



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

# Gastcollege 2003

## Technologische verdieping Hydrografie

N. Wiegmann & R. Perluka & B. Valstar

6 juni 2003

## Inleiding

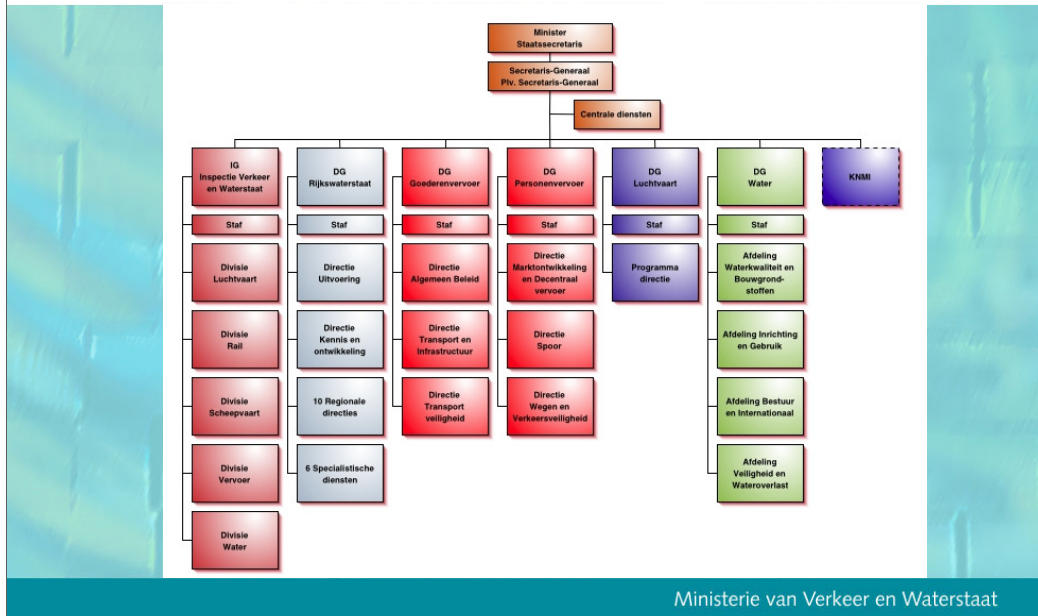
- Rijkswaterstaat
- Adviesdienst Geo informatie en ICT
- Wie zijn wij?
- Onderwerpen komende dagen

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De Adviesdienst Geo informatie en ICT (AGI) is een van de 6 specialistische diensten van Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat is het uitvoerende orgaan van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Rijkswaterstaat is een grote organisatie die overal in het land vertegenwoordigd is. Zo zijn er de regionale directies die bijvoorbeeld het peilwerk verzorgen. Een van de taken van de Adviesdienst Geo informatie en ICT is om deze regionale diensten te ondersteunen waar dat mogelijk is. Dit gebeurt op het zogenaamde GEO vlak en op alles wat op het gebied van ICT plaatsvindt. De elektronische boorden boven de weg zijn hier een voorbeeld van maar ook de Geoïde (deMin) en het NAP worden beheert door AGI.



## Organisatie van Rijkswaterstaat

**Rijkswaterstaat** telt ruim 10.000 medewerkers verspreid over grofweg 160 standplaatsen in ons land. De organisatie is opgebouwd uit tien regionale directies, zes specialistische diensten, een hoofdkantoor en de Hogesnelheidslijn-Zuid (HSL) projectorganisatie.

### Regionale Directies

De tien regionale directies vormen de ruggengraat van Rijkswaterstaat. Zij zijn verantwoordelijk voor het toezicht op de waterstaat, voorbereiding, uitvoering en beheer van projecten, onderhoud en verbetering van waterwerken en infrastructuur. Ook het overleg met betrekking tot de vervoers- en verkeersproblematiek vindt in de regio plaats.

### Specialistische diensten

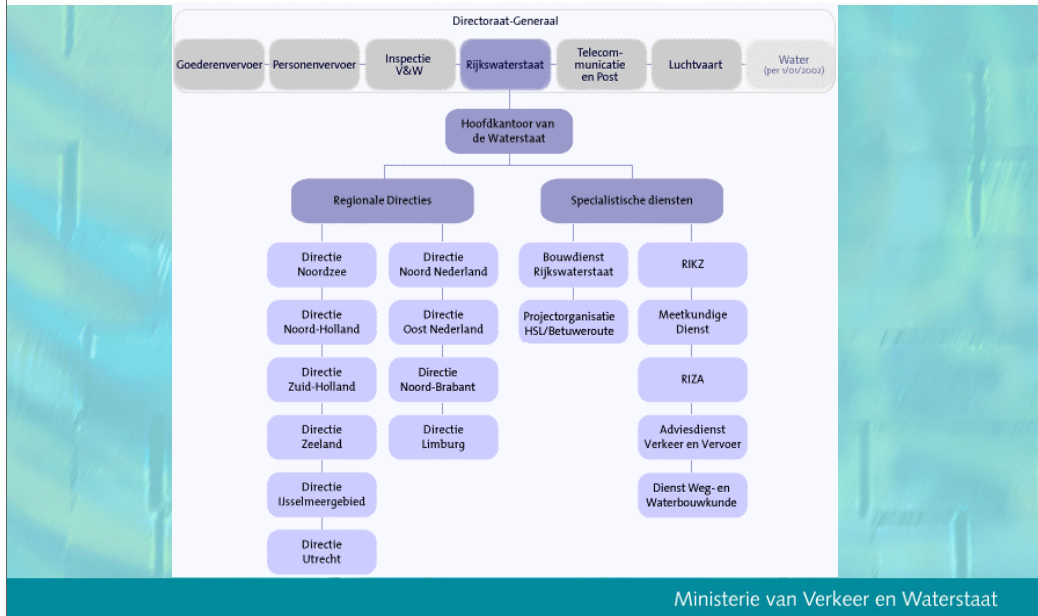
Zes specialistische diensten verzorgen de technische en wetenschappelijke kennis en ondersteuning voor de beleidsvoorbereiding voor de uitvoering van de RWS-taken en de beleidsvoorbereiding van het ministerie van Verkeer en Waterstaat.

### Hoofdkantoor

Het hoofdkantoor Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het bestuur van de organisatie en de ontwikkeling van strategie en beleid.

### HSL-projectorganisatie

De aanleg van de Hogesnelheidslijn-Zuid (HSL-Zuid) is een project van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. De HSL-projectorganisatie is een onderdeel van Rijkswaterstaat en levert in het jaar 2007 een totaal vervoersplan (infrastructuur en reizigersvervoer) op voor de HSL-Zuid. Behalve overheidspersoneel werken er binnen de HSL-projectorganisatie ook medewerkers van niet overheidsorganisaties. Ontwerp en onderhoud van de nieuwe HSL-Zuid en het reizigersvervoer komen tot stand in nauwe samenwerking tussen de overheid en bedrijfsleven.



### Specialistische Diensten

De zes specialistische diensten van Rijkswaterstaat (RWS) ontwikkelen de kennis die nodig is voor de beleidsvoorbereiding en uitvoering van de RWS-taken. De kennis wordt ter beschikking gesteld van alle diensten van het ministerie van Verkeer en Waterstaat en -binnen randvoorwaarden- ook aan overige ministeries, het bedrijfsleven en het onderwijs.

**Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW)** is de adviesdienst voor techniek en milieu voor de weg- en waterbouw. De dienst onderzoekt, adviseert en draagt kennis over op dat gebied.

**Bouwdienst** is het ingenieursbureau van Rijkswaterstaat. De dienst ontwerpt grote projecten en begeleidt de uitvoering ervan. De Bouwdienst voert beleidsanalytische studies en technische audits uit.

**Automatisering Geo informatie en ICT (AGI)** is hét kennis- en dienstencentrum van Rijkswaterstaat en het ministerie van Verkeer en Waterstaat voor geo-informatievoorziening en communicatietechnologie.

**Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV)** ondersteunt het ontwikkelen van het verkeer- en vervoerbeleid. De dienst houdt zich bezig met verkeerstechniek, verkeersveiligheid, en verkeersmanagement, maar ook met goederenvervoer en logistiek, openbaar vervoer, milieu, ruimtelijke ordening, individueel vervoer en gegevensverzameling en -verwerking.

**Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ)** levert adviezen en gegevens voor een duurzaam gebruik van riviermondingen, kust en zee. Het RIKZ onderhoudt en verspreidt daartoe de kennis en gegevens.

**Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)** onderzoekt en adviseert op het gebied van integraal (zoet)waterbeheer en het herstel van watersystemen. Ook adviseert het RIZA over vergunningen voor lozingen van afvalwater

## CV Nard Wiegmann

- Opleiding Weg en Waterbouw plus Landmeetkunde, Hydrografische kennis opgedaan in de praktijk en volgen van vele cursussen.
- 18 jaar werkzaam bij de AGI, voorheen Meetkundige Dienst.
- Projectleider
- werkzaam geweest in: Sonar, automatisering (lodingen), Bootgeometrie, Specialistische metingen zoals bouw Oosterscheldekering en afzinken van tunnels, verbetering precisie en betrouwbaarheid van lodingen en uitvoeren van onderzoeken voor regionale hydrografische diensten.

## CV Bart Valstar

- Opleiding HAVO plus Landmeetkunde, Hydrografische kennis opgedaan in de praktijk en volgen van vele cursussen.
- 24 jaar werkzaam bij de AGI, voorheen Meetkundige Dienst., daarvoor KLM Aerocarto.
- Projectleider
- werkzaam geweest in: Fotogrammetrie, Cartografie, Plaatsbepalingssystemen (Trident, Syledis, Decca), Specialistische metingen zoals bouw Oosterscheldeking en afzinken van tunnels. Momenteel: Sonar, Multibeam lodingen, data acquisitie, Bootgeometrie, Radarmetingen met mobiele Radar combinatie, het uitvoeren van wegprofielmetingen met de ARAN (Automatic Road Analiser) een soort lodingsvaartuig op de weg. Het uitvoeren van onderzoeken voor regionale hydrografische diensten.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

## CV Ronald Perluka

- Opleiding Hydrografie
- 3,5 jaar werkzaam bij Derksen BV, seismiek, stenen storten, site surveys, QINSy training
- 1,5 jaar werkzaam als projectleider bij AGI. Veel onderzoek naar precisie LRK, QINSy overleg, kwaliteitsaspecten Hydrografie.



- Side Scan Sonar
- GPS bij RWS
- Van SB naar MB bij RWS
- Speciale Projecten
- Projectplan





# Planning

Dinsdag 28 oktober

- Introductie van de Dienst AGI en afdeling GAM
- Van Singlebeam tot Multibeam lodingen op rivieren
- Bootgeometrie theorie
- Bootgeometrie praktijkmeting

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

# Van Singlebeam tot Multibeam lodingen op de rivieren

Gastcollege 2003 10  
6 juni 2003

- Inleiding
- Trendbreuk
- Foutenbronnen
- Uitleg foutenbronnen
- Resultaat

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

## Inleiding



- Jaarlijks dwarspeilingen
- Eindresultaat is lengteprofiel van de rivierbodem
- Profielen met elkaar vergelijken
- Bodemrijzing of bodemdaling van de rivier

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

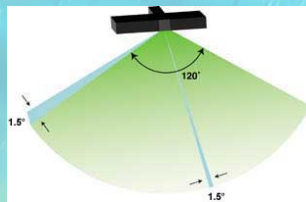
Jaarlijks worden op de rivieren Dwarspeilingen uitgevoerd. Het eindresultaat van deze jaarlijkse Dwarspeilingen is een lengteprofiel van de rivierbodem. Deze lengteprofielen worden met elkaar vergeleken, door het resultaat en dat van een vorig jaar in hetzelfde grafische weergave te tekenen. De verschillen geven inzicht in de bodemrijzing of bodemdaling van de rivier.

## Trendbreuk

- Introductie Multibeam loding
- Duidelijke trendbreuk

Vraag aan GAM

Wat is de oorzaak hiervan??  
Is data te corrigeren ???  
(Klantvraag?)



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Al vele jaren wordt de ligging van de rivierbodem gemeten en gepresenteerd in een lengte profiel van de rivier. Deze jaarlijks gemeten profielen worden met elkaar vergeleken. Door de toepassing van Multibeam is er een verschuiving van het gemeten profiel zichtbaar, de bodem ligt dieper dan alle voorgaande jaren.

De trendbreuk, die is ontstaan tussen data opgenomen met Multibeam en Singlebeam systemen, is niets anders dan het gevolg van verbetering en het toepassing van nieuwe sensoren, nodig voor het nauwkeuriger doorrekenen van bewegingsinvloeden en kleinere openingshoeken van transducers. Dit heeft gezorgd voor een toename van de meet nauwkeurigheid welke resulteert in een trendbreuk bij vergelijk van data.

## Onderzoek AGI

- Evolutie
- Trendbreuk door toepassing Multibeam
- Tijdperken van de ontwikkeling worden getypeerd door:
  - Lodingssyteem met radioplaatsbepaling en waterstand 1979 tot 1990.
  - Lodingssyteem met (d)GPS plaatsbepaling en waterstand 1990 tot 2000.
  - Lodingssysteem met RTK Plaatsbepaling zonder waterstand 2000 tot heden
- Vergelijken van data uit verschillende tijdperken

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Evolutie

Het loden heeft zich in de loop der jaren sterk ontwikkeld. Vroeger werd er met een roeiboot langs een afstandslijn gevaren en door middel van een hand peillood de diepte gemeten.

De afstandslijn is vervangen door afstandsmeters, later door radiografische plaatsbepaling- systemen.

De diepte wordt nu door enkelvoudige (Singlebeam) en meervoudige (Multibeam) echoloden gemeten.

In de manier van meten is veel veranderd zo ook de nauwkeurigheid is met sprongen verbeterd.

### Trendbreuk door toepassing Multibeam

De naamgeving van dit onderzoek suggereert ten onrechte dat er grote verschillen zijn in de nauwkeurigheid tussen Multibeam en Singlebeam. Beide systemen zijn afhankelijk van de toelevering van een positie. En het is vooral de positie die een factor 100 is verbeterd in de loop der jaren. Het meten van de diepte zelf is hoogstens een factor twee beter geworden. Het verschil tussen Multibeam en Singlebeam zit zoals gezegd niet in de nauwkeurigheid maar zoals de naam al aangeeft in het hebben van veel bundels die meer punten tegelijk van de bodem kunnen meten. We moeten niet zoeken in oude data naar verschillen in Multibeam en Singlebeam maar naar het soort plaatsbepaling (radioplaatsbepaling, dGPS, LRK).

Het is verkeerd om Multibeam en Singlebeam te gebruiken als type aanduiding voor een lodingsysteem uit het oogpunt van nauwkeurigheid omdat het verschil in beide heel klein is.

Uit gebruikers oogpunt zijn deze type aanduidingen te begrijpen omdat Multibeam dekkend de rivierbodem meet.

Nog een reden om deze type aanduidingen niet te gebruiken is dat in de meeste lodingsystemen naast Multibeam echolood ook een Singlebeam echolood opgenomen is.



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De trendbreuk die nu is ontstaan is dan ook geheel toe te schrijven aan een verhoging van de nauwkeurigheid van meten. We moeten dan ook blij zijn met deze trendbreuk immers alle energie die we in de ontwikkeling hebben gestoken hebben resultaat opgeleverd.

De trendbreuk is dan ook goed te verklaren, al is niet concreet door middel van een getalwaarde aan te geven wat het verschil in diepte is tussen twee metingen uitgevoerd met een systeem van heden en uit het verleden.

Om data met elkaar te vergelijken is het van belang vooraf te weten of de te verwachten nauwkeurigheid van dezelfde orde is.

Als we een verschilkaart of verschilgrid presenteren van twee lodingen die in tijd verschillen moeten we weten met welke nauwkeurigheid de data is opgenomen.

Het verschil in hoogteligging van het lengteprofiel van de rivierbodem is niet het gevolg van de toepassing van Multibeam diepte meetsensor maar van het meer complete en nauwkeuriger systemen (stand- en koers sensoren en rekenmethoden).

De grafische voorstelling (sheet 40) is een voorbeeld hoe de nauwkeurigheid van loden van vroeger tot heden zich heeft ontwikkeld.

De tijdperken van de ontwikkeling worden getypeerd door:

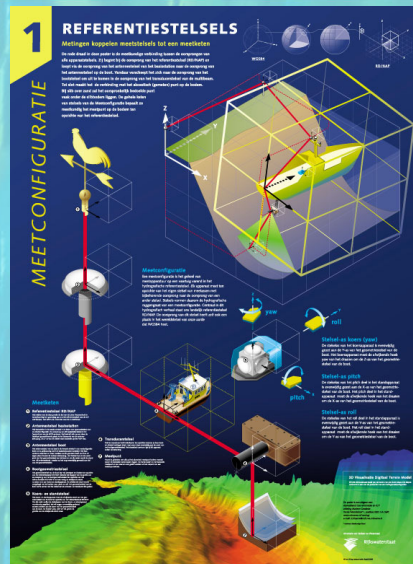
1. Lodingssysteem met radioplaatsbepaling en waterstand  
1979 tot 1990.
2. Lodingssysteem met (d)GPS plaatsbepaling en waterstand  
1990 tot 2000.
3. Lodingssysteem met RTK Plaatsbepaling zonder waterstand  
2000 tot heden

Voor het vergelijken van data uit de verschillende tijdperken hebben we dus inzicht nodig in de nauwkeurigheid van de loding. Er moet dus uitgezocht worden wat de veroorzakers zijn van fouten binnen een lodingssysteem. Immers deze foutenbronnen hebben invloed op de drie tijdperken, alleen zal in de evolutie fouten zijn



## Foutenbronnen

1. Plaatsbepaling
2. Referentievlak
3. Diepgang
4. Bundelhoek
5. Squat
6. Bootgeometrie
7. Heave
8. Geluidsmodel
9. Presentatie



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Foutenbronnen

Als we praten over verschillen in de ligging van de bodem is dit op te splitsen in een verschil in X,Y (positie) en een Z verschil. In dit rapport zijn alle fouten dus ook de verschillen in de X,Y (positie) vertaald naar een verschil in de Z (hoogte ligging van de bodem).

Immers als ten gevolge van een positiefout wordt bij een diepte een verkeerde positie gemeten hierdoor zal er een afwijking ontstaan in het diepteprofiel wat zich enkel laat zien als een fout in de diep.

De meest voorkomende foutenbronnen die een verschil kunnen veroorzaken in de hoogte ligging van de bodem van een rivier zijn:

1. Plaatsbepaling
2. Referentievlak
3. Diepgang
4. Bundelhoek
5. Squat
6. Bootgeometrie
7. Geluidsmodel
8. Presentatie

Al deze fouten hebben invloed op elke gemeten punt (gebiedje van 5meter tot 5 centimeter) van de rivierbodem. Door het completer en preciezer worden van de lodingsystemen zijn stapsgewijs de meest voorkomende foutenbronnen geëlimineerd.

Bij elke stap in de ontwikkeling van het lodingsysteem is min of meer een eigen trendbreuk te onderscheiden.

De trendbreuken behorend bij één van de drie tijdperken vertonen kleine verschillen, die samenhangen met het type vaartuig, een specifieke rivier etc.

## Uitleg foutenbronnen Plaatsbepaling

### 1970 tot 1990

- Artemis, Trident, Motorola etc, 1 tot 10 m voor X en Y.
- Bootgeometrie in kinderschoenen meten van afstanden.
- Geen doorrekening van roll, pitch, heave en squat.
- Z via waterstand

### 1990 tot 2000

- GPS en dGPS, 1 tot 3 m voor X en Y.

### 2000 tot heden

- Long Range Kinematische GPS, 0.1 tot 0.4 m voor X,Y en Z

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

## Plaatsbepaling

Tot ongeveer tien jaar geleden zijn de lodingen op de rivieren uitgevoerd met systemen bestaande uit radioplaatsbepaling echolood en computer hard en software. De gebruikte plaatsbepalingssystemen waren: Trident, Artemis, Motorola etc.

De toen gebruikte plaatsbepalingssystemen hadden een nauwkeurigheid die lag tussen de 1 en de 10 meter.

Bootgeometrie stond in de kinderschoenen en bestond uit het meten van wat afstanden met een meetband om dit te vertalen naar een bootgeometrie. Het meten en doorrekenen van roll, pitch en koers waren niet aan de orde. Voor het referentievlak werd gekozen voor het watervlak. De squat werd niet gemeten c.q. berekend.

Als we data uit dit tijdperk willen vergelijken met data van nu dan is dit eigenlijk appels met peren vergelijken. Immers de nauwkeurigheid van meten van nu staat niet in contrast met toen.

Verschillen in de ligging van de bodem tussen nu en toen kan wel oplopen tot 50 centimeter. Het vergelijken van deze data is dan ook niet aan te bevelen, vergelijk data alleen tussen tijdperk 1970 tot 1990 met 1990 tot 2000 en 1990 tot 2000 met 2000 tot heden (bijlage 1).

Door de komst van GPS en later dGPS is de nauwkeurigheid van loden sterk toegenomen. De nauwkeurigheid van dGPS liep op tot 1 a 3 meter.

Vooraf door de komst van Long Range Kinematische GPS werd de vraag naar nauwkeurigheid groter. De nauwkeurigheid van de plaatsbepaling X en Y liep op tot 0.1 tot 0.4 meter.

## Uitleg foutenbronnen Referenties

- Referentievlak
- Waterstandsmodel  
fouten van 15 tot 20 cm
- RTK gps  
fouten tot max 5 cm

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Waterstand als Z-referentie

Traditioneel zijn we gewend te werken met een XY positiesysteem en verkrijgen we de Z-waarden van de transducer via de stand van de waterspiegel ten opzichte van een referentievlak. (Middenstandsvlak, NAP). Dan hebben we behalve met de precisie van onze eerder genoemde peilschalen en waterstandsmodel ook te maken met het fenomeen diepgang, squat en heave. Zij veroorzaken een meestal aanzienlijk andere Z-ligging van het bootgeometriestelsel en dus ook van het nulpunt van het transducersysteem (stelsel) ten opzichte van de waterspiegel. Invloeden die een afwijking veroorzaken in het waterstandsmodel zijn:

- Opstuwing veroorzaakt door wind, drempels in de rivier etc.
- Hoge of lage afvoer rivier
- Scheepvaart
- Vernauwing in stroomprofiel

Al deze oorzaken zijn achteraf niet meer te achterhalen. Dus voor het vergelijken van data zit de fout ten gevolge van deze oorzaken in de data verweven. Hiervoor is dus ook niet meer te corrigeren.

Fouten die ontstaan in een berekend (waterstandsmodel) en werkelijke waterstand kan oplopen tot 15 a 20 centimeter.

### RTK - dGPS als Z-referentie

Werkend met het RTK-dGPS positiesysteem behoeven we met waterstand, squat en heave geen rekening te houden en zijn we dus de

## Uitleg foutenbronnen Waterstand als Z-referentie

- Invloeden die een afwijking veroorzaken in de Z-referentie (waterstandsmodel) zijn:
  - Opstuwing veroorzaakt door wind, zandbanken etc.
  - Hoge of lage afvoer riviermondingen
  - Vernauwing in stroomprofiel bij strekdammen en Scheepvaart
  - Langs en dwars verhang
  - Waterstand reductie

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Waterstand als Z-referentie

Traditioneel zijn we gewend te werken met een XY positiesysteem en verkrijgen we de Z-waarden van de transducer via de stand van de waterspiegel ten opzichte van een referentievlak (middenstandsvlak, NAP). Dan hebben we behalve met de precisie van onze eerder genoemde peilschalen en waterstandsmodel ook te maken met de fenomenen diepgang, squat en heave. Zij veroorzaken een meestal aanzienlijk wisselende diepte-ligging van het bootgeometriestelsel en dus ook van het nulpunt van het transducersysteem (stelsel) ten opzichte van de waterspiegel. Invloeden die een afwijking veroorzaken in de Z-referentie (waterstandsmodel) zijn:

Opstuwing veroorzaakt door wind, zandbanken etc.

Hoge of lage afvoer riviermondingen

Vernauwing in stroomprofiel bij strekdammen en pieren (H.v.Holland IJmuiden)

Scheepvaart

Langs en dwars verhang

Waterstand reductie

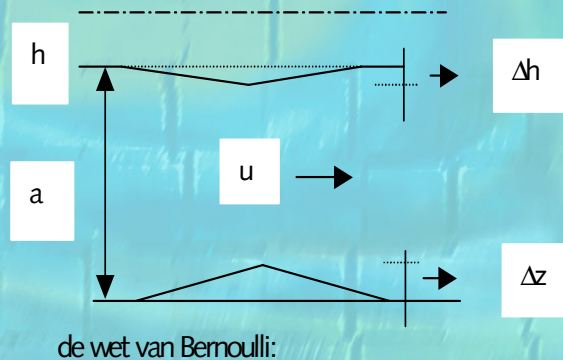
Eb en vloed

Al deze invloeden zijn van toepassing bij gebruik van waterstand als Z-referentie.

Ze veroorzaken aanzienlijke en meestal ook slecht te schatten fouten, die ook niet meer te reproduceren zijn. Het komt er op neer dat hier

## Uitleg foutenbronnen Waterstand

- Opstuwing door zandbanken
- Leeg zuigen van kribvakken door scheepvaart



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De wet van Bernoulli:  $\Delta z$  stelt een duin op de bodem voor en  $\Delta h$  de waterstandsval veroorzaakt door het duin. De waterdiepte  $a$  [m] en de stroomsnelheid  $u$  [m/s] spelen hierbij ook een rol. Als we uitgaan van een stroomsnelheid van 1 m/s en een waterdiepte van 4 m dan zal bij een duin van 1 meter hoogte een waterstandsval plaats vinden van ongeveer 3 centimeter.

Aanleg van kribben, drempels en verdiepen van de rivier etc. hebben invloed op het model. Als het model wat gebruikt wordt voor de berekening van de waterstand, denk hierbij aan RWSLOD (samenstellen) niet wordt aangepast kunnen er verschillen ontstaan in berekende en werkelijke waterstanden (referentievlak). Deze verschillen zullen lokaal zijn en vaak zal de invloed afhangen van de afvoer van de rivier.



## Waterstand als Z-referentie Scheepvaart (golven)

- Golven die op de rivier voorkomen
  - Wind gemiddelde amplitude 0.10 m
  - Scheepvaart gemiddelde amplitude 0.30 m
  - Overige ontstaan door stroming en verhang gemiddelde amplitude 0.20 m

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De invloed van de scheepvaart is vooral aanwezig in kribvakken, denk aan het leeg zuigen van het vak waardoor er een waterstands verlaging zal optreden. De extra golflslag die scheepvaart te weeg brengt heeft een negatief beeld op het gemeten profiel van de bodem.

Type golven welke op de rivieren voorkomen:

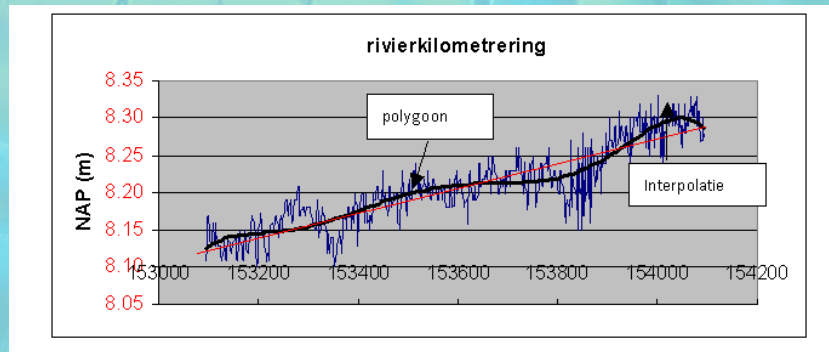
- Windgolven gemiddelde amplitude van 0.10 meter golflengte van 12.5 á 15 meter.
- Scheepvaartgolven amplitude van 0.30 meter, golflengte van 15 meter.
- Overige golven ontstaan door stroming en verhang amplitude van 0.20 meter, golflengte van 80 meter.

(Bron rapport: Nieuwe toepassingen van laseraltimetrie voor rivierbeheer).

Ook als er gebruik gemaakt is van een heave, golfcompensator, die bij benadering de invloed van de golven op het gemeten bodemprofiel gedeeltelijk kan compenseren, blijft er een fout bestaan.



## Waterstand als Z-referentie langs en dwarsverhang



langsverhang van een rivier  
Profiel wateroppervlakt gemeten met Laseraltemetrie

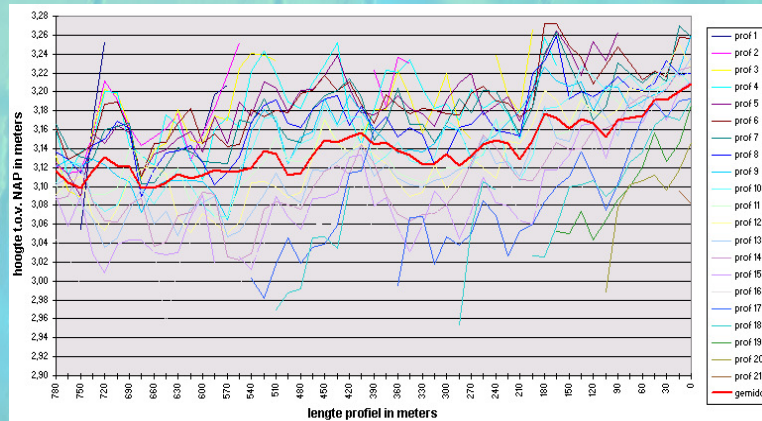
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Op de rivieren ontstaat door snelheidsverschillen een langs en dwars verhang. De waterstand in buitenbochten zal hoger staan dan de waterstand in binnenbochten. Omdat we er vanuit ga dat dit hoofdzakelijk komt door snelheidverschillen zal de verhoging van de waterstand ook afhangen van de diepte van de rivier en is dit dus niet rechtlijnig van oever naar oever. Het langsverhang heeft ook te maken met de eerder genoemde vernauwingen van het natte rivier profiel en de afvoer (snelheid) van de rivier. Voor de berekening van de waterstand wordt er meestal gebruik gemaakt van een rechtlijnige interpolatie tussen meerdere peilschalen. Binnen RWSLOD kan door middel van gewichten de invloed van een peilschaal op een bepaald gedeelte van de rivier nog worden aangegeven

De hierboven gepresenteerde grafiek toont een stuk van de waal tussen kilometer 924 en 925. Het betreft hier een gemeten Z waarde verkregen uit een RTK-dGPS meting vanaf een afvarend vaartuig. Duidelijk is te zien dat de werkelijke waterstand niet een mooie rechte lijn is maar kenmerken vertoont van een polygoon. Als tussen deze twee kilometreringen rechtlijnig zou worden geïnterpoleerd zouden er afwijkingen ontstaan. Zie ook de volgende sheet waarin het verschil tussen twee peilschalen, Zaltbommel en Sint Andries (Waal) is weergegeven. Hieruit blijkt ook dat de helling van de rivier niet als een vloeiende helling zich omlaag baant tussen bijvoorbeeld Sint Andries en Zaltbommel. Opgemerkt moet worden dat het gepresenteerde profiel een momentopname is en per rivierafvoer zal veranderen. Controle op het berekende en werkelijk aanwezige waterniveau is nauwelijks uitgevoerd.

De fouten tussen de berekende waterstand en de werkelijke waterstand kunnen oplopen tot circa 0.00 tot 0.15 meter, zowel positief als negatief.

## Waterstand als Z-referentie langs en dwarsverhang

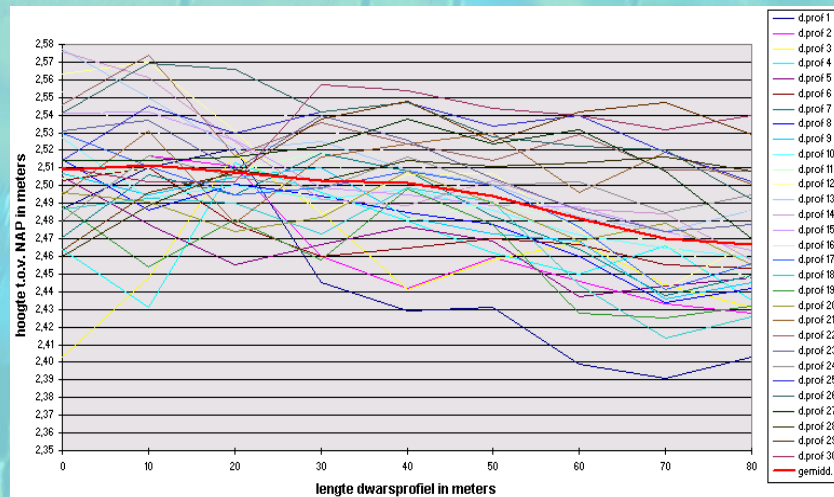


Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De profielen parallel aan de rivier-as over een lengte van bijna 800 meter. De onderlinge afstand tussen de profielen bedraagt 10 meter, met een profielresolutie van 15 meter. De stroomrichting is van rechts naar links.

Uit de figuur volgt dat de rode gemiddelde verhanglijn overeenkomt met de totale verhanglijn, namelijk ongeveer 0.08 meter over 800 meter. Een dwarsverhang is ook waarneembaar. De eerste profielen (linkeroever) liggen voornamelijk boven de gemiddelde verhanglijn en de laatste (rechteroever) profielen eronder. Dit stemt overeen met de riviervorm; bij rivierkilometer 920 is sprake van het laatste deel van een bocht, waarbij de rechteroever (corresponderend met profiel 21) de binnenbocht is. Een dwarsverhang van ongeveer 10 cm is op deze locatie waarneembaar, over een afstand van 150 meter. Opgemerkt moet worden dat het verhang afhankelijk is van de afvoer van de rivier

## Waterstand als Z-referentie langs en dwarsverhang



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

de dwarsprofielen gemeten bij de bocht van Rossum. De rode lijn is het gemiddelde dwarsverhang, ongeveer 0.04 meter over 80 meter. De slagafstand tussen de profielen is 10 meter.

## Waterstand als Z-referentie waterstand reductie

- Waterstand verkregen uit rechtlijnige interpolatie tussen peilschalen
- Via een model (liefst actueel) waterstand berekenen

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Het berekenen van de waterstand of dit nu rechtlijnig is of via een model het blijft altijd een benadering.

## Uitleg foutenbronnen LRK dGPS als Z-referentie

### RTK-dGPS

- X, Y positie +/- 10 cm
- Z +/- 5 cm
- Toepassen verschil tussen Geoïde en ellipsoïde hoogte

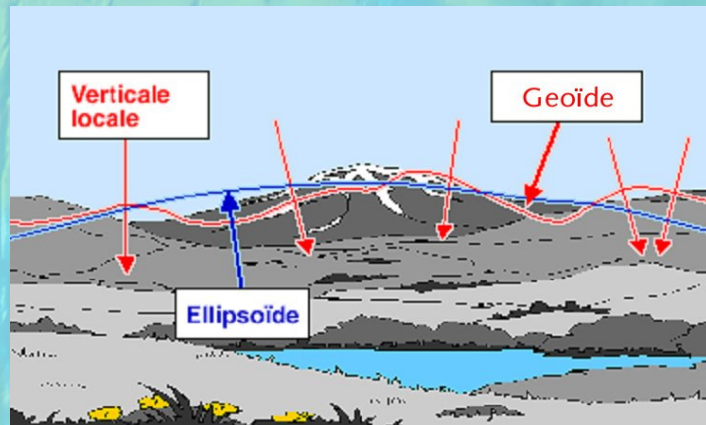
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Werkend met het RTK-dGPS positiesysteem behoeven we met waterstand, squat en heave geen rekening te houden en zijn we dus de invloed van een drietal vrij grote bronnen van onnauwkeurigheid kwijt.

Echter bij het gebruik van RTK-dGPS als Z-referentie is het noodzakelijk om voor een goede hoogte ten opzichte van NAP een correctie toe te passen om het locale verschil tussen Geoïde en ellipsoïde op te lossen.

Wordt dit vergeten dan kan er een fout in de Z ontstaan van 1 tot 4 cm per kilometer rivier.

## Geoïde-Ellipsoïde Verschil



Ellipsoïde van Bessel

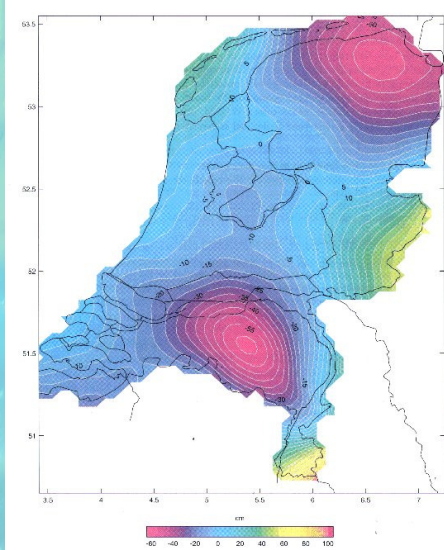
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Vraag bij het gebruik van coördinaten, die omgerekend zijn vanuit andere coördinatenstelsels altijd om de toegepaste datum- en transformatieparameters en vergelijk die met de parameters, die uw inwin- en verwerkingssoftware gebruikt.

Waar voorheen onnauwkeurigheden veroorzaakt door transformaties kleiner waren dan die van de positiesystemen is nu een geheel andere situatie met het kinematisch RTK-dGPSfasesysteem ontstaan. Vooral voor de Z zijn nauwkeurigheden van beter dan een centimeter in omrekeningen gewenst.



## Geoïde-Ellipsoïde Overzicht Z verschil



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

## Uitleg foutenbronnen Diepgang

- koppeling Z-referentie aan NAP/ middenstandsvlak
- de diepte van de transducer te meten en toe te passen.
- diepgang is een afwijking van het bootgeometriestelsel ten opzichte van de waterspiegel
- belading
- fout van 0 tot 5 cm

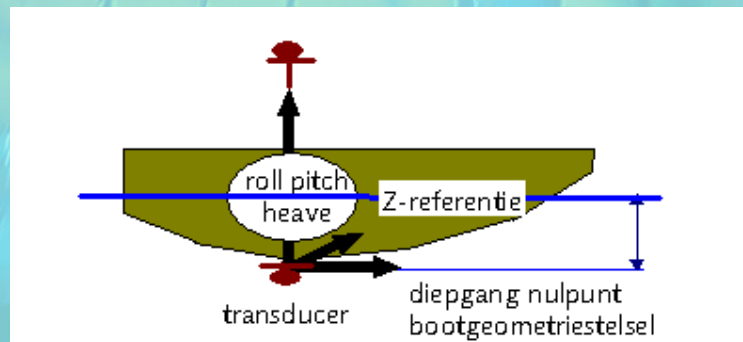
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Zolang de waterstand in gebruik is als een koppeling aan een Z-referentie (NAP/ middenstandsvlak) is het van belang om de diepte van de transducer te meten en toe te passen in de toegepaste lodingsoftware. De diepgang is een afwijking van het bootgeometriestelsel ten opzichte van de waterspiegel

De diepgang van een schip is afhankelijk van de belading, denk vooral aan brandstof en water.

Als altijd met dezelfde waarde wordt gelood kan de fout oplopen tot 5 centimeter, op een bootje van RWS van +/- 18 m lang.

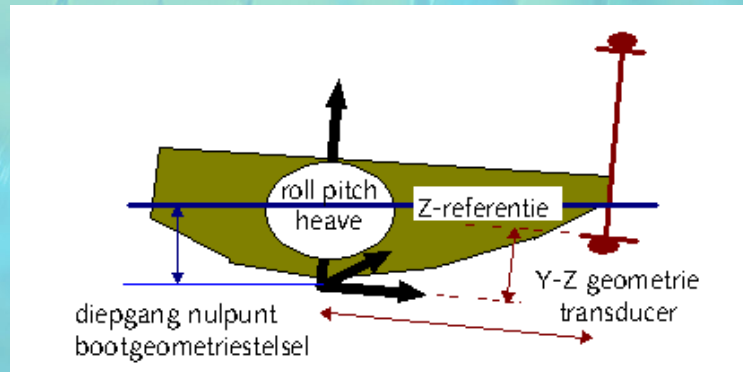
## Uitleg foutenbronnen Diepgang



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Traditioneel bevindt de transducer zich in midden van het scheepsvlak samen met de stand/ heavemeter en is tevens het nulpunt van het bootgeometriestelsel. Een situatie die geen vragen oproept, wel als praktisch de gehele multibeaminstallatie voor in de boeg is gemonteerd. Aan de hand van een drietal voorbeelden vindt een beschrijving van enkele aandachtspunten plaats.

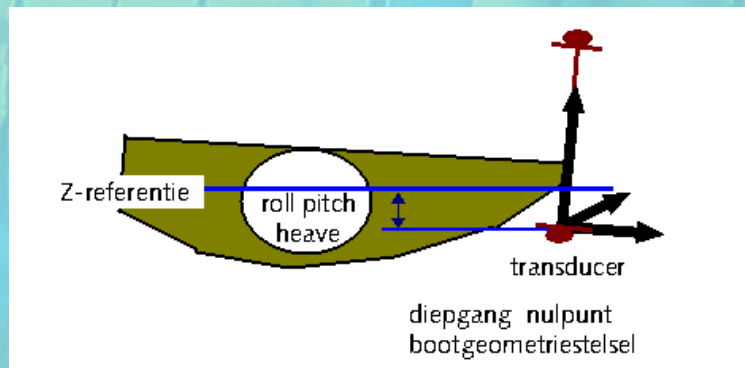
## Uitleg foutenbronnen Diepgang



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

In de figuur hierboven is de transducer verplaatst naar een boegmontage. Varianten hierop zijn een montage in het gangboord of de moonpool. De enige verandering is dat hier de transducer nauwkeurig in het bootgeometriestelsel moet worden bepaald opdat met de pitch vanuit het nulpunt de diepte ten opzichte van de Z-referentie kan worden bepaald. Meet ter controle ook rechtstreeks de diepgang bij de transducer en vergeet hierbij niet de pitch te betrekken.

## Uitleg foutenbronnen Diepgang



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

In deze boegmontage van transducer is het verschil met het vorige dat het nulpunt van het bootgeometriestelsel nu wel in de transducer ligt. De werkwijze in het meten van de diepgang van het bootgeometriestelsel kan dan zijn:

Neem de scheefstand van bootgeometriestelsel voor lief en accepteer dus een extra fout in de doorrekening van de antennen naar de transducerpositie. Of zet de mast vertikaal en meet gelijktijdig de diepgang naar het nulpunt en zorg dat de pitchaflezing van de hellingmeter (door te kalibreren) in deze situatie nul wordt.

## Uitleg foutenbronnen Bundelhoek

- Bundelhoek of openingshoek van een transducer
- Verschil in bundelhoek single en Multibeamsystemen Singlebeam openingshoek van:
  - 9.8 graden frequentie 33 kHz.
  - 2.7 graden frequentie 210 kHz.
  - 2.5 graden frequentie 700 KHZ.
- multibeamsystemen van 1.5 graden frequentie ligt tussen de 200 en 455 kHz.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Bundelhoek

De bundelhoek of ook wel openingshoek van een transducer genoemd, is een foutenbron welke ook heden ten dagen actueel is. Het verschil in nauwkeurigheid tussen single en Multibeamsystemen hangt voornamelijk af in het verschil in bundelhoek.

De Singlebeam transducers welke binnen de RWS worden gebruikt hebben een openingshoek van:

- 9.8 graden frequentie 210 kHz.
- 2.7 graden frequentie 210 kHz.
- 2.5 graden frequentie 700 KHZ.

De Multibeamsystemen gebruiken nagenoeg allemaal transducers met een bundelhoek van 0.5 tot 1.5 graden met een frequentie die ligt tussen de 200 en 455 kHz. Op de rivieren wordt de transducer met een openingshoek van 9.8 graden het meest toegepast. Zouden we deze data vergelijken met data opgenomen met een Multibeamstelsysteem (bundelhoek 1.5 graden) dan ontstaat er al een verschil in bodemligging van 20 centimeter bij een diepte van 6 meter. Dit verschil ontstaat doordat de voetprint van de twee transducers verschilt in diameter. Binnen de gehele voetprint wordt de kleinste diepte als waarde gemeten. Binnen de voetprint is geen onderscheid tussen bergen en dalen. De dalen verdwijnen en de gehele voetprint krijgt de diepte van de hoogste berg. Door dit fenomeen wordt de diepte ligging van de bodem ten alle tijden, in verhouding tot de toename van de bundelhoek, ondieper aangemeten.

De bodemstructuur is van invloed op het verschil in bodemligging. Als het vlak, is zal er geen verschil ontstaan, duinen, bestorting en hellingen zijn van invloed op de diepte ligging van de bodem.

Je mag stellen dat als we een Singlebeamsysteem vergelijken met een Multibeamstelsysteem beiden met een transducer met een openingshoek van 1.5 graden er geen verschil in bodemligging zal ontstaan.



## Uitleg foutenbronnen Squat



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Squat

Squat speelt een behoorlijke nauwkeurigheid verminderende rol als de waterspiegel onderdeel is van de Z-referentie. Squat is te beschouwen als een afwijking op de ligging van het bootgeometriestelsel-nulpunt ten opzichte van de waterspiegel.

Het vaartuig vertoont inzinking onder invloed van de scheepsvorm, de snelheid door het water en de waterdiepte. Dit verschijnsel heet squat. Voor het loden, met de waterstand als hoogterefereentie geldt squat als een grote foutenbron, vooral op ondiepten. Om de squat binnen beheersbare grenzen te houden is het nodig de snelheid door het water volgens de voorschriften aan te passen aan de diepte onder het vaartuig. Voor de automatische verwerking is (geïmplementeerd in Rwslod) een squat-algoritme ontwikkeld op basis van snelheid door en diepte van het water. met behulp van een toerentalmeter op de schroef of een elektromagnetisch log wordt de snelheid gemeten, waarmee squat berekend en gecorrigeerd wordt.. Echter het squat-algoritme in RWSLOD is nagenoeg niet toegepast door de Meetdiensten waardoor in de ingewonnen data een diepte fout ten gevolge van squat aanwezig is.

## Uitleg foutenbronnen Squat

- Inzinken schip door vaarsnelheid
- Afwijking op de ligging van het bootgeometriestelsel-nulpunt ten opzichte van de waterspiegel
- Squat voor de meeste vaartuigen van Rijkswaterstaat ligt tussen de 5 cm tot 35 cm.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Het squatsysteem op basis van toeren of een elektromagnetisch log is in staat de squatfouten met 50% tot 75% te reduceren. De squat voor de meeste vaartuigen van Rijkswaterstaat ligt tussen de 5 cm tot 35 cm.

Voor het corrigeren van data achteraf op squat is zeer complex. Een mogelijkheid is om per schip en per diepte reeks een gemiddelde squat te bepalen en deze toe te passen op de data.

Voor schepen die op de rivieren loden is het aan te bevelen een standaard waarde van 10 centimeter voor squat (als deze niet wordt gemeten) te corrigeren op de ingewonnen diepte.

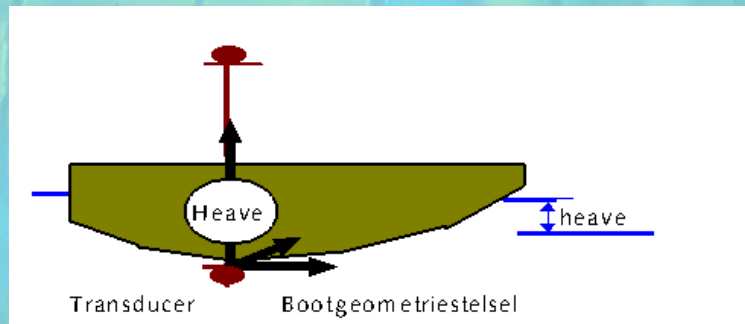
## Uitleg foutenbronnen Bootgeometrie

- Koppeling sensoren
- Oplijnen sensoren aan y-as
- Noodzakelijk geworden door de meetnauwkeurigheid plaatsbepaling
- fouten 0 tot 5 cm X,Y en Z

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Door de toename van de meetnauwkeurigheid van plaatsbepalingsensoren (plaats, stand en koers). Hierdoor is de noodzaak om een juiste koppeling van sensoren te krijgen een must. Door een fout / afwijking in de bootgeometrie geeft een niet meer te corrigeren fout in positie.

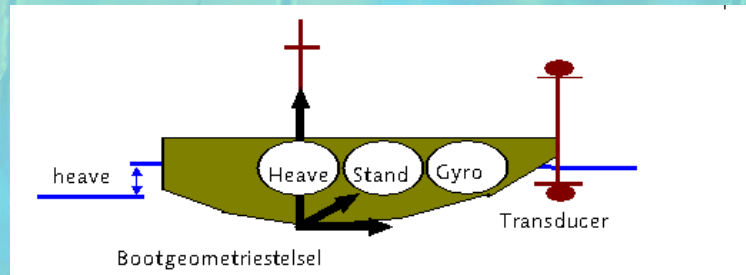
## Uitleg foutenbronnen Heave



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Heave geeft de afwijking weer van het bootgeometriestelsel ten opzichte van de gemiddelde waterspiegel. De plaats waar het heavesysteem de beste prestaties levert is het punt waarom het vaartuig zijn draaibewegingen maakt zoals hier links is afgebeeld. In de meeste gevallen bevindt zich hier ook de akoestische transducer.

## Uitleg foutenbronnen Heave



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

In de opstelsituatie van de tweede figuur met de transducer in de kop is een heavesysteem met standopnemer en koersgyro vereist.

## Uitleg foutenbronnen Geluidsmode

- Zout
- Temperatuur
- Saliniteit

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Geluidsmode

Het toepassen van het juiste geluidsmode (bepaling van de geluidssnelheid door het water) is voor Multibeam en Singlebeam systemen even belangrijk. Op de rivieren zullen diepte verschillen optreden door:

- invloed van zout / zoet tong (monding van rivieren of lozingen op de rivier).
- Grote diepte verschillen door zand of grindwinning waardoor een verandering van temperatuur in de verticaal zal ontstaan welke een invloed heeft op de geluidssnelheid.

Uit praktijk ervaring is gebleken dat Multibeam systemen last hebben van zout / zoet tongen en niet in staat zijn door een zout / zoet tong heen te meten. Bij lodingen in gebieden met grote diepte verschillen, vaak ontstaan door zand en of grind winning, is het van belang om de geluidssnelheid over de gehele verticaal te meten en deze per diepte reeks toe te passen. Wordt dit niet gedaan dan ontstaan er fouten van enkele tien tellen centimeters.

Voorbeeld: diepte is 30 meter toeren verschil is 30 meter per seconde geeft een fout van 40 centimeter. Deze fouten zijn achteraf niet te corrigeren en zullen in de data blijven zitten.



## Uitleg foutenbronnen Presentatie

- Singlebeam idealiseren naar theoretische raai
- Multibeam vergridden
- Fouten van 0 tot 10 cm

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Presentatie

De manier van data verwerking tussen Multibeam en Singlebeam is verschillend. Bij Singlebeam trachten we zoveel mogelijk de data te idealiseren naar de theoretische raai. Bij Multibeam wordt de data vergrid waarna elk gewenst profiel gepresenteerd kan worden.

Voor de bepaling van het lengteprofiel van de rivier heeft de verwerking c.q. presentatie van Multibeam en Singlebeam geen invloed op de bodemligging. Kijken we naar individuele profielen (dwarsraaien) dan zullen er verschillen te zien zijn ten gevolge van interpolatie van data en idealiseren van data naar de theoretische raai. Deze verschillen kunnen oplopen tot 10 centimeter afhankelijk van bodemstructuur.

## Uitleg foutenbronnen Overzicht fouten

Overzicht veroorzakers van Z fouten

Toegepaste techniek	Omgeving / natuur	Multibeam	Singlebeam
Bundelhoek	Op horizontale bodem + kleine structuur	1 a 2	2 tot 4
Bundelhoek	Op horizontale bodem + grove structuur	2 tot 4	10 tot 20
Bundelhoek	Helling	1 tot 4	2 tot 6
Plaatsbepaling	Invloed van de plaatsfout op Z varend op een helling.	1 a 2	0 tot 10
Heave	invloed van golven	0	0 tot 20
Squat	Vaart in water (schip afhankelijk)	0	0 tot 15
Inzinking	Invloed van de aanwezige ballast op schip	0 tot 5	0 tot 5
RTK	Gebruik van RTK voor Z referentie	0 tot 3	n.v.t.
RTK	Gebruik van RTK voor Z referentie invloed de Min geoide (locatie afhankelijk)	1 a 2 cm/km	n.v.t.
Waterstand	Model	n.v.t.	2 tot 3
Waterstand	Storende invloeden zoals opstuwning	n.v.t.	15 tot 20
Presentatie	grid / ideale raai	2 a 3	5 tot 7
Presentatie negeren acceptabele	Overlap nodig voor acceptabele nauwkeurigheid buitenste bundels	10 tot 20	n.v.t.

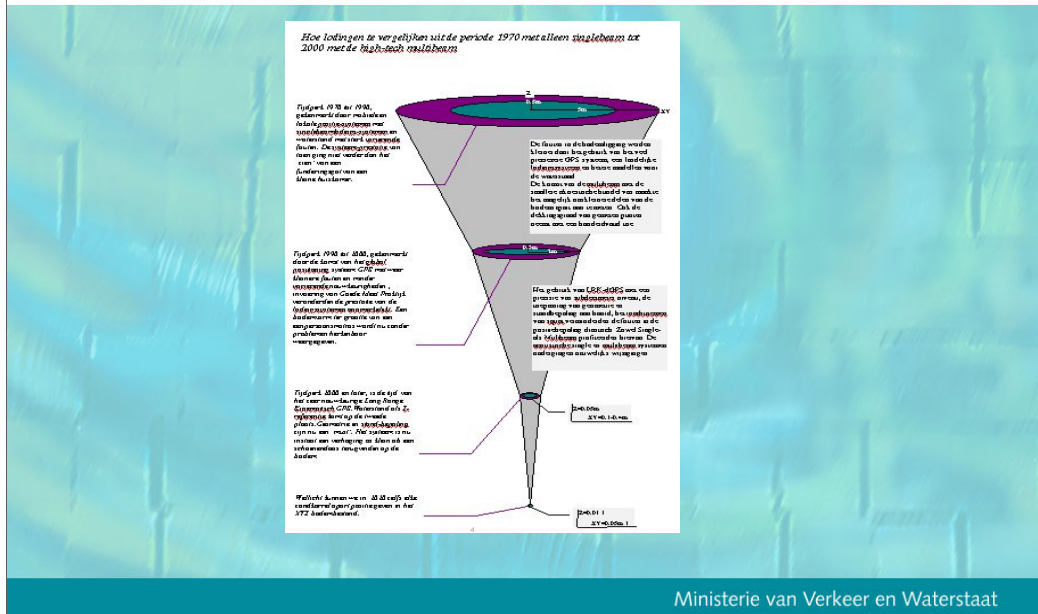
Alle waarden in centimeters

Overzicht van fouten (in Z) die aanwezig kunnen zijn in een Multibeamstelsysteem met RTK en een Singlebeamstelsysteem met dGPS en Waterstand als Z referentie

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De in de tabel gepresenteerde waarden zijn minimale en maximale waarden die in de praktijk zijn waargenomen.

# Grafische voorstelling evolutie lodingen



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

## Evolutie

Het loden heeft zich in de loop der jaren sterk ontwikkeld. Vroeger werd er met een roeiboot langs een afstandslijn gevaren en door middel van een hand peillood de diepte gemeten.

De afstandslijn is vervangen door afstandsmeters, later door radiografische plaatsbepaling- systemen.

De diepte wordt nu door enkelvoudige (Singlebeam) en meervoudige (Multibeam) echoloden gemeten.

In de manier van meten is veel veranderd zo ook de nauwkeurigheid is met sprongen verbeterd.

De tijdperken van de ontwikkeling worden getypeerd door:

1. Lodingssysteem met radioplaatsbepaling en waterstand 1979 tot 1990.
2. Lodingssysteem met (d)GPS plaatsbepaling en waterstand 1990 tot 2000.
3. Lodingssysteem met RTK Plaatsbepaling zonder waterstand 2000 tot heden

## Conclusie

- Trendbreuk
- Ontstaan door verbetering en toepassing nieuwe sensoren
- De Squat, Bundelhoek en de Diepgang zorgen voor een bodemprofiel dat ondieper ligt dan een profiel opgenomen met een Single of Multibeam systeem, waarvan de Bundelhoek klein is en de Squat en diepgang bekend is.
- Dus toename meetnauwkeurigheid geeft trendbreuk (bodem daling).

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Trendbreuk

De trendbreuk die is ontstaan tussen data opgenomen met Multibeam en Singlebeam systemen is niets anders dan het gevolg van verbetering en het toepassing van nieuwe sensoren, nodig voor het nauwkeuriger doorrekenen van bewegingsinvloeden en kleinere openingshoeken van transducers. Dit heeft gezorgd voor een toename van de meet nauwkeurigheid welke resulteert in een trendbreuk bij vergelijk van data.

### Fouten in de oude en nieuwe lodingsystemen

Alle genoemde foutenbronnen hebben invloed op de nauwkeurigheid van elk lodingsstelsel, of dit nu Single of Multibeam is.

In het tijdperk getypeerd door radioplaatsbepaling waren alle fouten aanwezig. In het tijdperk dGPS was dit echter ook alleen door een verbetering van de positie was het mogelijk een betere Z bepaling uit te voeren op taluds. Het lodingsstelsel van nu voldoet volledig aan onze kwaliteitseisen en fouten die nu optreden ontstaan door menselijke slordigheden.

### Corrigeren van oude data

Het is van belang als we lodingdata willen vergelijken vooraf vast te stellen wat de te verwachten nauwkeurigheid is. Dit is voor nieuwe data eenvoudiger dan voor oude data. Bij oude data is de grootte van fouten niet of nauwelijks te schatten, denk aan squat, waterstand, diepgang etc. Om data te kunnen vergelijken zou men kunnen kiezen door standaard de diepte ligging te corrigeren met een bepaalde waarde.

Een andere mogelijkheid is om bijvoorbeeld per riviervak of rivierkaart een lijst in te vullen met daarop alle geschatte waarden van elke foutenbron. Door al deze waarden op te tellen krijg je een correctiewaarde per kaart c.q. riviervak. Hoe je het wend of keert het blijft een steeds een schatting

### De grootste veroorzakers van de trendbreuk zijn:

Squat  
Bundelhoek

## Conclusie Corrigeren data

- standaard 25 cm (dieper) corrigeren restfout = 25 cm
- fouten schatten of achterhalen restfout 5 tot 10 cm
- **Oude data vergelijken met nieuwe blijft appels met peren vergelijken.**

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### **Aanbeveling voor het corrigeren van data:**

De eenvoudigste manier is om standaard de diepte 25 centimeter(dieper) te corrigeren als vaste fout, met als resultaat een variabele restfout van 15 centimeter.

Beter maar tijdrovender is om te trachten alle fouten te schatten c.q. te achterhalen en toe te passen als correctie op de data, met als resultaat een variabele restfout van 5 tot 10 centimeter.

Opgemerkt moet worden dat deze waarden aan de optimistische kant zijn.

De variabele restfout bestaat voornamelijk uit fouten die een positief dan wel een negatieve invloed hebben op de hoogte ligging van de bodem. Hiervoor is de data niet te corrigeren.

Als suggestie om de correctie te bepalen is een tabel met foutenbronnen met hun geschatte waarde per lodingsysteem aan te maken.

## Conclusie wel / niet te corrigeren

Overzicht fouten wel / niet te corrigeren

Toegepaste techniek	Omgeving / natuur	wel te corrigeren	niet te corrigeren
Bundelhoek	Op horizontale bodem + kleine structuur		*
Bundelhoek	Op horizontale bodem + grove structuur		*
Bundelhoek	Helling		*
Plaatsbepaling	Invloed van de plaatsfout op Z varend op een helling		*
Heave	invloed van golven		*
Squat	Vaart in water (schip afhankelijk)	*	
Inzinking	Invloed van de aanwezige ballast op schip		*
RTK	Gebruik van RTK voor Z referentie	*	
RTK	Gebruik van RTK voor Z referentie invloed de Min geoid (locatie afhankelijk)	*	
Waterstand	Model	*	
Waterstand	Storende invloeden zoals opstuwing		*



## Bootgeometrie

### Waaruit bestaat bootgeometrie

- Koppeling sensoren
- bandmaten
- tachymeter
- oplijnen sensoren aan y-as

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Bootgeometrie

In het verleden werd de koppeling van sensoren ingemeten met wat bandmaten. Tegenwoordig worden alle sensoren doormiddel van een tachymeter drie dimensionaal ingemeten. Op een schip wordt een "lokaal" stelsel gecreëerd, zodat van elk punt op het schip een X,Y,Z bekend is.

Voor een goede doorrekening van antenne naar bodem is een goede bootgeometrie een vereiste.

Door de introductie van Multibeam systemen is de noodzaak van een goede doorrekening van antenne positie naar een punt op de bodem toegenomen. Er worden veel meer eisen aan het totale systeem gesteld dan bij een Singlebeam systeem.

Het gebruik van standopnemers, gyro's , RTK plaatsbepaling (Z referentie) waren nodig voor een goede doorrekening.

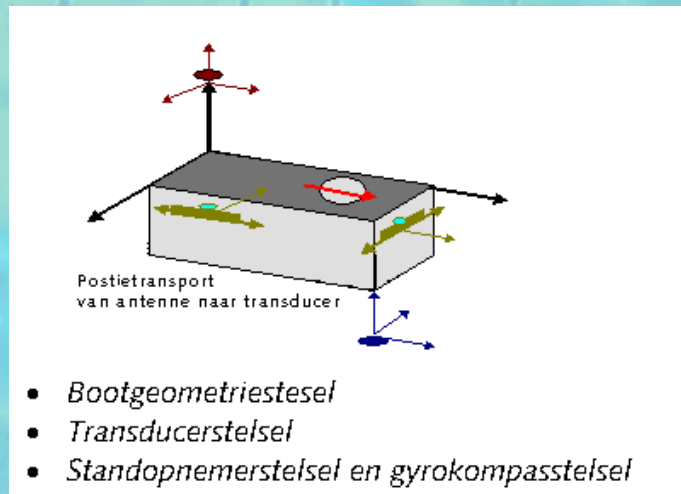
Tot de bootgeometrie behoort ook het oplijnen van deze sensoren welke zelf ook een X,Y,Z as hebben aan het boot stelsel, meestal de Y-as van de bootgeometrie.

Het is van belang om, meestal de Y-as van sensoren op te lijnen aan de Y-as van het bootstelsel. Doen we dit niet dan zal, als we bijvoorbeeld een hellingsensor nemen een stuk van de roll verdwijnen in de pitch en omgekeerd. Na doorrekening ontstaat hierdoor een fout in X,Y,Z van



In het 'droge' vaarttuigdeel wordt nader ingegaan op handelingen die betrekking hebben op de bootgeometrie, het gyrokompas, de betreffende delayeffecten en de software-instellingen.

## Bootgeometrie stelsels



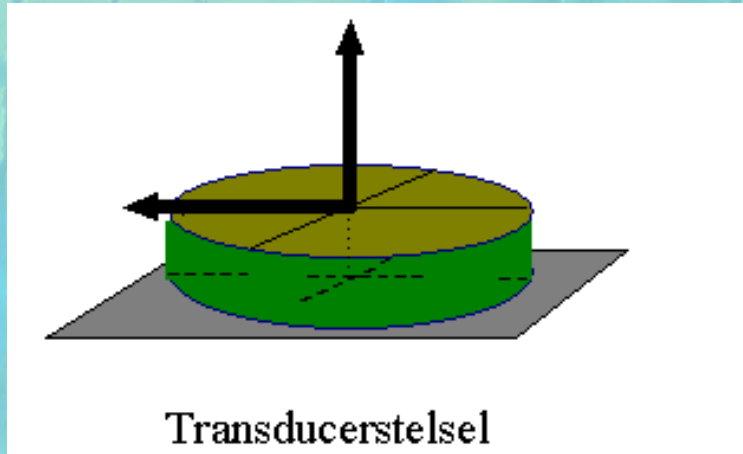
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Om aan boord van een vaartuig (platform) posities met behoud van de nauwkeurigheid te kunnen doorrekenen van antenne naar transducer zijn positie en standgegevens nodig van de meetstelsels van de sensoren. Het soort kennis en ervaring benodigd voor deze activiteiten vertoont vele landmeetkundige kenmerken.

### *Bootgeometrie stelsel*

Een bootgeometriestelsel is een lokaal drie-assig coördinatenstelsel op het zich vrij verplaatsend en roterend vaartuig, bedoeld om de onderlinge samenhang van diepgangskennmerken, standkennmerken en sensoren als heave, roll & pitch, transducer, antennes vast te leggen.

De huidige nauwkeurige dGPS-positiesystemen met twee sigma precisiewaarden van 1m tot 0.05m maken het noodzakelijk de X,Y,Z antenne positie nauwkeurig door te rekenen naar de X,Y,Z positie van de akoestische transducer. Maar ook de geometrische positie van de heave, roll & pitch sensor is belangrijk voor de doorrekening van de heave naar de plaats van de transducer.



Van belang zijn daarbij de volgende activiteiten:

- a) Inmeten antenne van het positiesysteem. Bedenk dat het Z-nulpunt per type aanzienlijk kan verschillen.
- b) Inmeten van standopnemer met heave. Daarbij is het belangrijk te weten op welke wijze (wel/niet) de doorrekening van de heave plaats heeft. Vooral als de positie van de heave niet dezelfde is als die van de akoestische transducer.
- c) Inmeten van het fysieke nulpunt van de transducer. Soms kan het nodig zijn een ander punt dan de fysieke onderkant van de transducer te bepalen. Bijvoorbeeld in het geval het vertrekpunt van de akoestische signalen binnen of buiten de transducer ligt en de software van het lodingssysteem geen mogelijkheid kent voor een nulpuntscorrectie. Of let bijvoorbeeld op het hebben van een aparte zend- en ontvangstransducer.

Deze vaartuig activiteiten spelen zich meestal heel 'droog' op een werf af evenals de montage van de transducer zelf of het maken van een frame voor het plaatsen en herplaatsen van een transducer.

## Bootgeometrie bandmaten

- Bandmaten
- Niet meer van deze tijd
- Alleen te gebruiken voor controle bestaande bootgeometrie

## Bootgeometrie Tachymeter

- Huidige methode inmeten schip
- Definieren X, Y en Z as
- Op de wal inmeten met tachymeter
- Op kantoor berekening MOVE3D

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Achtergrond.

In het verleden werd op een meetvaartuig aan de excentriciteit tussen de plaatsbepalingssensor (voor de horizontale ligging) en andere meetsensoren (b.v. voor de diepte) weinig of geen aandacht geschonken.

Met de komst van nauwkeurige LRK plaatsbepalingssystemen, in combinatie met roll-, pitch-, heave- en koerssensoren, is het nu wel noodzakelijk om de excentriciteit of offsets tussen de diverse sensoren nauwkeurig te bepalen en toe te passen in de berekening. De gemeten positie (x,y) en diepte (z) moeten bij voorbeeld op hetzelfde punt betrekking hebben.

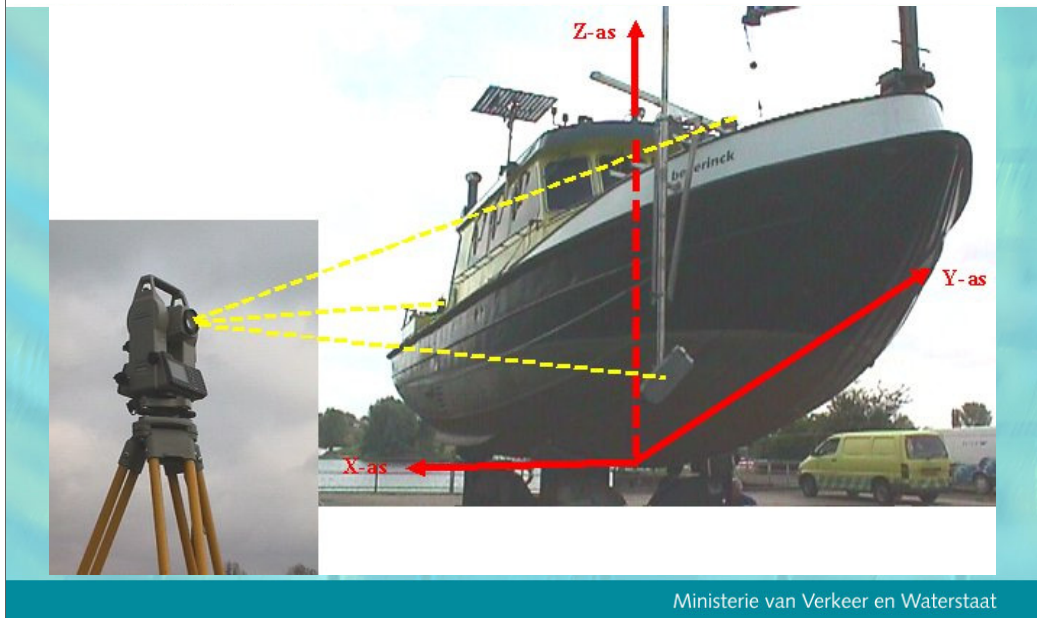
De samenhang tussen de sensoren en de andere markante punten wordt in een lokaal coördinatenstelsel (X,Y,Z) uitgedrukt, wat de 'bootgeometrie' van het meetvaartuig vormt .

De oorsprong en de richting van de coördinaat assen zijn logische keuzen en sluiten aan op geformuleerde definities van de opnemingssoftware

Door de toegenomen precisie van allerlei meetsensoren en in het kader van RWS brede voorschriften, in de vorm van RWSV's, is een aantoonbare kwaliteit van de metingen een basisgegeven of vereiste geworden.



## Bootgeometrie Tachymeter



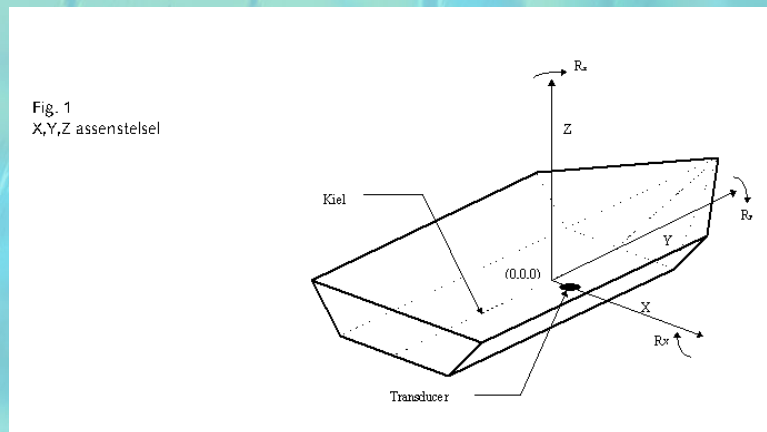
### Metten van de bootgeometrie.

Voor het meten van de bootgeometrie is het ideaal dat de boot met voldoende ruimte rondom, vast en waterpas op de wal ligt.. De diverse meetmethoden worden verderop in het hoofdstuk 'Meetomstandigheden' beschreven.

De inmeting van de gevraagde geometrie punten wordt met een tachymeter uitgevoerd, waarbij de horizontale en verticale hoek met de schuine afstand van elk benodigd punt in 3D wordt bepaald. Opsomming van mogelijke meetpunten:

- transducers singlebeam echolood
- transducer centrum multibeam echolood
- ADCP transducer (stroomgegevens)
- druksensoren
- bovenkant ijkplaat, ingetrokken
- boven- en onderkant standpijp (voor het meten van de diepgang door de pijp)
- roerkoning onder BB & SB
- roerkoning boven BB & SB
- enkele punten midden kielbalk, over de totale lengte, met name ook het vlakke deel
- hart bolders voor, midden en achter: in paren BB & SB, indien mogelijk hart bolder markeren met centerpunt.
- geus midden voor, steun vlaggenmast achter (voor uitlijnen gyrokompas)
- onder- en bovenkant beun
- gemarkeerde punten BB/SB t.h.v. de transducer echolood, t.b.v. de te gebruiken ijkbalk
- diepgangsmerken
- dieptemerken voor en achter: BB/SB of midden
- Plimsoll merken

## Bootgeometrie X, Y, Z stelsel



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### X, Y en Z stelsel

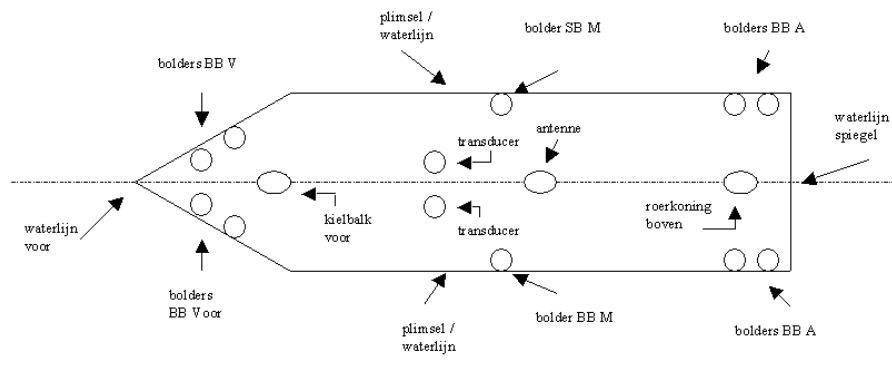
De RWSLOD definities voor een lokaal coördinatenstelsel zijn (zie fig. 1):

X	naar stuurboord	
	loodrecht op de hartlijn en parallel aan het watervlak	
Y	naar de boeg	parallel aan
	hartlijn en waterlijnvlak	
Z	naar boven	
	loodrecht op het waterlijnvlak	

In dit lokale bootstelsel worden ook de roll-, pitch-, heave- en koerssensor uitgelijnd en gekalibreerd.

## Bootgeometrie Meetpunten

Bovenaanzicht in te meten scheepspunten: figuur 2



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Het inmeten met de tachymeter.

Voor de geometrie metingen is enkele jaren geleden een [Sokkia Powerset 4000] tachymeter aangeschaft. Dit type tachymeter meet de hoeken door de vizierlijn van de kijker (geen parallax) en kan op speciale meetmerken (reflecterende tape) meten.

Dit type tachymeter heeft de mogelijkheid op de meetgegevens op een pcmcia kaart op te slaan, die alleen via een aparte kaartlezer en Sokkia software is uit te lezen. Het opslaan van de meetgegevens op kaart verdient de voorkeur, omdat daarmee eventuele schrijffouten worden voorkomen.

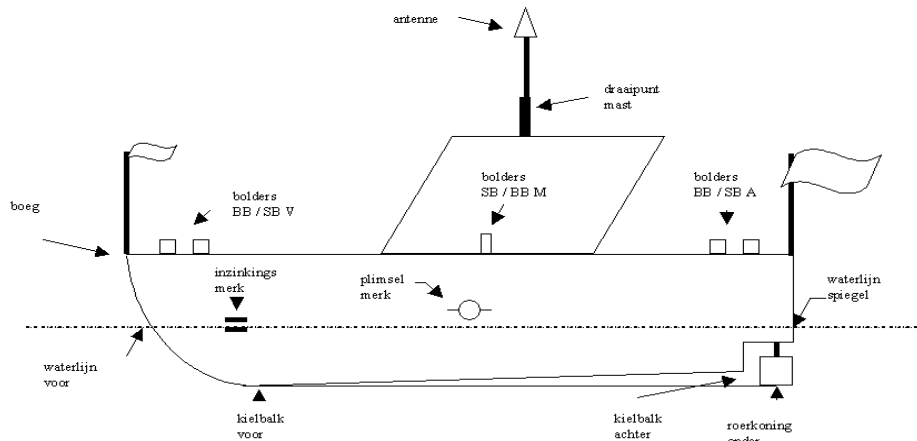
Bij normale metingen op de wal wordt altijd gemeten met de compensator en de collimatatie corrector ingeschakeld (aan). Binnen bepaalde grenzen wordt dan de scheefstand van het instrument gecompenseerd. Voor metingen, waarbij de tachymeter op een 'bewegend object' staat, zoals in dokken en op schepen te water, moet de compensator en collimatatie corrector uitgeschakeld (uit) zijn. Voor elke meting moet de tachymeter altijd worden 'geconfigureerd' aan de hand van allerlei standaard instellingen, zoals de prisma constante van het richtpunt, de schuine afstand etc.

Zenith oculair.

Vooraf bij het meten op korte afstand moet vrij steil gericht worden. Denk aan het richten vanuit een standplaats naast het meetvaartuig naar een GPS-antenne in de mast. Hiervoor is een zenith oculair aanwezig, welke op het oculair van de tachymeter wordt geplaatst.

## Bootgeometrie Meetpunten

Zijaanzicht in te meten scheepspunten



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Meetprocedure met de tachymeter.

Vooraf wordt rondom het vaartuig een verkenning gedaan en de plaatsen bekeken waar de tachymeter kan worden opgesteld. Overwegingen hierbij zijn:

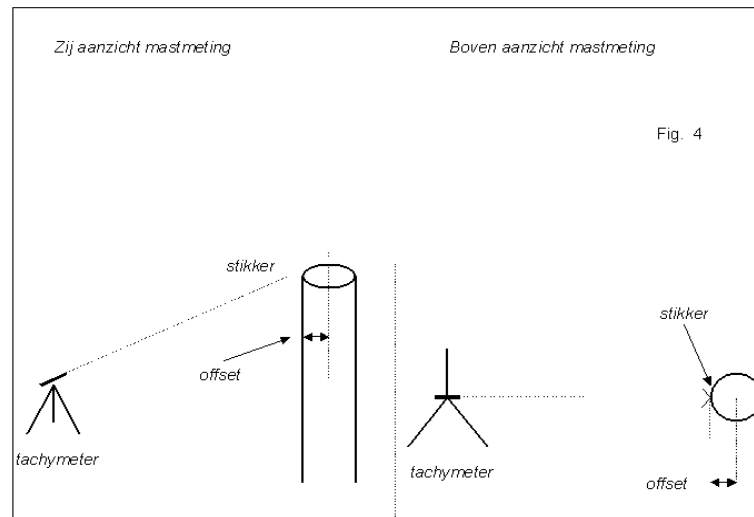
- zoveel mogelijk "noodzakelijke" in te meten punten uit een standplaats meten
- voldoende aansluitpunten voor de andere standplaatsen zichtbaar, minimaal 3 of 4
- de standplaatsen moeten onderling zichtbaar en te meten zijn
- alle belangrijke punten moeten minimaal 2 keer gemeten worden.

Uit deze verkenning volgt het aantal standplaatsen en de extra aansluitpunten (hulppunten), die nodig zijn voor een verantwoorde meting.

Voor de geometrie metingen zijn er speciale meetmerken beschikbaar, die vooraf met magneten op de meetpunten kunnen worden geplaatst.:

- meetmerk TK2 bestaat uit een half cirkelkruis en wordt met het middelpunt van de cirkel (nulpunt) horizontaal of verticaal op het meetpunt geplaatst (offset nulpunt is 0.00 m)
- meetmerk RS50N kan zowel horizontaal als verticaal 360° draaien en wordt met een magneet verticaal boven of onder het meetpunt geplaatst (offset nulpunt is 0.09 m).
- reflecterende sticker met prisma constante van 0 mm:  
deze sticker is voorzien van een cirkelkruis en kan rechtstreeks op de bovenkant mast, antenne etc worden geplakt. Ook kan de sticker met behulp van plakband midden onder aan een transducer geplakt worden.

## Bootgeometrie Aanmeetpunten

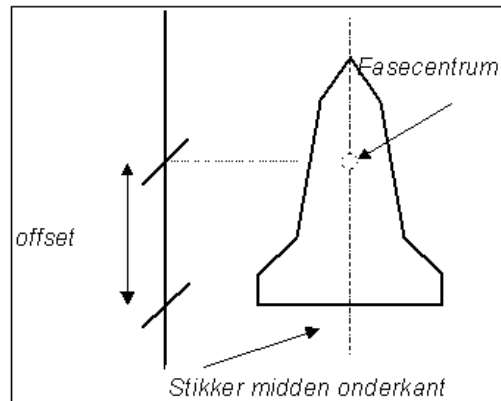


Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Aandachtspunten:

- op bolders wordt bij voorkeur een centerpunt geslagen, zodat bij metingen uit meerdere stand-  
plaatsen altijd hetzelfde punt wordt gemeten
- veel nieuwe boten hebben een aluminium bovenbouw en roestvrij stalen bolders; ook nu kunnen de meetmerken met magneet gebruikt worden, maar door de wind kunnen meetmerken verschuiven
- het gebruik van een meetmerk RS50N op een vaartuig, met een grote langs- of dwarshelling, kan tot een meetfout leiden: het RS50N meetmerk staat loodrecht op het vaartuig en niet loodrecht op de geoïde; door de scheefstand komen de gemeten richtingen naar het nulpunt van het merk niet overeen met die van het te meten punt.  
oplossing: meetmerk RS50N in zo'n situatie niet toepassen of nadat de langs- of dwarshelling is verwijderd dan pas voor 0.09 m corrigeren (vertikale offset).
- de meetmerken altijd goed in de richting van de tachymeter plaatsen: haaks erop, voor een correcte afstandmeting
- op het meetformulier (bijlage 3) per meetpunt altijd alle offsets t.o.v. het te meten punt noteren:
  - a. de horizontale afstandcorrectie van de prisma of bij een stikker b.v. de halve mastdiameter
  - b. de verticale offset als niet direct op het meetpunt wordt gemeten b.v. met een RS50N merk
  - c. maak detail tekeningen ter verduidelijking
- voorkom het meten van een excentrische horizontale richting t.o.v. een meetpunt, omdat deze niet of moeilijk (en alleen achteraf) te corrigeren is

## Bootgeometrie Facecentrum gps antenne



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Antenne offset.

Het fasecentrum van elke antenne wordt door de fabrikant opgegeven ten opzichte van fysieke punten, meestal t.o.v. de onderkant.

In sommige gevallen kan direct midden onderkant van de antenne van een stikker worden voorzien en ingemeten worden. In dit geval wordt de Z-coördinaat van het fasecentrum berekend door de offset bij de Z-coördinaat van de onderkant antenne op te tellen.

In veel gevallen moet de stikker op de rand van de onderkant antenne worden aangebracht.

De stikker moet dan in de lijn van tachymeter naar hart antenne worden aangebracht en de horizontale offset tot hart antenne met een rolmaatje worden gemeten. Als op deze manier het hart van de gps-antenne uit meerdere standplaatsen wordt gemeten, heeft dit betrekking op hetzelfde fictieve meetpunt van hart antenne (controle d.m.v. sluitfout).

In andere gevallen is het handiger om de stikker evenwijdig aan de X en/of Y as boot aan te brengen, in dit geval moet deze (horizontale) offset later worden verrekend. Deze oplossing echter alleen toepassen als het niet anders kan.

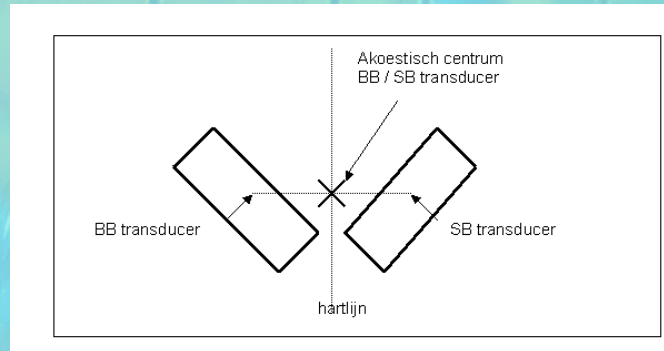
### Antenne offset.

Het fasecentrum van elke antenne wordt door de fabrikant opgegeven ten opzichte van fysieke punten, meestal t.o.v. de onderkant.

In sommige gevallen kan direct midden onderkant van de antenne van een stikker worden voorzien en ingemeten worden. In dit geval wordt de Z-coördinaat van het fasecentrum berekend door de offset bij de Z-coördinaat van de onderkant antenne op te tellen.



## Bootgeometrie Akoestisch centrum



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### **Verschil fysieke en akoestische nulpunt van een transducer.**

Tijdens het inmeten van een transducer wordt het meetpunt gehouden op het zichtbare nulpunt, meestal midden van transducervlak, gehouden. Dit is niet het nulpunt van waaruit gemeten wordt. Bij multibeam transducers wordt in het algemeen het in te meten punt aangegeven en zijn de offsets in de software ingevoerd. Zorg ervoor dat dit voor aanvang van metingen ook daadwerkelijk wordt gecontroleerd.

Bij singlebeam echoloden is de afstand tot het akoestische nulpunt onbekend en moeten we dit zelf meten. Door het uitvoeren van een barcheck is dit te bepalen.

Gevonden verschillen:

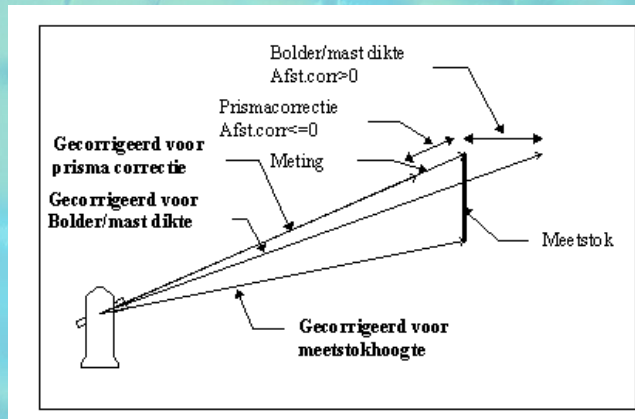
210 KC                      2 cm (in de behuizing)

33 KC                                      4 cm (buiten de behuizing door opbouw vermogen)

## Bootgeometrie Berekening

- Invoer offsets
- Berekening met MOVE 3D software
- Berekening ruimtelijk
- Controle met F en W toets en schaalfactor

## Bootgeometrie Afstandscorrectie

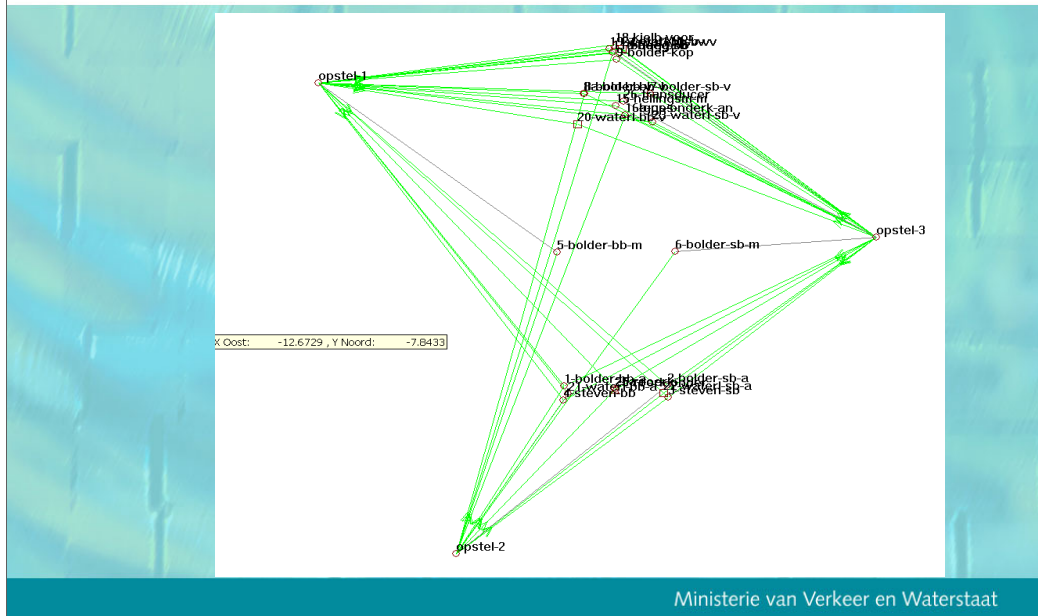


Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Afstandscorrectie

De afstandscorrectie (Afst.cor) wordt als volgt verwerkt in het werkblad: Bij een negatieve correctie wordt alleen de schuine afstand gecorrigeerd, bij een positieve correctie gaan we er van uit, dat het een meting aan een mast of bolder betreft en dat de correctie feitelijk een horizontale verschuiving is. In dat geval worden zowel de schuine afstand als de verticale hoek aangepast. De hoogtecorrectie (Z.cor) wordt in alle gevallen omgerekend naar een nieuwe verticale hoek en afstand.

## Bootgeometrie Meetconiguratie



Overzicht van meetconfiguratie uit MOVE3D

## Bootgeometrie Berekening

```

**          M O U E 3  Versie 3.2.0          **
**          Verkenning en Vereffening        **
**          van                               **
**          3D 2D en 1D Geodetische Netwerken **
**          www.MOVE3.nl                     **
**          (c) 1993-2002 Grontmij Geo Informatie bv **
**          trijntje                          **
**                                09-10-2003 09:05:55 **
**          *****

```

3D aangesloten netwerk vereffening (pseudo) in Lokaal (Stereografisch) projectie

PROJECT

G:\4 Techniek duurzaam\2 Techniek (Bootgeometrie)\RDIJ\trijntje\trijntje.prj

STATIONS

Aantal (gedeeltelijk) bekende stations	5
Aantal onbekende stations	20
Totaal	25

WAARNEMINGEN

Richtingen	47
Afstanden	47
Zenithoeken	47
Azimuths	0
Hoogteverschillen	0
GPS coördinaatverschillen	0
GPS coördinaten	0
Geometrische relaties	0
Bekende coördinaten	7
GPS transformatie parameters	0
Totaal	148

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Uitdraai MOVE3D

Uitdraai move3d waarop zichtbaar het aantal punten die gebruikt worden voor berekening, aantal onbekenden

## Bootgeometrie Berekening

### ONBEKENDEN

Coordinaten	75
Oriënteringen	3
Schaalfactoren	1
Verticale refractie coefficienten	0
Azimut offsets	0
GPS transformatie parameters	0
Schietloodafwijkingen	6
Additionele transformatie parameters	0
Totaal	85

Aantal voorwaarden 63

### VEREFFENING

Aantal iteraties 5  
Max coord correctie in laatste iteratie 0.0000 m

### TOETSING

Alfa (meer dimensionaal)	0.3059
Alfa 0 (een dimensionaal)	0.0010
Beta	0.80
Kritieke waarde W-toets	3.29
Kritieke waarde T-toets (3 dimensionaal)	4.24
Kritieke waarde T-toets (2 dimensionaal)	5.91
Kritieke waarde F-toets	1.08
F-toets	0.437 geaccepteerd

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Uitdraai MOVE3D

Uitdraai move3d waarop zichtbaar het aantal berekende coordinaten en de waarde van de berekende F-toets.

## Bootgeometrie Berekening

### COORDINATEN (PSEUDO KLEINSTE KWADRATEN OPLOSSING EN PRECISIE)

Station		Coördinaat	Corr	Sa
opstel-1	X Oost	-9.2015	0.1192	0.0182 m
	Y Noord	0.7612	0.1755	0.0154 m
	Hoogte	0.8109	-0.6006	0.0705 m
19-water1-bb-uv	X Oost	-0.1778	-0.0098	0.0124 m
	Y Noord	1.8343	0.0760	0.0114 m
	Hoogte	0.2964	-0.5800	0.0093 m
20-water1-bb-u	X Oost	-1.1829	0.0055	0.0115 m
	Y Noord	-0.7513	0.1003	0.0095 m
	Hoogte	0.3000x	0.0000	0.0100 m
21-water1-bb-a	X Oost	-1.4874	-0.0021	0.0163 m
	Y Noord	-9.9913	0.1769	0.0116 m
	Hoogte	0.2847	0.8117	0.0244 m
23-water1-sb-u	X Oost	1.1364	-0.0479	0.0115 m
	Y Noord	-0.6914	0.0745	0.0097 m
	Hoogte	0.3166	-0.2553	0.0126 m
24-water1-sb-uv	X Oost	0.1838	-0.0264	0.0121 m
	Y Noord	1.8288	0.0804	0.0111 m
	Hoogte	0.3000x	0.0000	0.0100 m
18-kielb-voor	X Oost	-0.0000x	-0.0000	0.0100 m
	Y Noord	1.8985x	-0.0000	0.0100 m
	Hoogte	-0.3238	-0.5886	0.0097 m
25-roerk-onder	X Oost	-0.0000x	-0.0000	0.0100 m
	Y Noord	-10.0110x	0.0000	0.0100 m
	Hoogte	-1.1428	0.8302	0.0147 m
26-transducer	X Oost	0.2734	-0.0065	0.0100 m
	Y Noord	-0.0491	0.0044	0.0100 m
	Hoogte	-0.4121	-0.3512	0.0088 m
10-boeg-sb	X Oost	0.1001	-0.0406	0.0202 m

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Uitdraai MOVE3D

Uitdraai move3d waarop zichtbaar de berekende coördinaten met hun berekende correctiewaarden en standaardafwijking.



## Bootgeometrie Oplijnen

- Standopnemers (Motionsensors)
- Gyro's
- Multibeam transducers

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Oplijning (uitrichten)

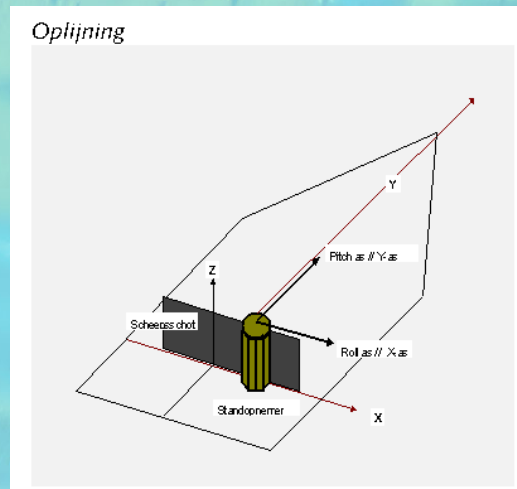
De oplijning van een singlebeamtransducer-assenstelsel behoort te bestaan uit het zetten van de centrale as van de transducer *evenwijdig aan de Z-as* van het bootgeometrie stelsel. In veel gevallen monteert de werf de sensor in het bodemvlak van het vaartuig en legt daarmee meteen de oplijning vast. Een scheefstand van enkele graden levert op een horizontale bodem voor de meeste single-beam systemen met bundelhoeken van tien graden geen merkbare kleinere nauwkeurigheid. Dit is wel het geval met een nauwkeurig (orde 0.05m) positiesysteem op hellingen en op grotere diepten bij zeer kleine bundelhoeken van 1 à 2 graden. In zo'n situatie moet ook de lodingssoftware in staat zijn ondanks de scheefstand van de transducer met behulp van de hellingen, koers en het bootgeometriestelsel de positie door te rekenen van de transducer naar het bodempunt.

Lijn het stelsel van meetassen van de akoestische sensor, de multibeam transducer(s) zorgvuldig op met de X, Y en Z-as van het bootgeometriestelsel. De bundelwaaier (sweepvlak) moet haaks op de langsscheepse en parallel aan het XZ-vlak van het scheepsstelsel staan. Meestal is de enige mogelijkheid om dit uit te voeren gebruik te maken van de uiterlijke kenmerken van de behuizing van de transducer.

Maak voor het oplijnen van het sweepvlak als eerste de snijlijn van de in de figuur als voorbeeld genomen V-vormige transducer evenwijdig aan het vlak door kiel en steven. De meeste bootgeometrie stelsels zijn zo gekozen dat dit ook het YZ vlak is. Zo niet maak dan gebruik van de hoek van het YZ vlak met het vlak van kiel en steven.

Zet als tweede het bovenvlak van de V-vorm evenwijdig aan het XY vlak van de bootgeometrie door het vlak met een aparte hellingmeter in dezelfde stand te brengen als het bootgeometriestelsel.

## Bootgeometrie Oplijnen standopnemers



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Standopnemerstelsel (hellingen) en gyrokompasstelsel

- Plaatskeuze
- Oplijning
- Kalibratie hoekoffsets en delay's

#### Plaatskeuze

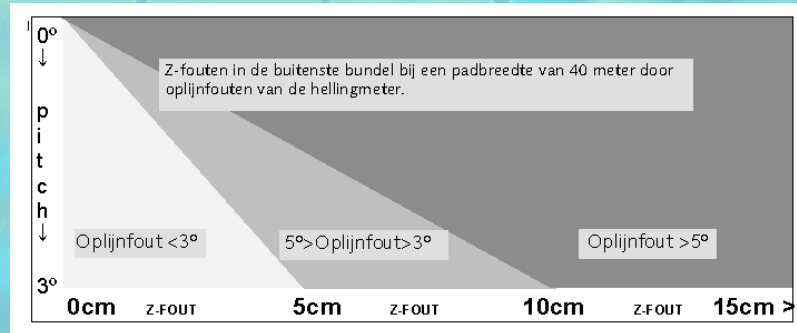
Verschillende situaties zijn denkbaar waarbij de roll & pitch van de standopnemer en koers meer of minder belangrijk zijn. Heel belangrijk is die waarbij de RTK-dGPS antenne op het stuurhuis staat of nog verder naar de achterspiegel toe en een multibeamtransducer-montage in de kop op de steven. De nauwkeurigheid van de Z-doorrekening van de antenne naar de transducerpositie wordt zeer sterk in negatieve zin beïnvloed door de pitchhelling van de standopnemer. Een veel betere en in de praktijk ook toegepaste opstelling van de positieantenne is direct boven de transducer, hetzij in de kop of langs zij gemonteerd. De nauwkeurigheid van de transducerpositie zal dan nauwelijks merkbaar minder zijn dan van de antennepositie.

De beste plaats voor de standopnemer is zo dicht mogelijk bij het zogenoemde 'center of gravity', ongeveer midscheeps. Dat is het punt waar het schip om rolt, giert en het minste stamp. Bij een transducermontage op de kop ontstaat een conflict met deze regel. De meeste schepen draaien hun horizontale bochten weliswaar min of meer om de kop, waar de zijdelingse beweging minder is, maar de stampbewegingen groter zijn dan midscheeps. De precisie van de heavebeweging op de kop berekend uit de heave midscheeps met pitch en afstand zal minder zijn. Een compromis lijkt een plaats zo veel mogelijk voorin en zo laag mogelijk, zodat de standopnemer kan rollen zonder zich zijdelings te verplaatsen.

*Sommige standopnemers kunnen met de ingevoerde offsets de heave voor een ander punt berekenen. Vermijdt dat zowel de inwinsoftware als de standopnemer de heave berekening beide doen.*

Het betreft hier het oplijnen van de meetassen van de sensoren standopnemer en het gyrokompas. Het goed oplijnen moet leiden tot een situatie waarin de gevoelige meet-assen van de roll & pitch evenwijdig aan respectievelijk de Y-as en X-as van het bootgeometriestelsel.

## Bootgeometrie Oplijnfouten



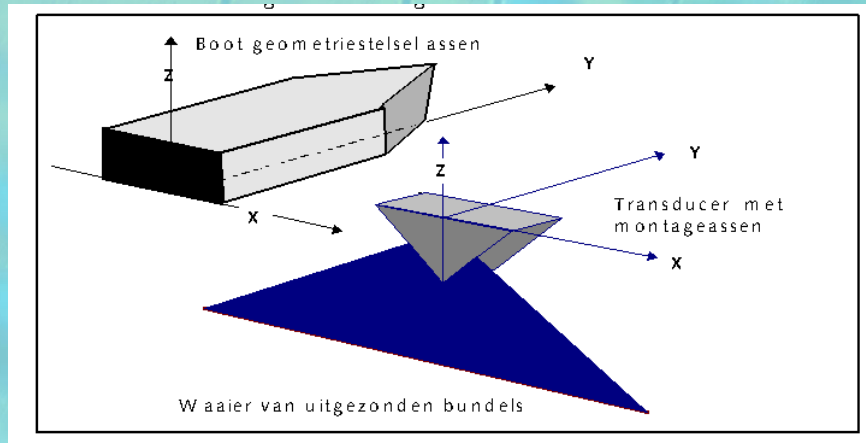
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Oplijnfouten

Tot nu toe is nog niet gebleken dat het visueel oplijnen van de assenstelsel de nauwkeurigheid van de bodempostie merkbaar negatief beïnvloedt. De nauwkeurigheden van met name de roll en pitch worden echter dermate precies ( $0.025^\circ$ ) dat ook de precisie van het oplijnen beter zal moeten opdat de grotere nauwkeurigheid ook doorwerkt in een betere precisie van het bodempunt. De grafische tabel hierboven geeft in deze situatie weer wat de fouten in Z kunnen zijn. In dit voorbeeld is de dieptefout in de buitenste bundel tien centimeter bij een pitchstand van het vaartuig van drie graden en een oplijnfout van vijf graden. Voor andere situaties kunt u de bijlage 1 'Dwarshellingfout door oplijnfout hellingmeter' raadplegen. De verwachting is dat al snel betere oplijnmethoden noodzakelijk zullen zijn. Maak altijd zelf een schatting of de uitlijning nauwkeurig genoeg is, gezien de gevraagde nauwkeurigheidseisen van het eindproduct.

*Resultaat: Voldoende opgelijnde sensor meetassen evenwijdig aan het bootgeometriestelsel*

## Bootgeometrie multibeam transducers



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### Oplijning (uitrichten)

De oplijning van een singlebeamtransducer-assenstelsel behoort te bestaan uit het zetten van de centrale as van de transducer *evenwijdig aan de Z-as* van het bootgeometrie stelsel. In veel gevallen monteert de werf de sensor in het bodemvlak van het vaartuig en legt daarmee meteen de oplijning vast. Een scheefstand van enkele graden levert op een horizontale bodem voor de meeste single-beam systemen met bundelhoeken van tien graden geen merkbare kleinere nauwkeurigheid. Dit is wel het geval met een nauwkeurig (orde 0.05m) positiesysteem op hellingen en op grotere diepten bij zeer kleine bundelhoeken van 1 à 2 graden. In zo'n situatie moet ook de lodingssoftware in staat zijn ondanks de scheefstand van de transducer met behulp van de hellingen, koers en het bootgeometriestelsel de positie door te rekenen van de transducer naar het bodempunt.

Lijn het stelsel van meetassen van de akoestische sensor, de multibeam transducer(s) zorgvuldig op met de X, Y en Z-as van het bootgeometriestelsel. De bundelwaaier (sweepvlak) moet haaks op de langsscheepse en parallel aan het XZ-vlak van het scheepsstelsel staan. Meestal is de enige mogelijkheid om dit uit te voeren gebruik te maken van de uiterlijke kenmerken van de behuizing van de transducer.

Maak voor het oplijnen van het sweepvlak als eerste de snijlijn van de in de figuur als voorbeeld genomen V-vormige transducer evenwijdig aan het vlak door kiel en steven. De meeste bootgeometrie stelsels zijn zo gekozen dat dit ook het YZ vlak is. Zo niet maak dan gebruik van de hoek van het YZ vlak met het vlak van kiel en steven.

Zet als tweede het bovenvlak van de V-vorm evenwijdig aan het XY vlak van de bootgeometrie door het vlak met een aparte hellingmeter in dezelfde stand te brengen als het bootgeometriestelsel.

**einde**

- einde

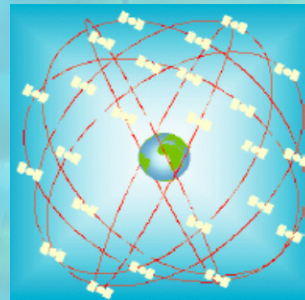
## GPS en dan met name LRK

- Korte samenvatting
- Foutenbronnen
- Foutenkarakter GPS



# Het Global Positioning System

- Satellieten
  - 24 stuks, 20.000 km boven aarde
  - 2x per dag om aarde
- Radiosignalen
  - 2 draaggolven: L1 en L2
  - gecodeerde informatie over satellieten (identificatie, positie)
  - C/A-code en P-code
- Antenne en ontvanger
- Grondsegment



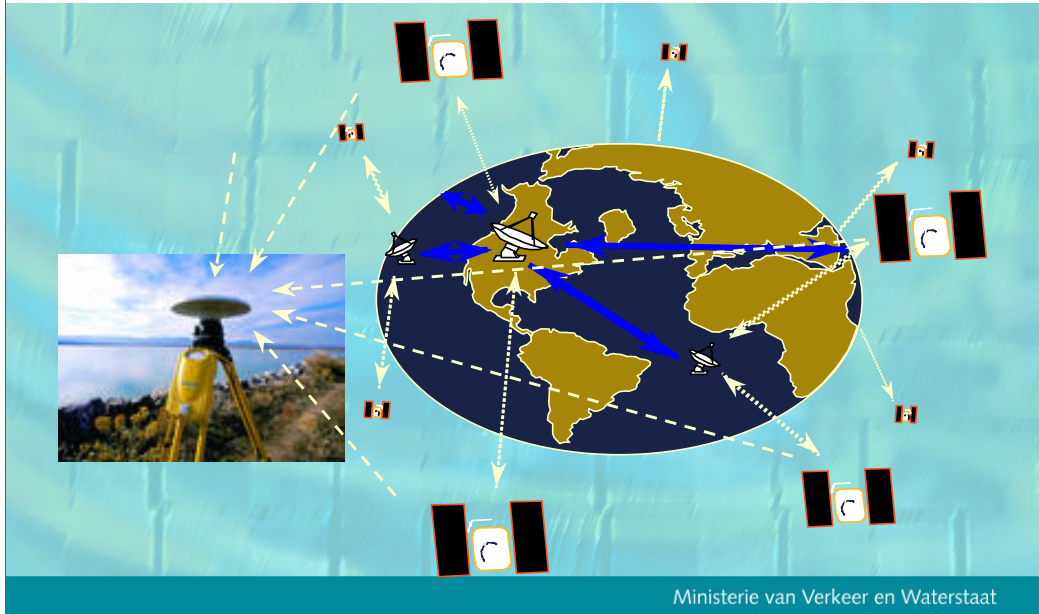
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Dit onderdeel van de cursus is gewijd aan de achtergronden van GPS, voor zover deze belangrijk zijn voor het begrip van het gebruik van het LRK systeem. In deze presentatie worden eerst enige hoofdlijnen van het GPS-systeem gegeven: de satellieten, de ontvangers, de waarnemingen en de foutenbronnen daarin. Vervolgens wordt een aantal verschillende werkwijzen met GPS behandeld. Speciale aandacht is er voor relevante zaken met betrekking tot LRK-metingen.

De basis van het Global Positioning System GPS wordt gevormd door ca. 24 satellieten, die op een hoogte van ongeveer 20.000 km boven het aardoppervlak om de aarde cirkelen. Deze zenden op 2 frequenties (1575,42 Mhz en 1227,60 Mhz) gecodeerde informatie over de satellieten en de positie van de satellieten naar de aarde. De C/A-code is een code die voor civiel gebruik is geopend. Civiele GPS-ontvangers kennen deze code en kunnen deze informatie decoderen en gebruiken voor positiebepaling. Met de P-code kan ca. 10x nauwkeuriger plaats worden bepaald. Deze code is echter alleen toegankelijk voor militair gebruik.

Het ontvangen van GPS-signalen is te vergelijken met een gewone radio: u stemt af op een bepaalde frequentie, op deze frequentie is een muziekje (in dit geval informatie over de satellieten etc.) te horen. Omdat dit muziekje gedecodeerd is, moeten we de sleutel kennen om het te kunnen horen (vergelijk een decoder voor TV). De gebruiker van GPS moet in het bezit zijn van een GPS-ontvanger met antenne. Afhankelijk van de soort ontvanger kan nu met verschillende niveaus van nauwkeurigheid positie worden bepaald.





Het GPS ground-segment bestaat uit een aantal wereldwijd verspreide volgstations (monitoring-stations), die de GPS-satellieten volgen (satellietposities, status) en de satellieten iedere 6 uur van nieuwe informatie voorzien.

## Drie manieren om met GPS te meten

### Absolute plaatsbepaling met pseudo-range metingen

nauwkeurigheid: 5 meter  
bijvoorbeeld een handheld-GPS

- Relatieve plaatsbepaling met pseudo-range metingen
  - nauwkeurigheid: 2 meter
  - DGPS
- Relatieve plaatsbepaling met fasemetingen
  - nauwkeurigheid: paar centimeter
  - RTK, LRK, ....

In het algemeen geldt dat de nauwkeurigheid van de hoogte 2 keer zo slecht is dan die van de positie



## Alleen RTK/LRK

- Fasewaarnemingen op draaggolf
  - L1 en L2 draaggolf (golflengte ca. 19 en 24 cm)
  - meetnauwkeurigheid 1/100 golflengte
  - metingen op 0.5, 1, 5 seconden, etc.
- Fasemeting =
  - positie satelliet +
  - positie ontvanger +
  - meerduidigheden ("ambiguities") = geheel aantal golflengten

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Een GPS satelliet zendt (gecodeerde) informatie uit op 2 *draaggolven*, de zgn. L1 en L2 draaggolven. Deze draaggolven kan men zich voorstellen als een sinusvormig signaal, met een golflengte van ongeveer 19 en 24 cm. De afstand van de satelliet tot de ontvanger is meer dan 20.000 km en kan uitgedrukt worden in een geheel aantal golven (de zogenaamde 'fasemeerduidigheid' of 'ambiguity') plus een fractie van een golflengte.

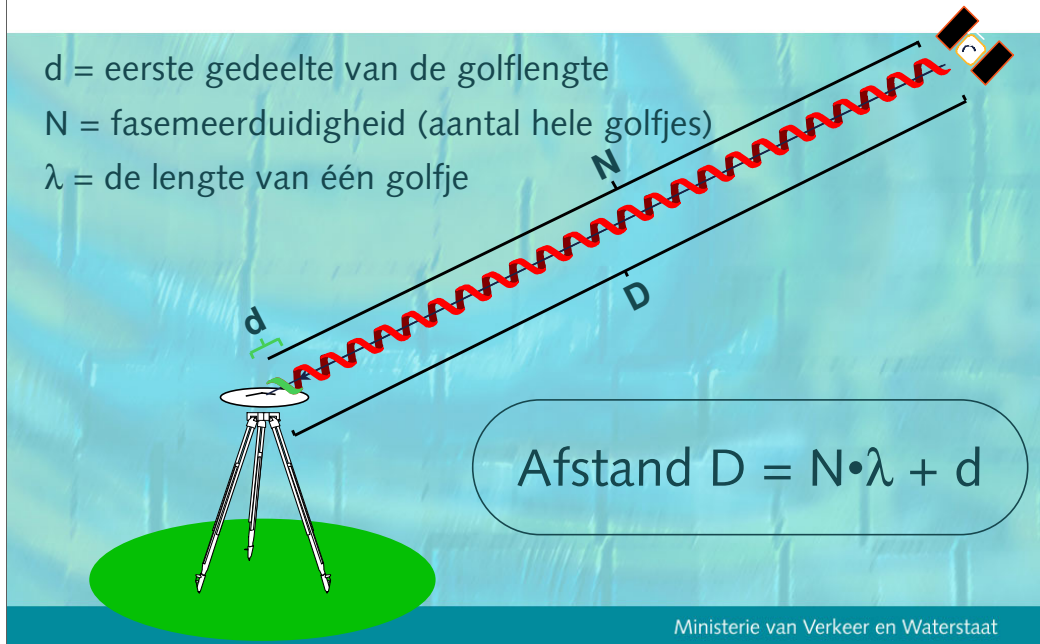
In de ontvanger wordt met een vast interval (bijvoorbeeld iedere seconde) de fase van het inkomende signaal gemeten met een nauwkeurigheid van ongeveer 1/100 van de golflengte, ofwel enkele millimeters. Deze fasemeting is een functie van een aantal parameters, waaronder de positie van de satelliet en de ontvanger en het gehele aantal golflengtes. Andere parameters (troposfeer, ionosfeer, klokken) worden gemodelleerd of geelimineerd. De positie van de satelliet is bekend, de fase van het signaal van de satelliet wordt gemeten; de positie van de ontvanger en het aantal meerduidigheden zijn echter onbekend. Als we de meerduidigheden kunnen berekenen, kan de positie van de ontvanger berekend worden met een nauwkeurigheid van enkele cm's.

## GPS fasewaarnemingen

$d$  = eerste gedeelte van de golflengte

$N$  = fasemeerduidigheid (aantal hele golfjes)

$\lambda$  = de lengte van één golfje



$d$  is te meten in de ontvanger

$N$  is niet te meten in de ontvanger

$\lambda$  is bekend (19 of 24 cm)

## GPS fasewaarnemingen

- Fixed oplossing: meerduidigheden zijn bepaald
- Initialiseren: meerduidigheden bepalen door
  - metingen op twee locaties
  - alleen satellieten die door zowel rover als ref 'gezien' worden
  - meten van zowel L1 als L2 is nodig
  - langere meetperiode
  - statisch of bewegend (OTF)
  - 'koude start': minimaal 5 satellieten nodig
  - herinitialiseren als aantal satellieten < 4
- Problemen bij meerduidigheidsbepaling
  - cycle slip, loss of lock
  - verkeerde meerduidigheid; fout van 2e soort

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De meerduidigheidsbepaling gaat als volgt. Uit de pseudo-range waarnemingen is de afstand tot de satelliet ongeveer bekend. Verder worden vanaf 2 locaties naar meerdere, maar wel dezelfde satellieten gemeten over een langere periode. Hieruit kunnen de meerduidigheden berekend worden. Voor elke satelliet die de ontvanger ontvangt, moet de meerduidigheid worden opgelost. De meerduidigheid is voor elke satelliet verschillend.

Het bepalen van de meerduidigheden gebeurt in de initialisatie. Afhankelijk van de afstand tussen beide ontvangers en omgevingsfactoren kan het enkele seconden tot enige minuten duren voordat geïnitieerd wordt. Bij te lange afstanden is initialisatie niet meer mogelijk, of pas na enige uren. Als de initialisatie geslaagd is, kan in principe de positie van de ontvanger met een nauwkeurigheid van enkele cm's worden berekend. Belangrijk is daarbij wel dat het signaal tussen satelliet en ontvanger niet verbroken wordt (bijv. door een brug), want dan moet er een meerduidigheid opnieuw opgelost worden. Herinitialisatie is nodig als het aantal satellieten is gedaald beneden de 4.

Verder is het van groot belang dat de initialisatie correct gebeurt. Als dit niet zo is, d.w.z. als er een verkeerd aantal meerduidigheden wordt berekend, kan dit leiden tot een verkeerde positiebepaling. We spreken dan van een fout van de 2e soort.

## Foutenbronnen van GPS

- Fouten in satellietbanen
  - verwaarloosbaar bij korte basislijnen
- Satelliet- en ontvangerklokfouten
  - worden geëlimineerd in basislijnberekening
- Troposfeer
  - systematische fouten in hoogte
  - korte basislijnen
  - modellering in gegevensverwerking
- Ionosfeer
  - kan sterk variëren
  - sterkst rond evenaar en rond de middag
  - 11-jarige cyclus
  - bemoeilijkt meerduidelijkheidsbepaling

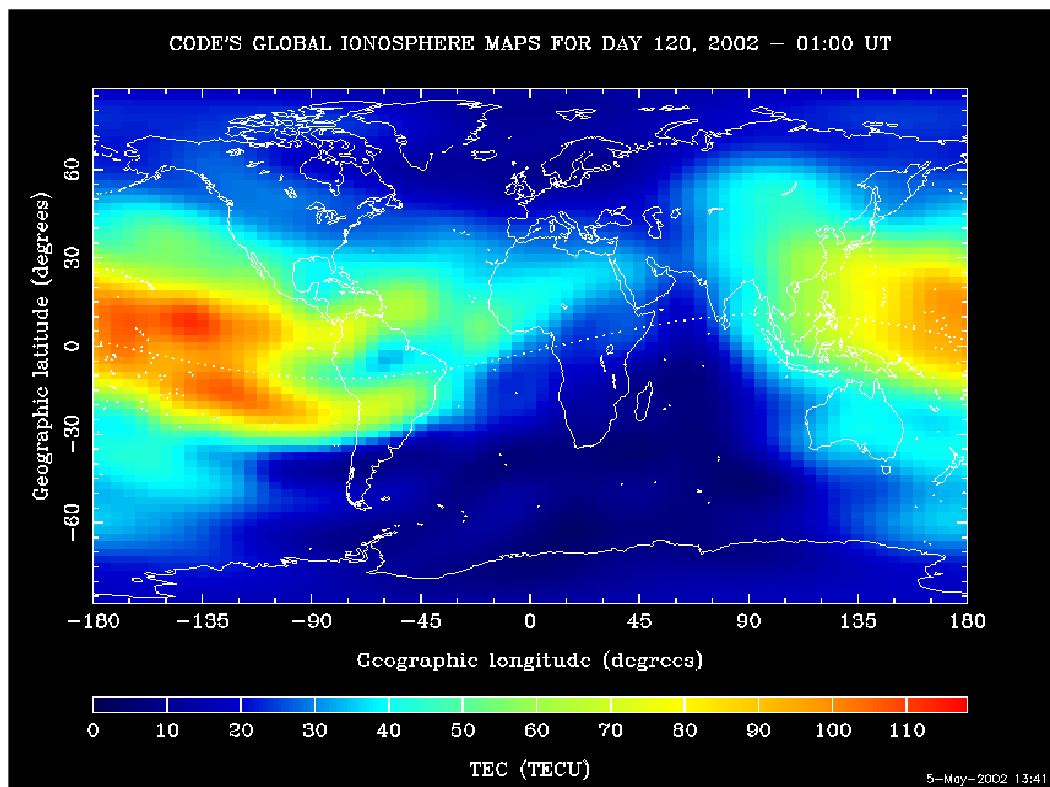
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De nauwkeurigheid van metingen met GPS wordt door een groot aantal foutenbronnen beperkt. We concentreren ons hier op hun invloed op real-time fasemetingen, zoals met LRK. Deze worden onder andere gekenmerkt door relatief korte basislijnen (maximaal 40 km).

Op de eerste plaats zijn er de fouten in de satellietposities. Deze worden uitgezonden door de satellieten in hun navigatieboodschap (Broadcast Ephemeris) en hebben een nauwkeurigheid van ongeveer 3 m. Door de korte basislijnen wordt hun invloed op de posities bij LRK beperkt tot enkele millimeters.

Verder lopen de klokken in de GPS satellieten en de ontvangers niet precies synchroon. Deze verschillen worden in de rekenprocedure volledig geëlimineerd door het gebruik van verschilwaarnemingen, ofwel double differences.

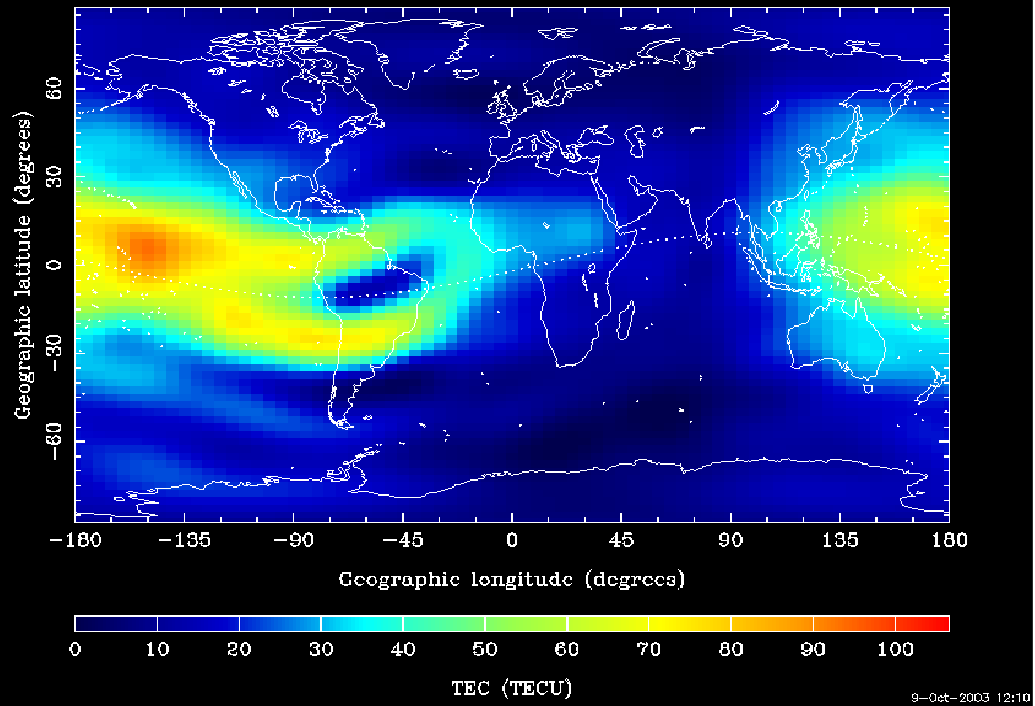
De troposfeer bestaat uit de onderste luchtlagen van de atmosfeer van de aarde. Afhankelijk van temperatuur, luchtdruk en luchtvochtigheid veroorzaakt de troposfeer vertragingen aan de GPS signalen. Deze zijn echter goed te voorspellen en door de korte basislijnen en beperkte hoogteverschillen tussen de GPS ontvangers bij LRK metingen van zeer beperkte invloed.

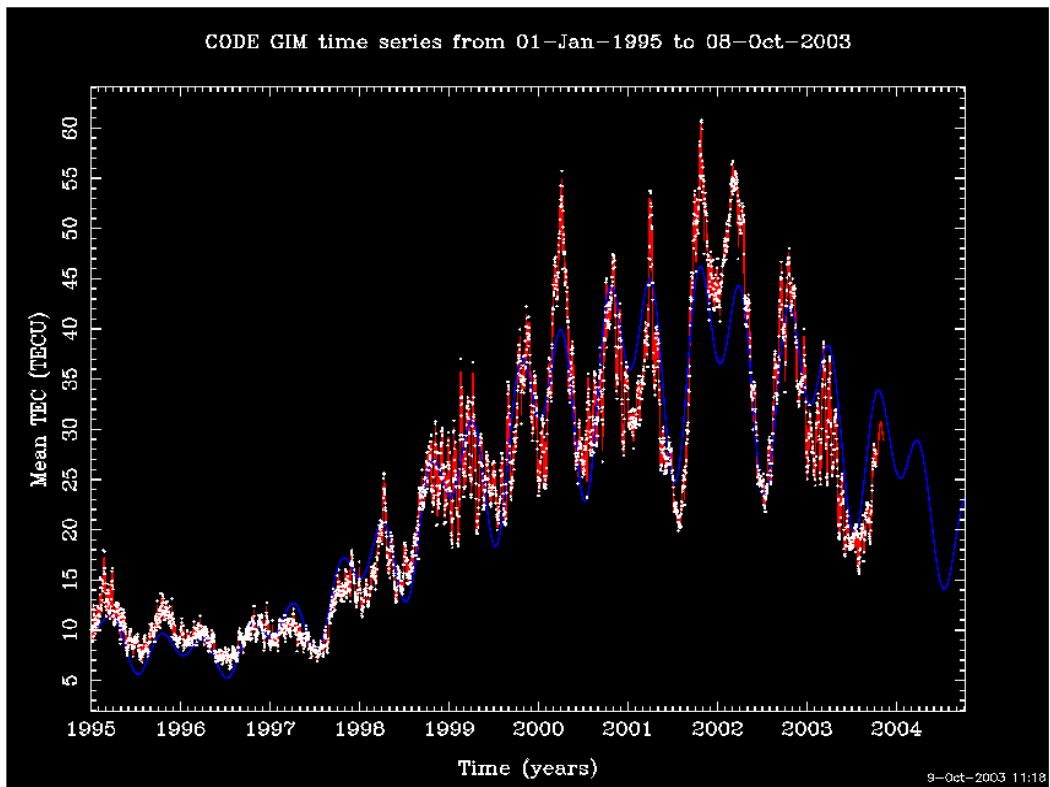


Voorbeeld van het verloop van het aantal elektrisch geladen deeltjes in de ionosfeer (uitgedrukt in TEC) over 24 uur, wereldwijd. Het aantal elektrisch geladen deeltjes is het grootst op het midden van de dag en rond de evenaar en het laagst 's nachts en bij de polen. Dit soort kaartjes wordt dagelijks gemaakt door een aantal wetenschappelijke instituten.



CODE'S GLOBAL IONOSPHERE MAPS FOR DAY 277, 2003 - 00:00 UT

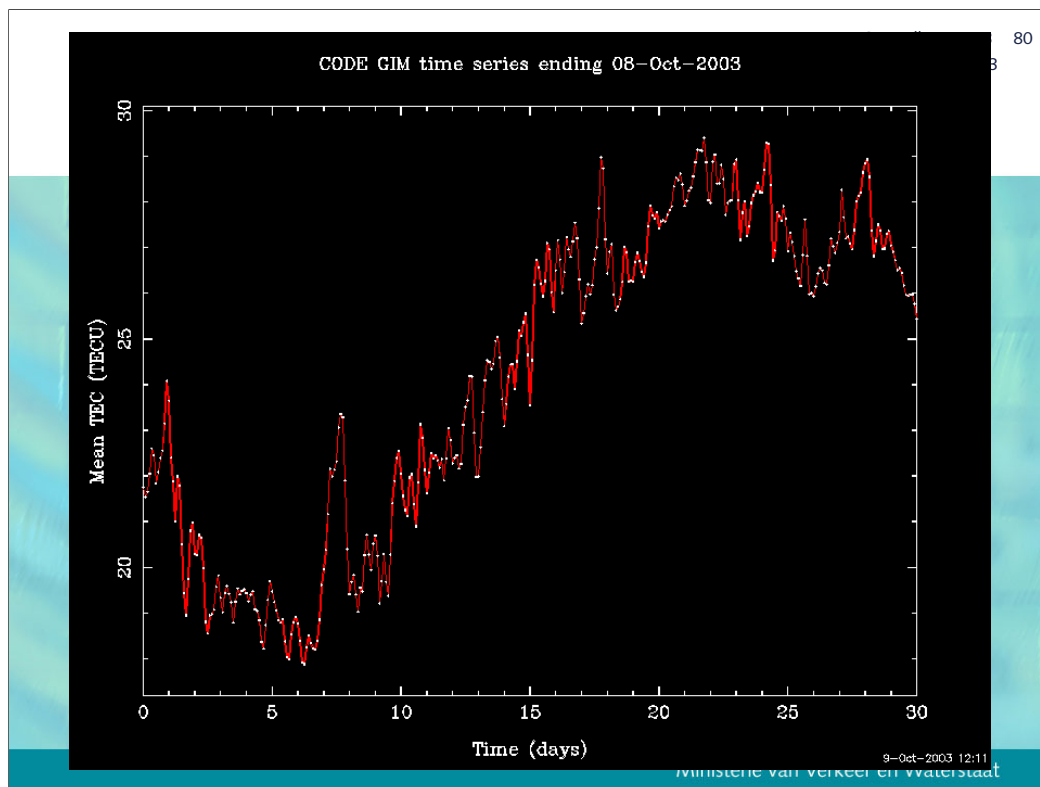




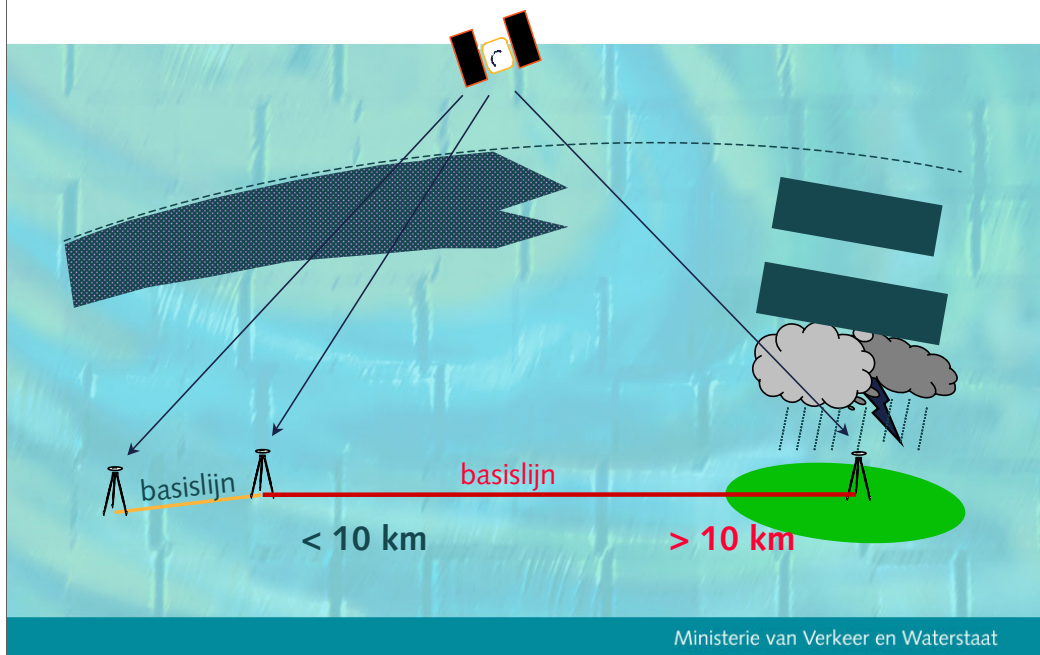
Op dit plaatje ziet u het verloop van het gemiddeld aantal elektrische deeltjes van 1995 tot heden. De blauwe lijn is een voorspelde waarde en de witte puntjes op de rode lijn zijn de waargenomen waarden. Goed is te zien dat de zonneactiviteit sinds 1996 sterk is toegenomen tot een maximum rond 2000 – 2002. Verwacht wordt dat zo rond 2005 – 2006 de lage waarden van 1996 weer bereikt zullen worden.

Een leuke pagina om veel te weten te komen over dit soort onderwerpen is:

<http://www.cx.unibe.ch/aiub/ionosphere.html>



## Atmosferische Effecten



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Voor hydrografische toepassingen geldt dat de ene ontvanger het walstation is, en de andere het mobiele station op het schip.

## Foutenbronnen van GPS (vervolg)

- Multipath
  - reflecties van omliggende objecten of grond
  - gereflecteerd signaal is niet te onderscheiden van normaal signaal
  - keuze opstelpunt
  - antenne
  - herhaalt zich per dag
- Electromagnetische storingen / obstakels
- Meetruis, outliers en cycle-slips
  - kwaliteit hardware en software

## Multipath (reflecties)



Het voorkomen van multipath is een belangrijk aspect bij het zoeken naar een geschikte lokatie voor een referentiestation (locatieonderzoek). Een locatie is pas geschikt als multipath tot een minimum beperkt is. Doordat de satellietconfiguratie van GPS zich iedere dag herhaalt, is multipath te herkennen aan het feit dat het zich iedere dag herhaalt. Bij de mobiele ontvanger is multipath slechts ten dele te voorkomen: op het schip zelf kan men de antenne zo plaatsen dat geen hinderlijke reflecties van andere objecten op het schip te verwachten zijn. Daarentegen is het altijd mogelijk dat objecten in de omgeving van het schip (bijvoorbeeld een kademuur) de bron zijn van multipath.

## Multipath (reflecties)

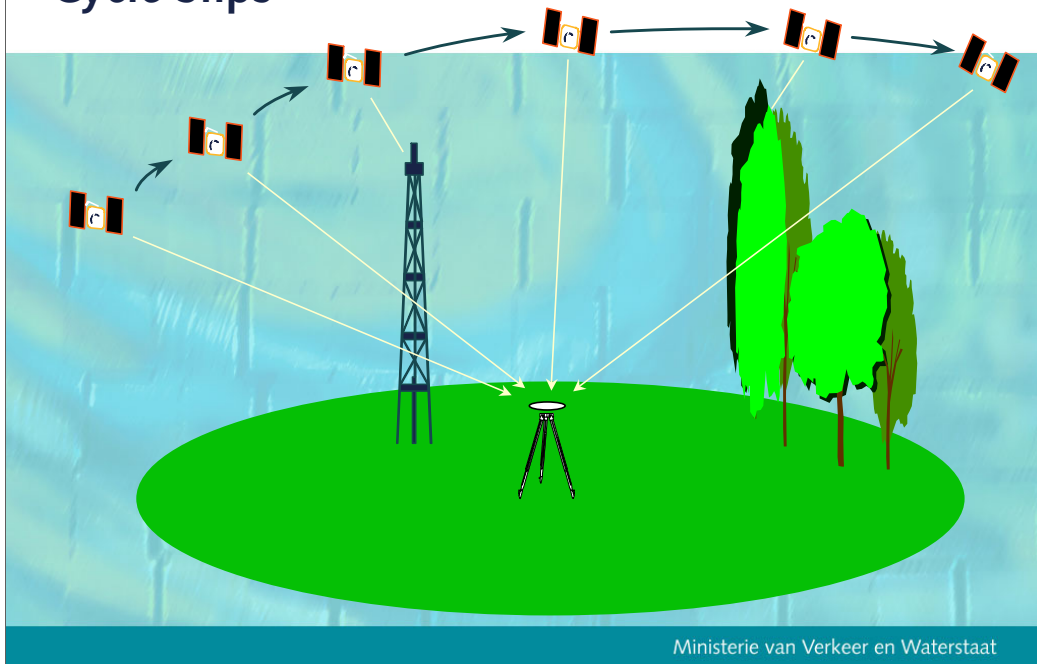


Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Het voorkomen van multipath is een belangrijk aspect bij het zoeken naar een geschikte lokatie voor een referentiestation (locatieonderzoek). Een locatie is pas geschikt als multipath tot een minimum beperkt is. Doordat de satellietconfiguratie van GPS zich iedere dag herhaalt, is multipath te herkennen aan het feit dat het zich iedere dag herhaalt. Bij de mobiele ontvanger is multipath slechts ten dele te voorkomen: op het schip zelf kan men de antenne zo plaatsen dat geen hinderlijke reflecties van andere objecten op het schip te verwachten zijn. Daarentegen is het altijd mogelijk dat objecten in de omgeving van het schip (bijvoorbeeld een kademuur) de bron zijn van multipath.



## Cycle Slips



Er is sprake van een cycle-slip als de verbinding tussen satelliet en ontvanger tijdelijk wordt verbroken. Dit kan een interne oorzaak hebben (hardware/software ontvanger) of een externe verbroken line-of-sight op satelliet, ionosfeer. Als het aantal satellieten dat door een LRK-ontvanger wordt gemeten tijdelijk minder dan 4 wordt (door een cycle-slip), dan moet een nieuwe initialisatie plaatsvinden. Dit kan soms enige minuten duren. Als het aantal satellieten 4 of meer blijft, dan kan de LRK-ontvanger op een slimme manier met de cycle-slips omgaan, ook als dat er veel achter elkaar zijn.

## Menselijke Fouten



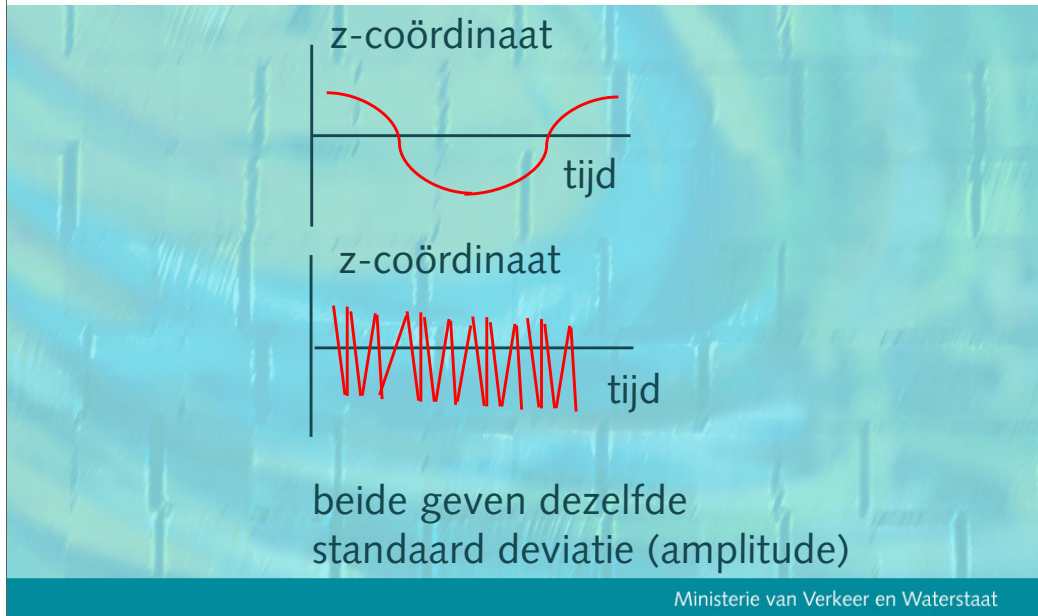
Tip: om de kans op verstoringen te minimaliseren, dienen de kabels van de GPS-antenne geheel uitgerold te worden.

Tip: ga nooit boven de antenne hangen met je hoofd/lichaam.

## Samengevat

- Korte samenvatting GPS
- Meerduidigheden
- Vele foutenbronnen gezien

## Foutenkarakter van GPS



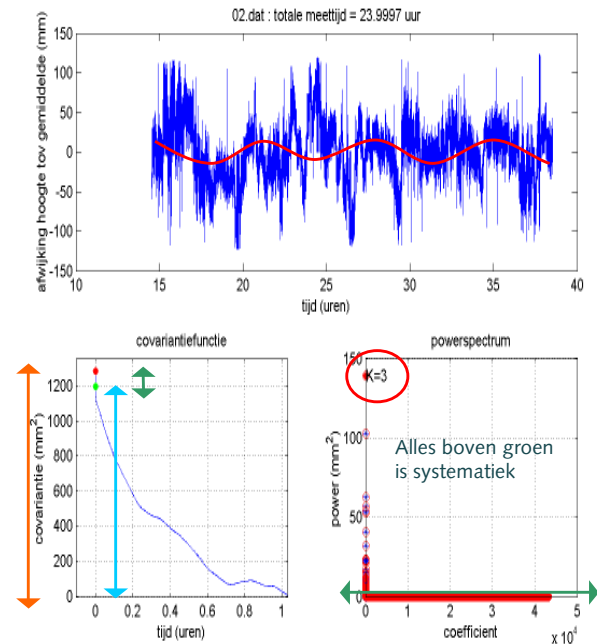
## Statische test



3 ontvangers zelfde  
informatie????????

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

# Wiskunde



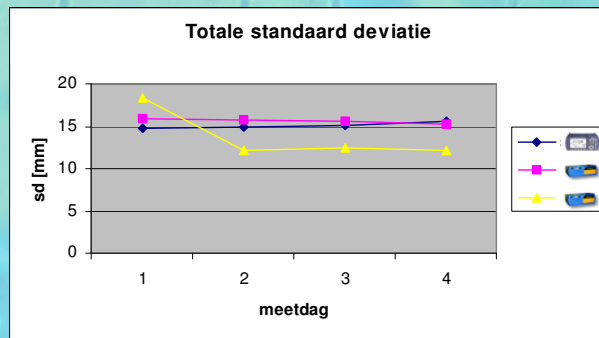
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

grafiek 1: tijdreeks, van alle waarden is het gemiddelde afgehaald, je hoopt hier op een vlakke lijn.

grafiek 2 en 3: Zelfde informatie weergegeven, maar anders gepresenteerd.

grafiek2: Random gedeelte van de fout, te zien is dat dit gedeelte klein is.

## Resultaten specificaties (1/3)



Basislijn 1 km      1 $\sigma$  waarden

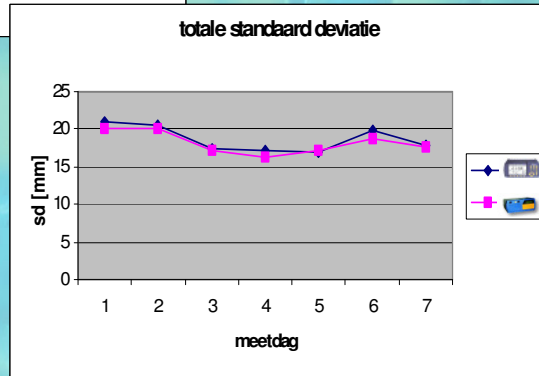
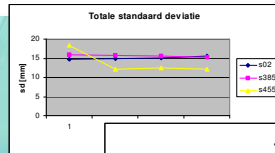
Specificatie = 21 mm



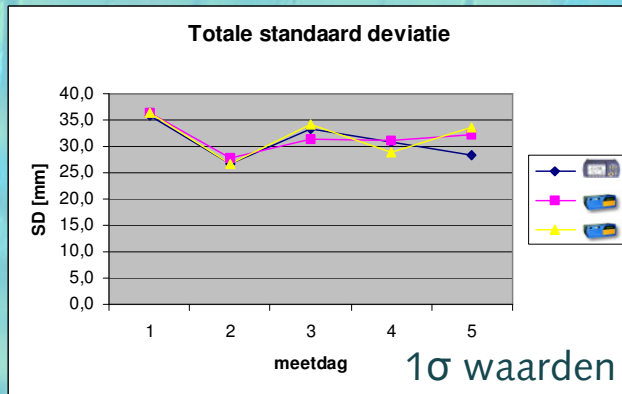
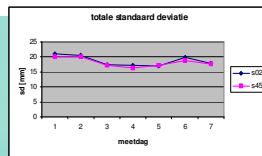
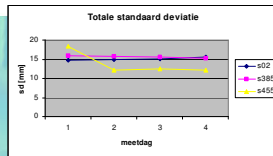
## Resultaten specificaties (2/3)

Basislijn 5 km  
 $1\sigma$  waarden

Specificatie = 25 mm









## Resultaten specificaties (3/3)



Basislijn 17 km

## Verschillen absoluut (basislijn 1 km)

BASISLIJN 1km				Onderlinge vergelijking		
Dag				Aq2-S385	Aq2-S455	S385-S455
8271330	51,493	51,492	51,493	0,001	0,000	-0,001
8281330	51,491	51,491	51,495	-0,001	-0,004	-0,004
8291330	51,492	51,494	51,496	-0,002	-0,004	-0,002
8301330	51,492	51,492	51,494	-0,001	-0,002	-0,001
						
max - min	0,002	0,003	0,003			

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Tussen de twee identieke ontvangers (s385 en s455) zitten al verschillen die variëren tussen de 1mm en 4 mm. De Aquarius02 en de beide andere ontvangers laten een variatie zien tussen de -1mm en 4 mm.





Over de gemeten 4 dagen is ook per ontvanger de spreiding (als max-min) weergegeven. Voor de Aquarius02 is dit 2mm, voor de s385 is dit 3 mm en voor de s455 is dit ook 3mm.

In Matlab zijn alle waarnemingen van de meetdagen samengevoegd per ontvanger in een bestand, en er is gekeken naar de verwachte systematische fout ( $1\sigma$ ) in een meetperiode van 1 tot 4 dagen (zie onderstaande tabel). Dit is gedaan om na te gaan of 1 daggemiddelde 'verziekt' wordt door bijvoorbeeld 1 uur slechte data. Als de Fourieranalyse een waarde geeft voor die meetperiode tussen de 1 en  $2\sigma$  waarde dan zijn deze verschillen verklaarbaar.

[mm]

Aquarius02  
s385  
s455  
1-4 dagen  
1,6  
1,7  
...

## Verschillen absoluut (basislijn 5 km)

Dag			Vershil
dag 1	74,503	74,508	-0,005
dag 2	74,517	74,510	0,007
dag 3	74,503	74,515	-0,012
dag 4	74,489	74,489	0,000
dag 5	74,488	74,491	-0,002
dag 6	74,492	74,501	-0,009
			
max =	74,517	74,515	
max - min =	0,029	0,026	

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Het verschil tussen de gemiddelde dagoplossing van beide ontvangers is zeer klein, het verschil bevindt zich tussen de -2 mm en + 2 mm. De spreiding van de ontvangers zelf is groter over de gemeten dagen, respectievelijk 9 mm voor de Aquarius02 en 8 mm voor de THALES 5002MK (s455).

Net als op de korte basislijn zijn alle waarnemingen samengevoegd in een bestand en is in Matlab gekeken naar de te verwachte systematische fout over 7 meetdagen (zie onderstaande tabel).

**[mm] 455**







1-7 dagen

4,2

5,5

De spreiding (max-min ) die geconstateerd is kan verklaard worden door te kijken naar bovenstaande tabel. De precisie ( $1\sigma$ ) in de frequentieband van 1 tot 7 dagen laat een waarde zien van respectievelijk 4,2 mm voor de Aquarius02 en 5,5 mm voor de THALES 5002MK (s455). De verschillen tussen max-min zijn waarden die horen bij een standaard normale verdeling.

## Verschillen absoluut (basislijn 17 km)

BASISLIJN 17km						
Dag				Onderlinge vergelijking		
				Aq2-S385	Aq2-S455	S385-S455
dag 1	74,508	74,503	74,508	0,005	-0,001	-0,005
dag 2	74,508	74,517	74,510	-0,009	-0,002	0,007
dag 3	74,493	74,503	74,515	-0,009	-0,022	-0,012
dag 4	74,486	74,489	74,489	-0,004	-0,003	0,000
dag 5	74,494	74,488	74,491	0,006	0,004	-0,002
dag 6	74,498	74,492	74,501	0,007	-0,003	-0,009
						
max - min =	0,023	0,029	0,026			

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

[mm]

Aquarius02

s385

s455

1-6 dagen

5,1

8,8

7,2

Dezelfde analyse als bij de andere twee basislijnen zal nu ook voor deze lange basislijn gedaan worden. Het eerste wat opvalt is dat de spreiding over de gemeten dagen per ontvanger groter is dan op de andere basislijnen. Deze grotere spreiding wordt veroorzaakt door dag 3. Hier zijn de onderlinge verschillen het grootst. In bovenstaande tabel zijn de te verwachten systematische effecten te zien over de gemeten dagen. Dit zijn de  $1\sigma$  waarden. De spreiding die hier per ontvanger gezien wordt valt tussen de  $-2\sigma$  en  $+2\sigma$  waarde en hoort dus ook bij een standaard normale verdeling.

## Praktijk voorbeelden

Hoe werkt een GPS ontvanger in een dynamische omgeving?

Slingermast!

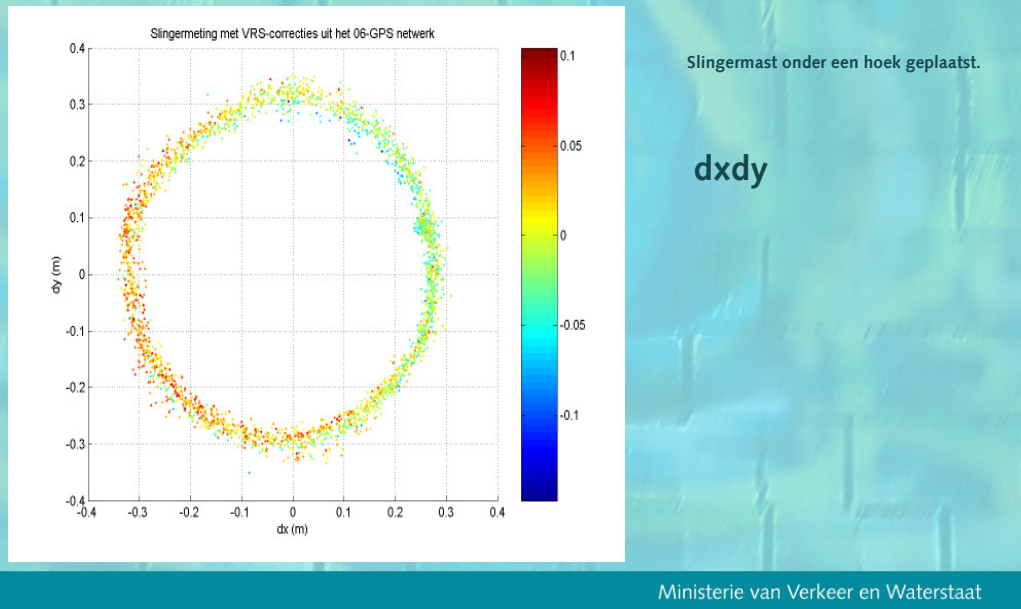
- Goedkoop
- Snel
- Redelijke benadering van de werkelijkheid



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

gfzdfhgjfdjdfjff

## Resultaten 06-GPS Netwerk



De slingermast is gebruikt om na te gaan hoe de coördinaatoplossing is van het 06-GPS Netwerk in een dynamische omgeving.

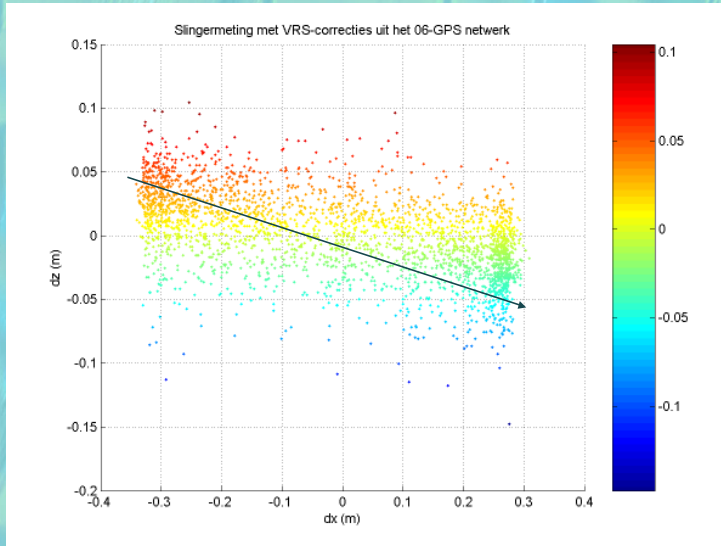
De mast is onder een hoek geplaatst om ook hoogteverschillen te kunnen waarnemen.

Er is gedurende een periode van xx uur gemeten, in de sheet zie de resultaten van 2 meetsessies. Het gaat hier om een XY grafiek, ook wel scatterplot genoemd.

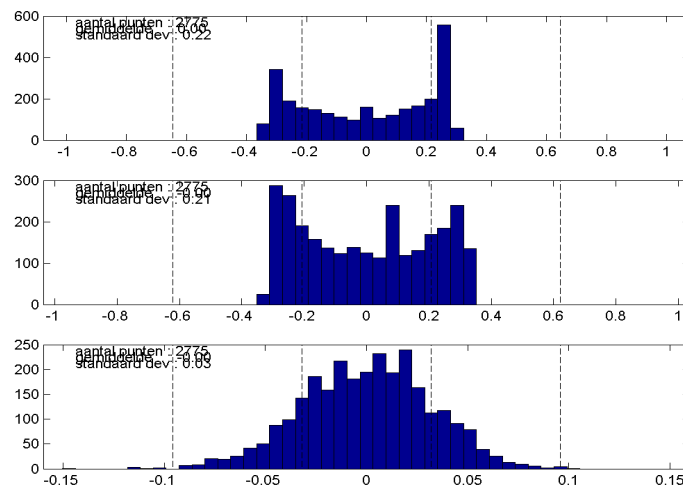
Beide metingen zien er goed uit.



## dXdZ plot



## Histogram

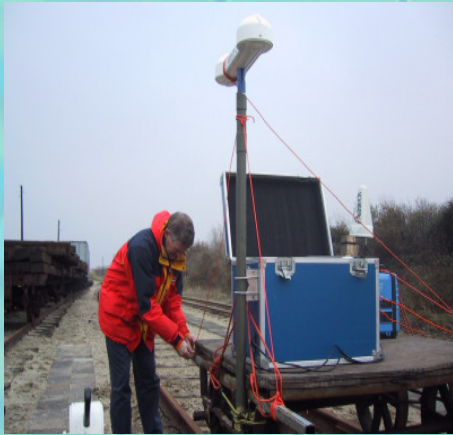


Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Omdat de slingermast onder een hoek stond geeft het histogram een verdeling waar veel metingen NIET in het midden zitten wat betreft de XY positie.

## Spoorbaan metingen

Thales Ontvanger (Sagitta)



Furuno Ontvanger



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

## Resultaten



## Speciale Projecten: Niels Kinneging

- Balgstuw
- Bodemschermen in een rivier plaatsen
- Calandtunnel
- IMAGO
- Geluidssnelheids perikelen in zout zoet omgeving

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Nog in te vullen.

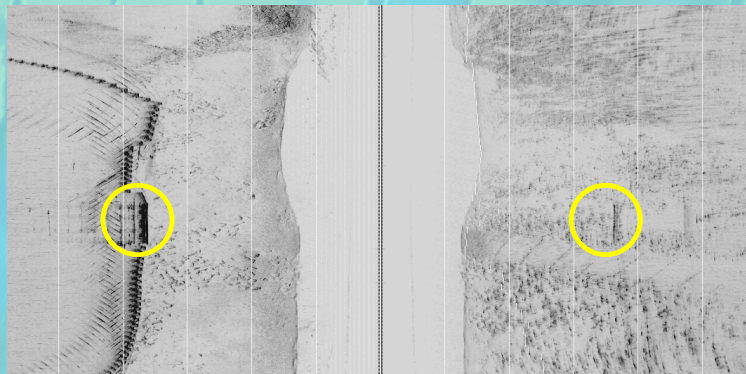
[illegible]

- Basisprincipe
- Interpretatie
- Voorbeelden
- Praktijk

Een side scan sonar is een systeem waarmee onderwater beelden van de bodem gemaakt kunnen worden. Een sonar meetconfiguratie bestaat uit een zender/ontvanger-deel (signaalverwerkingseenheid), een computer die de data verwerkt en opslaat en een vaartuig. De zender/ontvanger is bevestigd in een soort torpedo (sonarvis) die in het water wordt voortgetrokken en bevat twee zogenaamde transducers, één aan de bakboordzijde en één aan de stuurboordzijde. Onderwater sturen de transducers periodiek een korte geluidsgolf (akoestische puls) weg, die wordt teruggekaatst door de bodem, en vervolgens registreren de transducers deze reflecties weer. Van dichtbij liggende objecten zal de reflectie van de puls eerder worden geregistreerd dan van verweg liggende objecten. Dit verschil in aankomsttijd van de inkomende reflecties van een puls is een maat voor de afstand van de objecten tot de sonarvis. Met de snelheid van het geluid in water ( $\pm 1500$  m/sec) wordt deze afstand berekend. De amplitude van de opgevangen reflectie wordt uitgezet tegen de tijd dat de puls onderweg was, en vormt zo een beeld van de bodem.

## Damwand + drempel stormvloedkering Nieuwe Waterweg

Gastcollege 2003 105  
6 juni 2003



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

### *Het meetprincipe van een side scan sonar.*

De akoestische puls is zeer smal in het horizontale vlak (openingshoek bundel:  $0.2^\circ$  á  $0.6^\circ$ ) en zeer breed in het verticale vlak ( $2 \times \pm 50^\circ$ ). Hierdoor wordt van een smalle strook van de bodem een beeldlijn verkregen die loodrecht staat op de lengterichting van de sonarvis. Doordat de sonarvis wordt voortgetrokken ontstaat uit de afzonderlijke beeldlijnen een aaneengesloten beeld van de bodem.

### *Interpretatie van side scan sonar beelden.*

De interpretatie van de side scan sonar beelden vergen routine. Een paar keer per jaar met de sonar erop uittrekken is onvoldoende om deze routine, (vooral op binnenwater) op peil te houden.

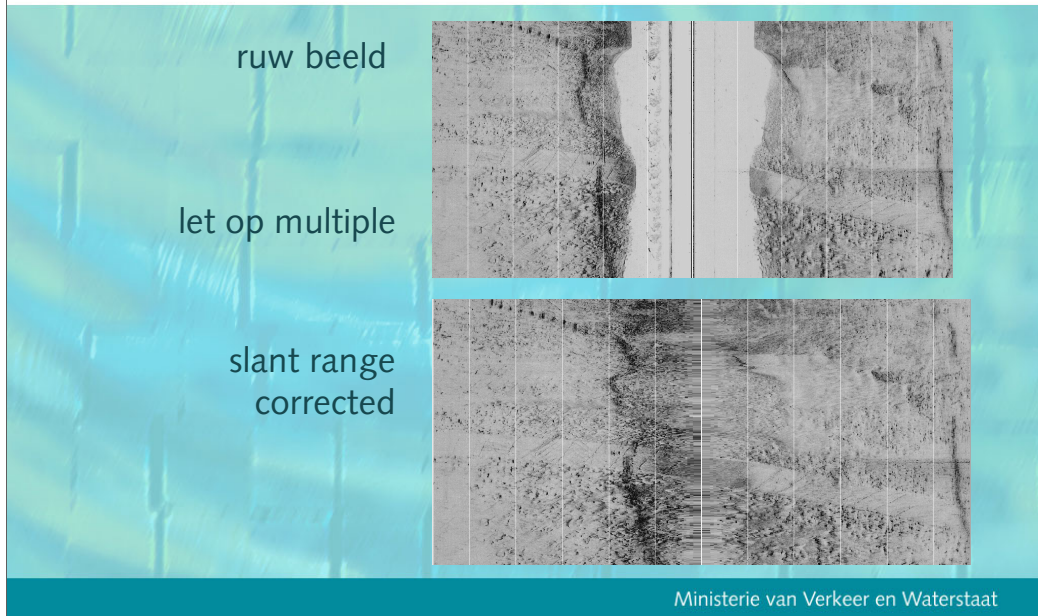
Is op zee met schone zandgrond wel een container, wrak of desnoods een olievat nog te onderscheiden. In binnenwater met allerlei hinderlijke reflecties en multipads van omliggende kunstwerken (denk aan afgemeerde schepen, damwanden, pijlers, oevers, steigers enzovoort) en deze niet alleen binnen de range maar ook op grotere afstand dan het ingestelde bereik. Interferentie van draaiende scheepsmotoren, echoloden van passerende schepen, gelaagdheid (koelwater). Dit alles maakt het een stuk lastiger de bodem goed tussen de oren te krijgen.

### *Voorbeelden van side scan sonar beelden.*

*Zie de slides*



## 2x zelfde sonarbeeld



*Praktijk van side scan sonar gebruik binnen Rijkswaterstaat.*

Rijkswaterstaat heeft de beschikking over diverse sonarsystemen. Vanaf de bouw van de Oosterschelde kering (1975) heeft de afdeling Mariene Geodesie (GAM) sonaropnamen gemaakt voor de diverse MIDs.

Een aantal van deze MIDs hebben in de loop der jaren zelf sonarapparatuur aangeschaft en voorzien dus zelf in hun sonarbehoefte.

Deze sonarbehoefte varieert van: monitor opnamen (Oosterscheldekering), inspectie opnamen (pijpleidingen), tot calamiteiten. In het algemeen worden de sonarbeelden gebruikt om pijlers en steenbestortingen onder water e.d. te inspecteren en om *ongewenste* obstakels die op de bodem liggen op te sporen.

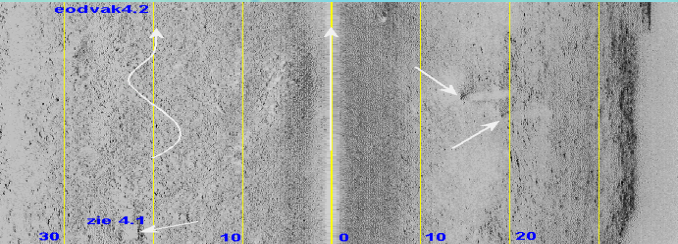
In de begin jaren bestond de hardware uit een sonarrecorder met een sonarvis. Nu is deze zelfde hardware gekoppeld aan een data acquisitie – en een plaatsbepalingsysteem. Voor de sonarsystemen van AGI, DON, DN, DZLD wordt het ISIS systeem van TEI gebruikt. RDIJ slaat de data op in QINSy.

## voorbeeld target omschrijving

**eodvak4.2**  
**Kilometer: 176.500** **15/20 meter uit de rechteroever**

Datum opname: 08:50:00 uur, 6 mei 2003  
Gevoeren raai: 1  
Puntnummer: 3951  
Waarneemers: Bart Valstar  
Puntnummer: eodvak4.2  
Verwerkingsslagen: Slant range / Speed corr. / Stroomrichting boven / schaduw wit

Opname omstandigheden:  
Gevoeren Koers: Stroom afwaarts (294°)  
Snelheid: 3.3 knopen  
Stroom snelheid: Onbekend  
Constructie: Los aan de kop  
Opmerkingen: Geen bijzonderheden



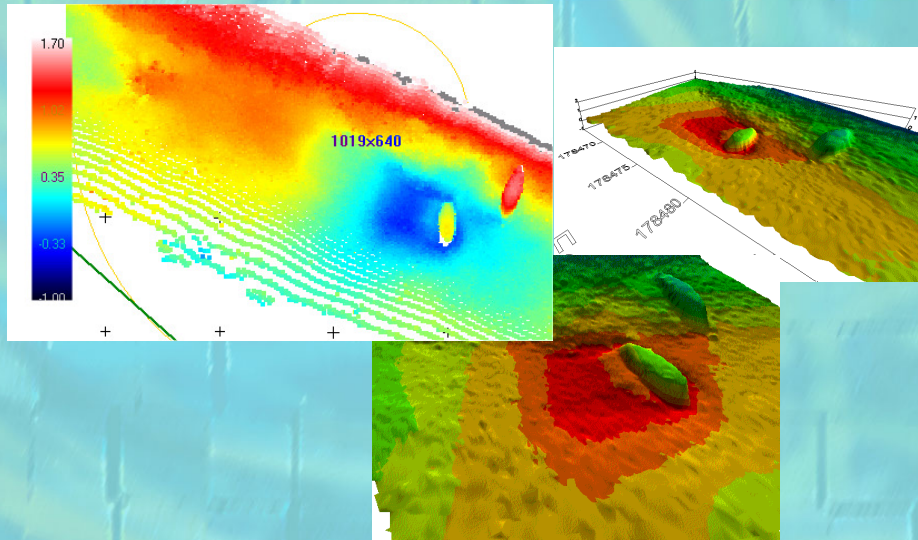
**eodvak4.2**  
30 zie 4.1 10 0 10 20

Omschrijving punt eodvak4.2  
2 X object van 5m. bij 2m. op 10 tot 20 meter uit de rechteroever. Op dezelfde hoogte maar dan 45m. tot 50m. uit de oever een afwijkend gebied met kleine reflecties (0.2m. bij 0.2m.).

Afmetingen : 5m. bij 2m  
Hoogte object : zie andere afbeeldingen  
Prioriteit : 1

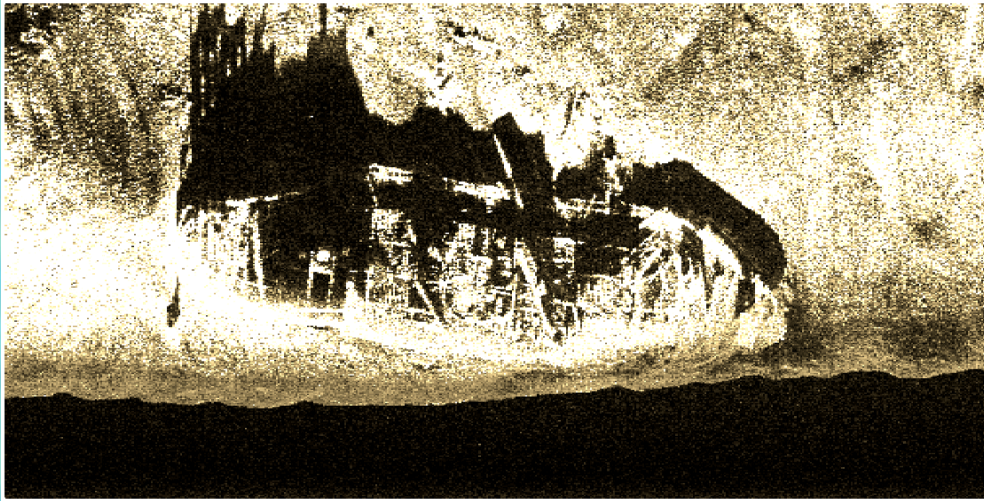
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

## Multibeamverwerking sonarlocatie



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

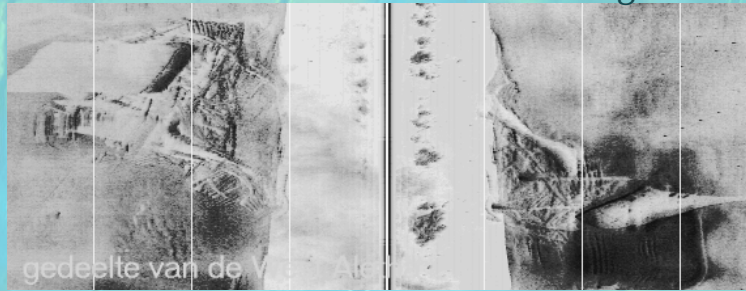
## Scheepswrak (internetplaatje)



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

## WRAK van de WEST ALETHA

Dwars over wrak gevaren Klein 595 500kHz scalelines  
10m. range 50m.





## Ministerie van Verkeer en Waterstaat

## Opzet Projectplan

- Echte opdracht
- Draaiboek voor lodingen op de Maas
- Metingen bestaan uit Monitor toepassingen,
- meten van brugpeilingen en “archeologische” lodingen

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De Directie Limburg heeft de Adviesdienst Geo-Informatie en ICT gevraagd om een draaiboek op te stellen voor de lodingen in 2003 – 2007.

De opdracht is officieel nog niet binnen, maar voor dit college is dat geen probleem. Aspecten die in zo'n draaiboek dienen te komen zullen verwoord moeten worden in een projectplan. En dat is jullie opdracht. Maak een projectplan hoe je zo'n draaiboek in elkaar zou zetten.

Ik houd express de opdracht open. Dit om jullie de ruimte te geven om vanuit je eigen idee verder te werken. In de praktijk gaat het vaak zo met opdrachten van klanten. De klant heeft bijna altijd moeite om opdrachten goed te formuleren in heldere woorden. Het is dan ook jullie taak om bepaalde aannames te doen. Jullie zijn voor de klant de experts op het gebied van hydrografie. De klant is alleen geïnteresseerd in het product en het prijskaartje. Beargumenteer je aannames goed, dat is belangrijker dan de juiste aannames (of te lang blijven zoeken) te doen. Als jij vindt dat er geen geluidsnelheidsprofielen gedaan hoeven te worden (of met een lage frequentie) en je weet mij te overtuigen dan ben ik tevreden. Besteed aandacht aan de argumentatie, dat is een belangrijk item van jullie opdracht.

Dit draaiboek moet onderdelen bevatten zoals:

Wanneer is het schip wat aan het doen?

Welke voorbereidingen dienen gedaan te worden: Denk hierbij aan dagelijkse controles, calibraties etc.

De Directie wil meer structuur aanbrengen in het werkprocesen voorkomen dat het schip van hot naar her vaart. Tevens heeft de Directie zich voor genomen om meer aandacht te besteden aan kwaliteitsaspecten. Welke vind jij belangrijk en waarom?



## Items van het draaiboek

- Maak een keuze voor de apparatuur
- Wanneer is het schip gereed om te meten?
- Hoe om te gaan met dagelijkse controles, calibraties etc?
- Inwinning/verwerking?
- Neem de gehele keten mee!



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Het werkgebied van de Directie Limburg bestaat uit:

1. de rivier de Maas,
2. een aantal zijkanalen,
3. meren.
4. Het loopt van Eijsden tot Lith.

De klant wil overzichtskaarten hebben die gebruikt worden voor scheepvaart doeleinden.  
Daarnaast moeten alle brugpeilers ingemeten moeten worden.

Tenslotte is de klant zeer geïnteresseerd in de ligging van het talud. Let goed op, dit zijn meerdere vragen. Is het mogelijk om een inwinbestand op te nemen, of zou je meerdere inwintechnieken toepassen?

Neem een atlas of iets dergelijks (internet) om gedetailleerde informatie te verkrijgen over het werkgebied.

## Samengevat:

- Maak een projectplan waarin je beschrijft hoe je het draaiboek zou opzetten.
- Doe aannames!
- Beargumenteer deze!