussen GPS antennes en vaste meetpunten. Bij dit onderzoek waren ook de firma's "06-GPS" en "Acta Marine- Van Stee" betrokken. De eerstgenoemde firma stelde het GPS systeem van GPS referentie stations beschikbaar en zal de processing van de GPS gegevens op basis van de specialistische Geo++ software uitvoeren.

Projectteam GPS meting Waddenzee 2008			
<i>Firma</i>	<i>Adres</i>	<i>Woonplaats</i>	<i>Verantwoordelijkheid binnen het project</i>
NAM	Schepersmaat 2	Assen	Supervisie, vergunningen, planning
06 GPS	Kubus 11	Sliedrecht	Processing GPS logdata
Acta Marine- Van Stee	Het Nieuwe Diep 39d	Den Helder	Planning, logistiek en veiligheid
Fugro Inpark B.V.	Lavendelheide 6b	Drachten	Uitvoeren waterpasmetingen en archivering GPS logdata Rapportage van uitgevoerde metingen

Een kickoff bespreking over de werkzaamheden en verantwoordelijkheden op Het Wad is gehouden bij Acta Marina van Stee in Harlingen op 24 juli 2008. In overleg met alle betrokken partijen is dezelfde meetmethode gebruikt als in 2006. Volgens deze meetmethode zijn de in 1.3 beschreven werkzaamheden uitgevoerd.

1.3 De uit te voeren werkzaamheden.

De opdracht bestond uit de volgende werkzaamheden:

- Het uitvoeren van een nauwkeurigheidswaterpassing op Het Wad voor het bepalen van hoogteverschillen tussen ARP (Antenne Referentie Punt) van de GPS antenne en meetpunten op Het Wad op drie Wadlocaties en drie testlocaties rond het Lauwersmeer.
- Kalibratie (nulmeting) van de meetpalen, 1^e en 2^e sessie.

- Het verlenen van personele ondersteuning voor het opbouwen en afbreken van de meetpalen op Wad- en testlocaties.
- Het downloaden en archiveren van de GPS logfiles per meetlocatie.
- Controle wadmerken M- locaties (in oktober).

Het berekenen van de GPS antenne hoogten t.o.v. NAP wordt dus niet uitgevoerd door Fugro-Inpark B.V., maar door 06-GPS. Wel zijn door Fugro-Inpark B.V. op de locaties Driesum, Lauwersoog en Grijskerk waterpassingen uitgevoerd. Deze controle metingen zijn beschreven in Hoofdstuk 8.

Per locatie op het Wad zijn drie Wadhoogtemerken welke door Fugro-Inpark B.V. in hoogte bepaald moeten worden. Hiervoor is een meetmethodiek opgesteld waarbij de Wadhoogtemerken gewaterpast worden. Daarna wordt een GPS meetpaal op het zuidelijkste peilmerk opgebouwd, waarna opnieuw gewaterpast moet worden. Tijdens een periode van ongeveer 5 dagen worden GPS waarnemingen geregistreerd op de wadmeetpunten alsook op de vaste referentiestations. Alvorens de GPS opstelling te demonteren worden controle hoogte metingen uitgevoerd om eventuele verstoring van de meetopstelling te kunnen detecteren. Tot slot worden ook de onderlinge hoogte verschillen tussen de 3 nabijgelegen Wadhoogtemerken bepaald.

Door alle meervoudige hoogte metingen in 3-voud uit te voeren en de 4 onderlinge meetsessies nauwkeurig te analyseren konden eventuele fouten of verstoringen geïdentificeerd worden, terwijl de overtuiging een goede basis vormde voor het nauwkeurig kunnen bepalen van het hoogteverschil tussen het GPS-ARP (Antenne Referentie Punt en de wadhoogtemerken).

Een overzichtskaart met alle meetlocaties op Het Wad is bijgevoegd (bijlage 1).

Opbouw van het rapport:

H1	Inleiding
H2	Kalibratie van de meetpalen 1 ^e en 2 ^e sessie
H3	Metingen op Het Wad
H4,5 en 6	Meetresultaten
H7	Waterpassing H33
H8	Aansluitingen GPS opstellingen op NAP net
H9	Waterpassingen referentiestations
H10	Aanbevelingen en conclusies

2. Kalibratie (nulmeting) meetpalen

2.1 Doel van de kalibratie van de meetpalen

Het doel van de kalibratie van de meetpalen is om voor de start van de metingen op Het Wad de basisgegevens van de meetpalen nauwkeurig te hebben bepaald. Deze nulmeting dient als basis voor de meting op Het Wad. Bij de opbouw en demontage van de paal op Het Wad kan snel een afwijking geconstateerd worden. Deze afwijking kan ontstaan door het niet goed opbouwen van de paal of door een eventuele beschadiging van de paal tijdens het project. Indien een afwijking geconstateerd wordt, kan dan in overleg met de opdrachtgever besloten worden om de meting opnieuw uit te voeren.

2.2 Uitvoering van de nulmeting

De palen zijn in principe alle vier gelijk van uitvoering. Het is een buis met een voetplaat en op de paal twee peilmerken, die gebruikt worden voor de waterpassing op Het Wad. Bovenop de paal wordt een GPS antenne bevestigd. Op de antenne wordt met oranje/rode tape het noorden aangegeven en met groen/gele tape het zuiden. De bevestiging van de antenne op de paal wordt met loeklicht verzekerd.

Ten behoeve van de meetpaal kalibraties wordt een schroefanker geplaatst en dit schroefanker wordt vast gemeten aan een of twee geplaatste bouten. De hoogte van het schroefanker wordt bepaald door deze te waterpassen t.o.v. de peilmerken.

Hierna wordt de meetpaal opgebouwd op het schroefanker, de verticaalstelling van de meetpaal wordt gecontroleerd d.m.v. waterpas en tachymeter.

Per paal moet met behulp van drie onafhankelijke waterpassingen de hoogten bepaald worden van de antenne, bovenste peilmerk, onderste peilmerk t.o.v. de voetplaat. Het meten van de onderkant van de antennering gebeurt op minimaal twee tegen over elkaar liggende punten om eventuele kleine scheefstand te kunnen bepalen en hoogte van het midden goed te kunnen vaststellen.

Na het demonteren van de paal van het schroefanker wordt het schroefanker nogmaals gewaterpast t.o.v. geplaatste bout (om eventuele zakking te kunnen constateren en te kunnen vereffenen). Tijdens de nulmeting is het schroefanker niet gezakt.

De waterpassing is uitgevoerd met gekalibreerde baken en toestel en voorafgaand aan de meting wordt de 3/33 methode toegepast. Hierbij voert het toestel zelf eventueel nog een correctie uit voor aanvang van de meting.

De meettolerantie is $3\sqrt{L}$ conform tolerantie voor secundaire waterpassingen. Als tijdens controle blijkt, dat de tolerantie wordt overschreden, dan moet meting opnieuw uitgevoerd worden.

Er zijn twee meetsessies geweest, in juli voor wadmetingen en in oktober controle metingen M-Wadpunten (nieuw gespoten in 2006), Driesum, Grijpskerk en Lauwersoog. De kalibratie van de meetpalen is twee keer uitgevoerd in juli en oktober voor de start van de metingen en na afloop van de metingen.

2.3 Resultaten van de kalibratie

De resultaten van de nulmetingen zijn aangegeven in bijgevoegd Excel bestand en de gegevens per paal zijn ter verduidelijking ook aangegeven in bijgevoegde tekening.

De eerste kalibratie eind juli van de eerste meet sessie is gedaan met een schuifbaak, maar deze is niet gebruikt voor de Wadmetingen. De kalibratiewaarden van de eindkalibratie op 12 augustus 2008 zijn gebruikt voor de berekeningen van eerste meet sessie van de drie wadlocaties.

De gemiddelde waarden van de kalibraties 7 en 28 oktober zijn gebruikt voor de berekeningen van de tweede meet sessie op de locaties rond het Lauwersmeer.

In bijlage 2 is de meetopstelling voor de kalibratie aangegeven.

3. Metingen op Het Wad

3.1 Waterpasmethode wadhoogtemerken en controles

Per locatie zijn drie Wadhoogtemerken aanwezig (punten met historie of in 2006 geplaatste punten). De punten zijn meestal gelegen in een Noord-Zuid lijn op een onderlinge afstand van 5m en 10m t.o.v. het middelste punt. De coördinaten van deze punten zijn ingemeten bij het plaatsen. Deze punten worden uitgezet met GPS en dan wordt met de prikstang gecontroleerd of de afdektegels daar is. Wanneer de tegels aangeprikt zijn, worden de punten vrij gegraven. Zodra alle drie meetkogels vrij gegraven en schoon gemaakt zijn, kan gestart worden met de waterpassing. Het waterpassen van de drie Wadhoogtemerken per locatie is uitgevoerd vanuit een gekozen nulpunt. Meestal is het Noordelijkste peilmerk als nulpunt gekozen. Vanuit dit punt wordt een doorgaande waterpassing uitgevoerd over de andere twee Wadhoogtemerken en wordt weer afgesloten op het nulpunt. De waterpassing moet voldoen aan de toleranties voor een secundaire waterpassing ($3\sqrt{L}$). Er moeten drie goede doorgaande waterpassingen uitgevoerd worden.

Meetmethode bij opbouw meetpaal.

Er wordt gestart met drie waterpasronden over de drie Wadhoogtemerken (zonder paal).

Daarna wordt de GPS meetpaal opgebouwd op het zuidelijkste peilmerk. De meetpaal wordt geschoord met tuidraden aan de schoorpalen (wokkels), die in de grond worden gedraaid. Met deze wokkels kan de spanning op de draden gebracht worden en kan de rechtstand ook gecorrigeerd worden. De palen worden opgesteld met behulp van een doosniveau. De rechtstand van de paal wordt gecontroleerd met behulp van het gemeten hoogteverschil tussen de peilmerken op de paal. Het streven van het gemeten hoogteverschil tussen de peilmerken is een verschil van max. 1 mm ten opzichte van de waarde van de kalibratiemeting. Zodra de rechtstand van de paal voldoet aan de gestelde eis van 1 mm verschil met de waarde uit de kalibratiemeting, worden de drie waterpasronden uitgevoerd.

Met behulp van het gemeten hoogteverschil tussen peilmerken op de meetpaal bij opbouw en het hoogteverschil uit de nulmeting wordt een correctie factor bepaald op de ARP hoogte uit de nulmeting. Zo worden eventuele resterende scheefstand en uitzetting als gevolg van temperatuur verschillen gecorrigeerd. Dit wordt verder in het verslag uitgelegd.

Bij de opbouw is niet alleen de rechtstand van de paal belangrijk, ook het noord gericht staan van de antenne is belangrijk. De noordzijde van de antenne is gemerkt. Er worden twee punten uitgezet, ongeveer 30 meter ten noorden en 30 meter ten zuiden van de paal (deze punten moeten dezelfde WGS 84 lengte-coördinaat hebben als punt met paal). Tolerantie in richting is vijf graden, dit komt ongeveer overeen met drie meter op dertig meter vanaf de paal. Noord gerichtheid wordt dus gecontroleerd met behulp van uitgezette lijn en kleuren op antenne. Voor de paal opgebouwd wordt, wordt eerst de datalogger aangesloten op de antenne en de waterdichte accu. Er wordt gecontroleerd of er een nieuwe logfile aangemaakt is en of deze groter wordt (data logt). Indien dit allemaal klopt wordt de paal opgebouwd en noord gericht gezet. Daarna wordt de voetklem aangebracht om te voorkomen, dat de paal van het punt schiet en de paal kan draaien.

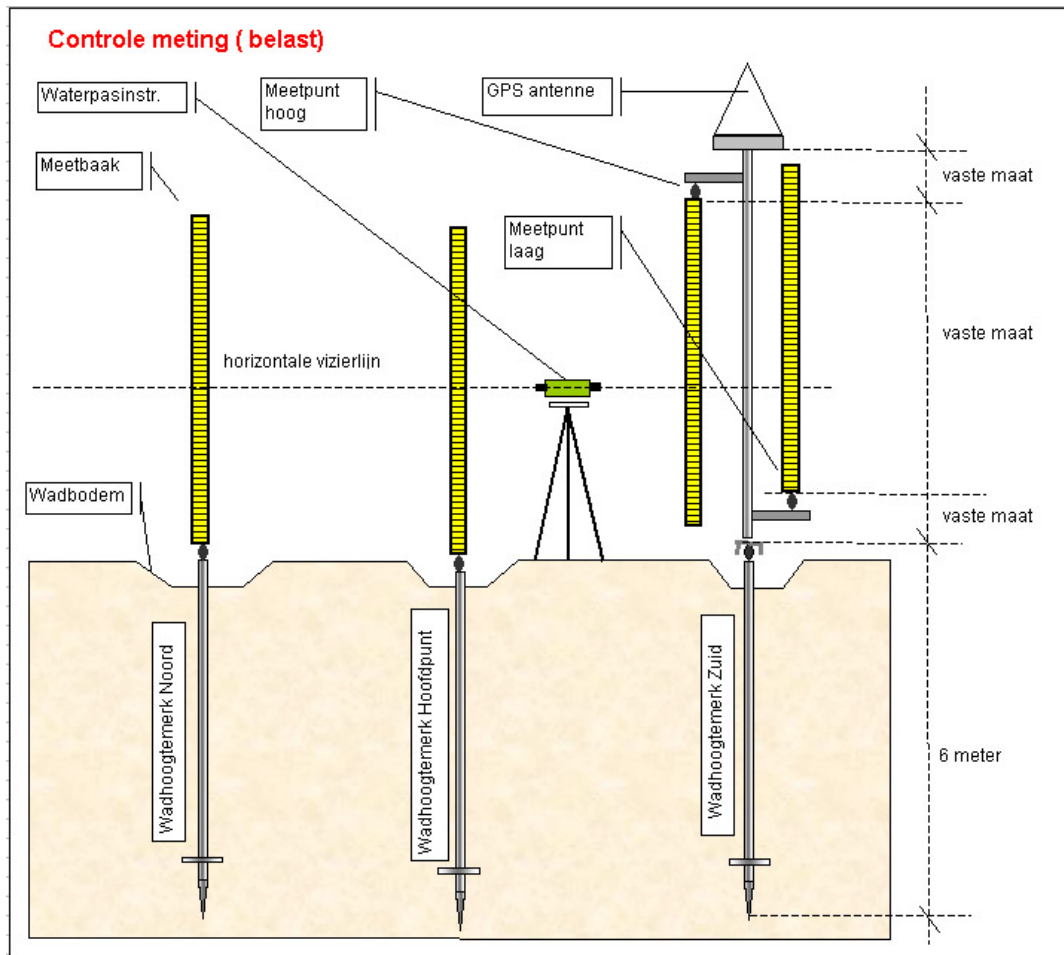
Bij het uitvoeren van de doorgaande waterpassing met paal wordt ook weer begonnen op het nulpunt (noordelijke punt), dan het middelste punt, dan het onderste peilmerk, vervolgens het bovenste peilmerk en dan wordt weer afgesloten op het nulpunt. De waterpassing moet voldoen aan de toleranties voor een secundaire waterpassing ($3\sqrt{L}$). Er moeten drie goede doorgaande waterpassingen uitgevoerd worden. De meetwaarden en de trajectlengte wordt ingevuld, zodat de tolerantie zichtbaar wordt per meting. Dit is de controle methodiek per meting en serie (zonder paal en met paal).

Meetmethode bij demontage meetpaal.

De meetmethode bij de demontage is identiek aan de meetmethode bij opbouw. Alleen wordt nu in omgekeerde volgorde gewerkt. De noord gerichtheid van de antenne wordt eerst gecontroleerd of de paal niet verdraaid is uit de lijn. Daarna wordt de rechtstand van de paal gecontroleerd. Na controle van de rechtstand worden drie waterpasronden uitgevoerd met paal. Indien deze voldoen aan de tolerantie, wordt de paal gedemonteerd en de datalogger gecontroleerd op juiste data (of datalogger nog aan is en of er files zijn van alle dagen).

Hierna worden drie waterpasronden over de Wadhoogtemerken uitgevoerd zonder paal, hiervoor geldt ook weer de tolerantie van $3\sqrt{L}$. Wanneer de waterpassingen afgerond zijn, dan worden de tegels weer boven de meetkogels gelegd ter bescherming en ook om het vinden van de punten in de toekomst te vereenvoudigen.

Ter verduidelijking van de metingen is hier weergegeven de prinsipschets van de waterpassing en een foto van meetpaal waar de onderdelen benoemd zijn.



Figuur 1 prinsipschets van de waterpassing

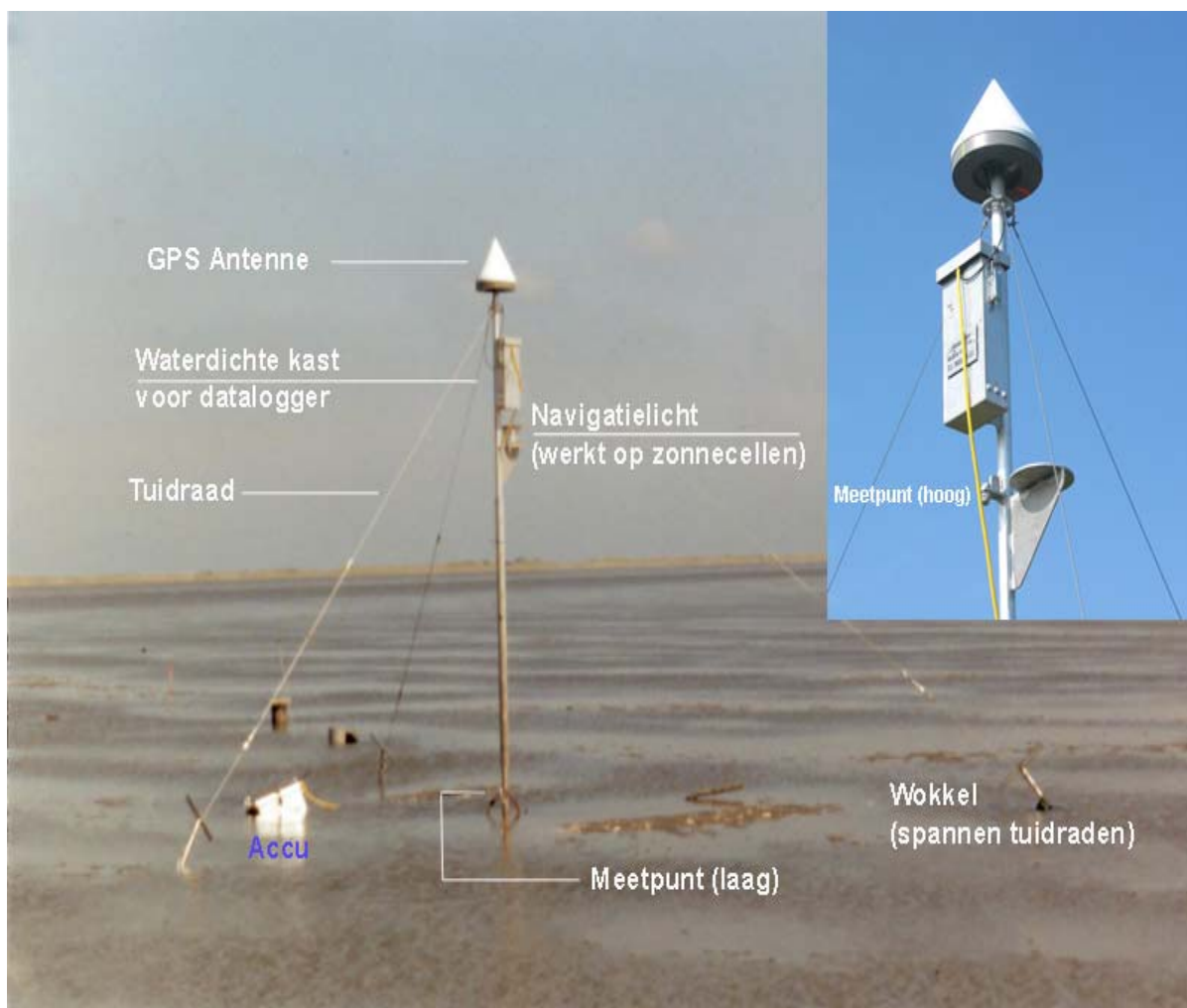


Foto 1 meetpaal met onderdelen

In bijlage 3 is op een overzicht aangegeven wat er op een Wadlocatie aanwezig is qua meetpunten, spijkerpunten en hoe de metingen worden uitgevoerd.

3.2 Waterpassen en sedimentmeting spijkerpunten en controles

Op alle Wadlocatie zijn in 2006 vier zogenaamde spijkerpunten geplaatst. Deze spijkerpunten worden gebruikt om de sedimentatie/erosie op Het Wad te kunnen monitoren.

Per locatie is een centraalpunt vastgesteld. Om dit centraal punt zijn op 1,25m in iedere windrichting een spijker geplaatst. Deze spijker bestaat uit een stuk wapeningsstaal met onderaan een schroefdraad en met bovenaan een zeskant. Deze spijker is in de bodem gedraaid. Boven aan de spijker is een touwtje bevestigd met daaraan een meetring en een label met de windrichting waar deze staat. Het label kan dus zijn een N (Noord), O(Oost), Z (Zuid) en W (West).

De maaiveldhoogte ter plekke van de spijkerpunten worden gewaterpast t.o.v. een peilmerk (meestal het Noordelijke Peilmerk). Er worden twee ronden gewaterpast.

Tevens wordt de afstand van de meetring tot het maaiveld gemeten m.b.v. een speciale meetliniaal. Per windrichting worden deze afstanden twee keer afgelezen.

De meetresultaten van de gemeten spijkerpunten in 2008 zijn in tabelvorm weergegeven in bijlage 4 bij dit rapport.



Foto 2 Geplaatste spijkerpunt, draad, meetring en label (windrichting), meetliniaal waar hoogte van Wad tot ring gemeten wordt

3.3 Uitleg Logformulier.

Op de drie locaties op Het Wad worden door de landmeter waterpasmetingen uitgevoerd tussen de Wadhoogtemerken en spijkerpunten. Daarnaast wordt een meetpaal opgebouwd om GPS data te kunnen loggen.

Voor een uniforme wijze van registreren en presenteren is hiervoor een logformulier opgesteld.

Het logformulier bevat zeven onderdelen:

- A. Gegevens van de drie Wadhoogtemerken o.a. de coördinaten, historische hoogteverschil tussen de Wadhoogtemerken (indien bekend). Gegevens van de twee controlepunten van de noord-zuid richting in RD en WGS coördinaten.
- B. Gegevens van de paal, datalogger, antenne.
Hier komt te staan de datum van opbouw, paalnummer (1,2,3 of 4), datalogger en antenneserienummer.
Verder wordt het tijdstip van loggen met belaste paal genoteerd bij opbouw en stoptijd met belaste paal bij demontage.
- C. Waterpasgegevens bij opbouw.
Hier worden de gegevens van de waterpassingen ingevuld. Ten eerste de algemene gegevens zoals datum, naam van de landmeter, temperatuur. Daarnaast worden de gegevens van de metingen zelf ingevuld (drie ronden zonder paal en drie ronden met paal). Ook wordt de lengte van het traject ingevuld, waarbij dan de tolerantie ook zichtbaar wordt. Per ronde is dus zichtbaar wat de afwijking is t.o.v. het startpunt en de toegestane tolerantie.
De waarden van de drie ronden worden gemiddeld.
- D. Waterpasgegevens bij demontage.
Hier worden de gegevens van de waterpassingen ingevuld. Ten eerste de algemene gegevens zoals datum, naam van de landmeter, temperatuur. Daarnaast worden de gegevens van de metingen zelf ingevuld (drie ronden zonder paal en drie ronden met paal). Ook wordt de lengte van het traject ingevuld, waarbij dan de tolerantie ook zichtbaar wordt. Per ronde is dus zichtbaar wat de afwijking is t.o.v. het startpunt en de toegestane tolerantie.

De waarden van de drie ronden worden gemiddeld

- E. Waterpassen spijkerpunten.
De meetgegevens van de spijkerpunten staan hier verzameld. Ten eerste het coördinaat van het centraalpunt. Daarnaast het punt waar de waterpassing is gestart en beëindigd.
De meetgegevens van de twee waterpasronden worden ingevuld en de gemiddelde waarde wordt bepaald. Tevens wordt de gemiddelde labelaflezing per windrichting genoteerd.
- F. Kwaliteitscontrole bij opbouw.
De kwaliteitscontrole bij de opbouw bestaat uit de controle van de gemeten hoogteverschillen tussen de Wadhoogtemerken met de historische hoogteverschillen uit vorige metingen (indien deze bekend zijn). Het resultaat van deze controle wordt aangegeven in rood: verstoord of niet verstoord.
Tevens wordt de rechtstand van de paal gecontroleerd. Dit gebeurt door middel van het vergelijken van het gemeten hoogteverschil tussen de peilmerken op de paal bij opbouw en het gemeten hoogteverschil van de paal uit de nulmeting.
Het verschil tussen deze waarden mag in principe niet meer zijn dan 1 mm. Het verschil tussen de waarde bij opbouw en waarde uit de nulmeting wordt gebruikt om de ARP hoogten vast te stellen naar de Wadhoogtemerken. Zie hoofdstuk 4.4.
- G. Kwaliteitscontrole bij demontage.
Bij de demontage wordt de rechtstand van de paal ook weer gecontroleerd op dezelfde wijze als bij de opbouw. Ook wordt bij demontage gecontroleerd of het peilmerk waar de paal met datalogger op gestaan heeft niet verstoord is. Er wordt dus vastgesteld wat het hoogteverschil tussen de Wadhoogtemerken voor opbouw en het hoogteverschil na demontage is. De tolerantie hiervoor is vastgesteld op 2mm.

Onderaan het formulier staat nog een paraaf van controle met paraaf en datum.

3.4 Methodiek om hoogteverschil van ARP naar wadhoogtemerken over te brengen

Voor het overbrengen van de ARP hoogte van de meetpaal naar de Wadhoogtemerken is een methodiek gebruikt waarbij gegevens van de nulmeting worden vergeleken met de werkelijk gemeten waarden bij opbouw en demontage van de meetpaal.

Hiervoor wordt eerst het gemiddelde gemeten hoogteverschil tussen het bovenste peilmerk tot het nulpunt van de waterpassing vastgesteld (waarde A).

Daarnaast wordt het gemiddelde gemeten hoogteverschil tussen de twee peilmerken op de meetpaal vastgesteld (waarde bij opbouw en demontage). Deze waarde wordt vergeleken met de waarde uit de kalibratie. De verhouding tussen deze waarden wordt vastgesteld. Dit verhoudingsgetal wordt vermenigvuldigd met de ARP waarde uit de kalibratiemeting. Zo wordt de gecorrigeerde waarde van de ARP bepaald (waarde B).

Waarde A en waarde B samen vormen de berekende ARP van het peilmerk. De hoogte tot de andere waarden wordt bepaald m.b.v. de gemiddelde waarden uit de waterpassingen zonder paal bij opbouw en demontage. Op deze manier worden de correcties van enkele tienden van millimeters van de (grote) gemeten basis omgezet naar de (kleine) offset ARP-HMP om resterende scheefstand en temperatuursinvloeden te kunnen corrigeren.

Alle ARP berekeningen zijn bijgevoegd (bijlage 5).

3.5 Ingezette apparatuur en landmeters

Voor het uitvoeren van de waterpasmetingen is de volgende apparatuur gebruikt:

Waterpastoestellen: Leica type DNA3 serienummer 334135 en 334139.

Invarbaken: Leica type GPLC2.5 nr. 24682 en Leica type GPLC 5 nr. 24683.

De volgende landmeters hebben metingen uitgevoerd:

- Bert Branderhorst
- Frans Faber
- Wietse Jan van der Velde
- Harm Kooistra

Detail informatie over landmeters en apparatuur is vermeld in bijlage 9.

4. Samenvatting van de berekende hoogteverschillen

De samenvatting van de berekende hoogteverschillen zijn verwerkt in tabelvorm. Hierin zijn aangegeven locatie, coördinaat, paalnummer, antennennummer, datalogger nummer, de berekende ARP afstanden. Daarnaast zijn gegevens ingevuld m.b.t. datalogger: datum en tijdstip in en uitschakelen logger met belaste paal. Ook zijn per locatie de namen en de grootte van de logfiles vermeld. Al deze gegevens zijn verzameld in tabelvorm (zie bijlage 6).

5. Samenvatting van de resultaten van de spijkermetingen

In een tabel (bijlage 4) zijn de metingen van de spijkerpunten op de drie Wadlocaties verzameld. Dit betreft de gemeten gemiddelde nieuwe situatie ringen aan de labels per windrichting , maaiveldhoogte t.o.v. gekozen Wadhoogtemerk per windrichting met de coördinaten van het centraalpunt.

6. Detail resultaten waterpasmetingen, metingen spijkerpunten, GPS loggen

6.1 De logformulieren.

Per locatie zijn de logformulieren bijgevoegd (bijlage 7 en 8). Dit zijn logformulieren van de Wadlocaties, test opstellingen van de palen in Driesum, Grijskerk en Lauwersoog. Indien er bijzonderheden zijn te melden m.b.t. de meting op een locatie dan is dit vermeld onder punt 6.2.

6.2 Bijzonderheden uit de logformulieren.

In het algemeen zijn met de beschreven meetprocedure zeer consistente resultaten behaald. Door de overvloedigheid in meetresultaten en de ingebouwde onafhankelijke controles was het mogelijk om fouten op te sporen en bleek het mogelijk om op basis van de resterende metingen de hoogte verschillen nauwkeurig te bepalen.

7. Waterpassingen wadmerken aan de kust

7.1 Waterpassingen peilmerken 2H33, 2H34, 2H35 en 2G43 aan peilmerken vaste land.

Voor de controle van de te berekenen Wadhoogtemerken met GPS op Het Wad, zijn locaties 2H33 en 2G43 aangesloten op peilmerken op het vaste land. Deze punten zijn mee genomen in de grote waterpassingen van de NAM/RWS van 2008. De metingen zijn uitgevoerd in WATPAS.

De definitieve hoogten t.o.v. NAP worden bepaald en gepubliceerd door Rijkswaterstaat. RWS controleert de waterpassingen en de berekeningen van de projecten Friesland/Groningen.

In het rapport worden alleen de gemeten hoogteverschillen vermeld.

Overzicht gemeten hoogteverschillen (waterpassen):

Peilmerk land	Peilmerk Wad	HV heen	HV terug	HV gemiddeld
002H0026	15483 (hulppunt)	-8,2619	8,2621	-8,2620
15483 (hulppunt)	002H0034	-0,6158	0,6154	-0,6156
002H0034	002H0033	0,0411	-0,0411	0,0411
002H0033	002H0032	-0,0166	0,0164	-0,0165
002H0032	15482 (hulppunt)	0,5928	-0,5920	0,5924
15482 (hulppunt)	002H0027	8,3929	-8,3919	8,3924
002G0086	102 (hulppunt)	-2,1878	2,1898	-2,1888
102 (hulppunt)	103 (hulppunt)	-0,0597	0,0590	-0,0594
103 (hulppunt)	104 (hulppunt)	-0,4560	0,4554	-0,4557
104 (hulppunt)	105 (hulppunt)	-0,4762	0,4762	-0,4762
105 (hulppunt)	106 (hulppunt)	-0,2112	0,2117	-0,2114
106 (hulppunt)	002G0043	-0,4538	0,4535	-0,4536

8. Aansluiting GPS opstellingen op NAP net

8.1 Aansluitingen GPS opstelling Wad op NAP net.

De drie gemeten Wadpunten zijn aangesloten op het NAP net. Berekening van de ARP is gedaan door 06-GPS.

8.2 Aansluitingen GPS landopstellingen Nes Driesum, Grijpskerk en Lauwersoog op NAP net.

Voor de controle van de te berekenen peilmerkhoogten met GPS is de GPS locatie op Driesum Grijpskerk en Lauwersoog aangesloten op het NAP net. Dit was een testopstelling waarbij 1 paal is opgebouwd.

De gewaterpaste hoogteverschillen t.o.v. ARP tot deze locaties zijn aangegeven in bijlage 6.

9. Waterpassing GPS referentie- en monitoringstations

Inleiding

In 2006 zijn op de locaties Ameland-Oost, Schiermonnikoog en Moddergat GPS monitoring stations geplaatst om de bodemdaling continue in de gaten te kunnen houden. Op elke locatie is de GPS antenne geplaatst op een stalen buis die bevestigd is aan de buitenmuur van een gebouw. De bevestigingsmethode is uniform voor alle GPS monitoringstations en bovendien gelijk aan de GPS referentiestationen van 06-GPS (Drachten en Ameland-Ballum).

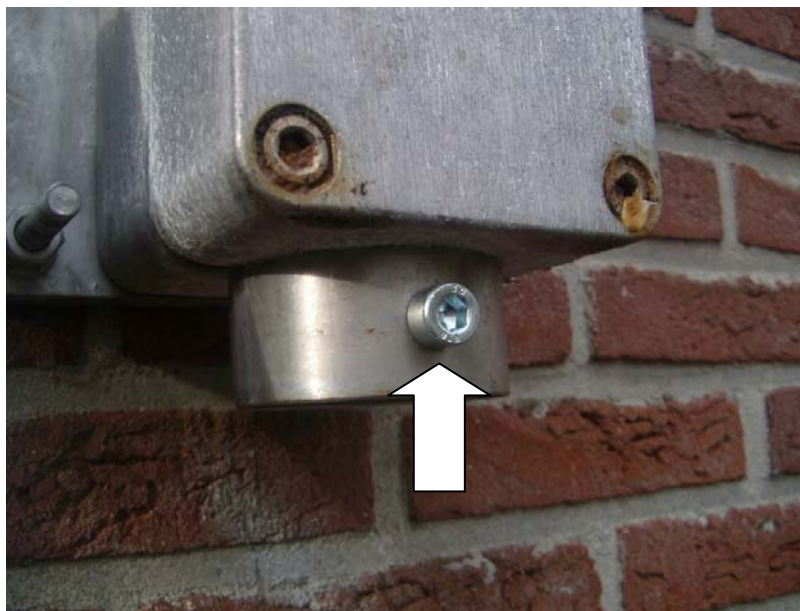
Om eventuele verstoring van de buis waarop de GPS antenne is bevestigd te kunnen constateren, zijn in 2006 op alle locaties, met uitzondering van Moddergat, de hoogteverschillen gemeten tussen de onderkant van de buis; een peilmerk bevestigd aan hetzelfde gebouw en een of meerdere onafhankelijke referentie punten (indien mogelijk een ondergronds merk).

Voor de locatie Moddergat betreft de meting in 2007 een nulmeting. Voor de overige GPS stations is sprake van een herhalingsmeting van de waterpassingen in 2006.

Methode

De waterpassing is waar mogelijk uitgevoerd met gekalibreerde baken en toestel. Voorafgaand aan elke meting is de 3/33 methode toegepast. Hierbij voert het toestel zelf eventueel nog een correctie uit voor de aanvang van de meting. Daar waar grote hoogteverschillen in één waterpasslag overbrugd moet worden, is gebruik gemaakt van een schuifbaak van Leica (wel met barcode):

- Ameland-Oost: 2 meter invarbaak en schuifbaak
- Ameland-Ballum : 2 meter invarbaak en schuifbaak
- Drachten : 2 meter invarbaak en 1 meter invarbaak
- Schiermonnikoog : 2 meter invarbaak en schuifbaak in 2006
- Moddergat : 2 meter invarbaak



Vorig jaar is de onderkant van de buis waarop de GPS antenne is bevestigd gemeten. De buizen zijn echter niet recht afgezaagd en kunnen dus niet fungeren als een zuiver meetpunt.

Daarom zijn er in 2007 in november nog bouten in de buizen geplaatst en zijn de metingen van 2007 uitgebreid met het hoogteverschil tussen de bout in de buis en het peilmerk bevestigd aan hetzelfde gebouw.

Zie hiernaast een foto van een geplaatste bout in een antennebuis.

De eisen m.b.t. de nauwkeurigheid waar de metingen aan moeten voldoen zijn dezelfde eisen als voor secundaire waterpassingen voor Rijkswaterstaat.

Bijlagen

Voor elk GPS referentie- of monitoringstation is een bijlage ingevoegd met de volgende onderdelen:

- Situatietekening met locatie van de buis met GPS antenne, locatie van de (referentie)bouten, standplaatsen van het waterpastoestel en plaatsen van eventuele straatpotten
- Datum van de uitgevoerde metingen
- Waterpasmeting met gemiddelde eindwaarde

Bijlage 11: Ameland-Oost

Bijlage 12: Ameland-Ballum

Bijlage 13: Schiermonnikoog

Bijlage 14: Drachten

Bijlage 15: Moddergat

10. Aanbevelingen en conclusies

10.1 Precisie en betrouwbaarheid metingen.

In de periode van eind juli tot begin augustus zijn drie metingen op Het Wad en de testmetingen op Ameland uitgevoerd. In oktober zijn controle metingen van nieuw gespoten punten (M- lokaties) op het Wad uitgevoerd + 3 testmetingen GPS paal op Driesum, Grijskerk en Lauwersoog.

In de logformulieren is alle data verzameld m.b.t. 4 ronden waterpassen per locatie. Al deze metingen vallen binnen de gestelde tolerantie van $3\sqrt{L}$ voor secundaire waterpassingen.

Het opbouwen van de vier meetpalen, het schoren/rechtzetten van de palen en het waterpassen van de meetpalen blijkt een van de lastigste onderdelen van het project te zijn. Het bovenste meetpunt wordt gewaterpast met inverse methode (baak op de kop tegen het meetpunt geplaatst).

In bijlage 8 zijn de resultaten van de meting van het hoogteverschil tussen het onderste en het bovenste peilmerk per paal aangegeven. Verschillen in de gemeten hoogteverschillen kunnen ontstaan door de scheefstand van de paal en door temperatuursinvloeden op de lengte van de paal.

Totaal zijn er dus op 6 locaties palen opgebouwd (iedere paal twee keer). Het hoogteverschil tussen bovenste en onderste peilmerk op de paal is totaal 12 keer gemeten (bij opbouw en demontage).

De gemiddelde afwijking van het gemeten hoogteverschil t.o.v. het hoogteverschil bij kalibratie bedraagt 0.0003 m en het gemiddelde gemeten hoogteverschil bij opbouw en demontage bedraagt 0.0003m. Dit zijn erg kleine afwijkingen, omdat in deze gemiddelde waarden ook de invloed van de scheefstand van de paal en de temperatuursinvloeden meegenomen zijn.

De gemiddelde afwijkingen tussen de waterpassingen tussen de waterpasronden zonder paal bij opbouw en demontage zijn nog kleiner. Zoals al eerder vermeld voldoen ook alle waterpasmetingen aan de norm van $3\sqrt{L}$ voor secundaire waterpassingen. De nauwkeurigheid van de totale meetgegevens is dus gewaarborgd.

10.2 Aanbevelingen.

Het handmatig aanbrengen en verwijderen van schroefankers op meetlocatie op het land blijkt fysiek erg zwaar te zijn. Voor een volgende meetcampagne nadenken over een methode waarbij de fysieke belasting minder is.

Het plaatsen van de accu's op Het Wad blijft een zware klus. De accu's in de waterdichte bakken zijn erg zwaar en zijn moeilijk te tillen.

De kalibratie van de antennes van de meetpalen is erg lastig geweest omdat niet overal aan de onderkant van de antenne gemeten kon worden. Dit was niet mogelijk, omdat bakje voor datalogger in de weg zat. Wanneer het bakje voor de datalogger d.m.v. schroeven wordt bevestigd, kan bij de kalibratie deze bak afgeschroefd worden. Dan kan op meer locaties aan onderkant antenne een baak gehouden worden voor kalibratie. De kalibratiewaarde is nu op basis van 2-3 metingen vastgesteld.