



Gebruik en bepaling van de bootgeometrie

nr. 923.00.F007

Goede Meet Praktijk

Rijkswaterstaat Voorschriften

Serie Rijkswaterstaat Voorschriften ISSN nr. 1383 - 6749.

Goede Meet Praktijk (GMP) is een samenwerkingsverband tussen specialistische diensten en de meetdiensten van de regionale directies van Rijkswaterstaat.

Dit Rijkswaterstaat Voorschrift is binnen GMP-kader een gezamenlijke uitgave van het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ en het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA.

Hoewel bij deze uitgave de uiterste zorg is nagestreefd, kunnen fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten. Het RIKZ en het RIZA en/of de leden van hun commissies in het kader van GMP aanvaarden derhalve geen enkele aansprakelijkheid, ook niet voor directe of indirecte schade, ontstaan door of verband houdende met toepassing van een door RIKZ en RIZA gepubliceerde uitgave.

Correspondentieadres:

Rijksinstituut voor Kust en Zee
t.a.v. GMP - secretariaat
Postbus 20907
2500 EX Den Haag

**Rijkswaterstaat Voorschrift****nr: 923.00.F007****Gebruik en bepaling van de bootgeometrie****1. ONDERWERP**

Dit RWSV behandelt de bepaling en het gebruik van de ruimtelijke verhoudingen tussen punten aan boord van meetvaartuigen, kortweg bootgeometrie.

2. TOEPASSINGSGBIED

De bootgeometrie is van toepassing op alle metingen, waarbij de stand van het vaartuig en de verschillen tussen de antenne- en transducerpositie en andere sensoren een rol speelt (de bootgeometrie heeft betrekking op de dagelijkse situatie bij alle meetvaartuigen). De positie van de sensor wordt eenmalig bepaald in een lokaal coördinatenstelsel aan boord. Dat geldt voor alle sensoren. Door deze relatieve bootcoördinaten vanuit de gemeten antennepositie toe te passen, rekening houdend met de gemeten koers en stand van het schip, zijn de coördinaten van de sensor te bepalen in het stelsel van het plaatsbepalingssysteem.

Nadat de bootgeometrie voor elk meetvaartuig is vastgelegd aan de hand van systematische metingen, dient de documentatie onderhouden te worden.

3. DOCUMENTATIE

De documentatie van de bootgeometrie bestaat uit een coördinatenlijst, een scheepsdiagram, een overzicht van de waarnemingen, aanmeetschetsen en foto's van de aangemeten bootgeometriepunten (zie bijlage 1).

Voor de omzetting van lokale naar kaartcoördinaten zijn de volgende RWSV's nodig:

- Antennepositie RWSV 923.00.H009 (DGPS).
 RWSV 923.00.H011 (Optisch polaire systemen).
- Koers RWSV 923.00.F008 (Gyrokompas).
- Ruimtelijke stand RWSV 923.00.F003 (Standopnemers).





Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

4. APPARATUUR

Gebruik bij het vaststellen van de bootgeometrie bij voorkeur een tachymetriesysteem. De tachymeter moet behalve naar gewone reflectors, ook naar reflecterend band kunnen meten. Andere eisen aan het instrument zijn dat de afstandmeting door de kijker plaatsvindt (er mag geen parallax optreden) en dat de compensator is uit te zetten (zodat eventuele scheepsbewegingen de metingen niet beïnvloeden). De gewenste afleesnauwkeurigheid is 10" of 0,002^s.

Verder zijn de volgende hulpmiddelen nodig:

- Reflectors (prisma's), prismastokken (met een jalonniveau).
- Reflecterend band met speciale magnetische bevestigingsplaatjes.
- Meetband, rolmaat, duimstok en schuifmaat.
- Waterpas.
- Waterpasinstrument (type "alles-vast", met helling- of kipschroef en reversieniveau) met baak.
- Foto toestel met flitser en film.
- Eventueel: enkele magnetische baken (mogelijk beschikbaar op de onderhoudswerf).

5. UITVOERINGSOPDRACHT

Bij iedere meetdienst is iemand verantwoordelijk gesteld voor het centraal bijhouden van de boot geometrie van alle schepen. De originele documentatie van alle meetvaartuigen van de meetdienst is in de centrale administratie opgenomen. Aan boord van elk meetvaartuig bevindt zich bij voorkeur niet meer dan 1 kopie van de meest recente informatie. Let erop dat er geen oude versies achterblijven.

6. WERKWIJZE

6.1 Metingen

- Meet een schip bij voorkeur op tijdens een werfbeurt. Scheepsbewegingen zijn dan minimaal. Als toch gemeten moet worden aan boord van een drijvend schip, schakel dan de compensator van de theodoliet uit, zodat de instrumentele horizon kan meebewegen met het schip. Als dat niet kan,



Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

kies dan een methode zonder theodoliet.

- Voer alle metingen uit met een afleesnauwkeurigheid van 1 mm en 10" (1 mm is op een afstand van bijna 20 m te zien in een hoek van 10").
- Stel de tachymeter op in twee of meer punten buiten het schip, van waaruit zoveel mogelijk punten aan boord te zien zijn. Bepaal de onderlinge geometrie van de opstelpunten met driehoeksmeting. Dat geldt ook voor opstelpunten aan boord.
- Bepaal de hartlijn van het schip aan de hand van punten midden op de boeg en op het achterdek. Kies hiervoor goed bereikbare punten, waarop een baak of prismastok kan staan om latere metingen te vergemakkelijken. Het is altijd handig om de roerkoning in te meten. Markeer de hartlijn op het boeisel van boeg en spiegel.
- Het is handig om haaks op de hartlijn een of twee meetlijnen te bepalen, als basis voor meetbandmetingen. Het inmeten van de middelpunten van bolders wordt sterk aanbevolen. Ook natuurlijke lijnen aan boord, zoals schotten en lasnaden, kunnen als meetlijn gebruikt worden; controleer de positie ervan en beschrijf eenduidig voor welke punten de posities gelden.
- Controleer de (geverfde) waterlijn met enkele metingen ter weerszijden van het schip op de plaats van de transducer, dikwijls gemerkt door lasdruppels. Soms zijn transducerposities boven de waterlijn gemarkeerd. Meet ook deze punten in. Controleer de eventuele diepgangmarkeringen voor en achter. Tip: meet de lengte van een prismastok met reflector en laat deze ondersteboven hangen vanaf de waterlijn, zodat de tachymeter de reflector onder het schip door kan aanmeten.
- Meet vanuit de opstelpunten horizontale richtingen, verticale hoeken en afstanden naar de gewenste en zichtbare punten. Gebruik naast een reflector op een prismastok ook reflecterend tape door het aan te brengen op plaatsen waar de reflector niet past. Meet zoveel mogelijk de punten in vanuit meerdere opstelpunten, dit ter controle. Bepaal de resterende punten in en op het schip met een meetband. Voldoende controle is hierbij alleen mogelijk door middel van een tweede onafhankelijke meting; de onafhankelijkheid is te bereiken door andere waarnemers in te zetten, die een eigen methode gebruiken.
- Punten, waarvan de bootcoördinaten op slechts een manier bepaald zijn, zijn niet geschikt als referentiepunt. Het is beter om dit soort punten niet op te nemen in de bootgeometrie.

6.2 Markering, bewaking en onderhoud

Markeringen

- Markeer alle ingemeten en geregistreerde punten. Om aan de specificaties te voldoen (zie par. 8) moet de markering voldoende scherp zijn. Als dat niet kan, vanwege de positie van het punt, maak





Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

dan een schets met een duidelijke beschrijving. Maak een goed belichte foto, waarop het al of niet gemarkeerde meetpunt met een scherp voorwerp precies is aangegeven.

- Als verticaal referentievlak (parallel aan het XY-vlak) is de ontwerpwaterlijn te gebruiken. Tijdens de bouw van het schip en opnieuw bij onderhoudsbeurten is deze op de romp geschilderd. Geregeld nameten van de waterlijkenmerken ten opzichte van het boeisel is essentieel (zie par. 6.1). Maten op scheepstekeningen gelden vaak ten opzichte van de ontwerpwaterlijn. Bedenk dat deze merken vaak louter en alleen zijn aangebracht om de diepgang van het kielvlak aan te geven en niet speciaal bedoeld voor de transducerdiepgang. De Z-coördinaat van het waterlijnvlak heeft een waarde, meestal ongelijk aan nul, ten opzichte van het gekozen referentiepunt. Voor het punt met Z-coördinaat nul kiest men meestal de fysieke onderzijde van de hoge frequentie transducer.
- ..- Een goede vorm van een diepgangs-markering op voor- en achterschip is een centimeterverdeling zoals op een E-waterpasbaak. Markeer op die manier ook de waterlijn ter hoogte van belangrijke transducers. Dit levert tevens een handige controlemogelijkheid op de stand van het schip. Kijk of de uitlezingen roll en pitch van de standopnemer hetzelfde beeld oplevert.

Opmerking

Verreweg de beste en gemakkelijkste methode voor de dagelijkse diepgangsmetingen is een standpijp in de directe nabijheid van de transducer met een open verbinding in het kielvlak, waardoor de waterstand in de boot wordt gemeten. Met een bekende standpijp- en transducerhoogte in de bootgeometrie is daaruit de transducerdiepte ten opzichte van het water simpelweg vast te stellen.

Belangrijke posities

- * De belangrijkste punten aan boord zijn de plaatsbepalingsantenne, de lodingsensor en het referentiepunt voor de inwinning- en verwerkingssoftware. Stel vast wat de kortste weg is tussen deze punten en neem daarlangs alle maten op.
- * Maak voldoende extra punten om later zelf door het meten van schuine afstanden de oorspronkelijke stand van de mast te kunnen reconstrueren of een nieuw punt in de bootgeometrie te bepalen. Denk daarbij vooruit aan het onderhoud, de bewaking van de juistheid van alle punten.
- * Controleer de meting geregeld, bijvoorbeeld maandelijks om te zien of de onderlinge posities hetzelfde zijn gebleven.
- * Onderhoud de punten, door ze langs te lopen aan de hand van het formulier Bootgeometrie (bijlage 1). Zo controleren de punten en het formulier elkaar wederzijds. Hoe vaak dit gebeurt hangt af van het belang van de punten. Controle en vernieuwing van de markeringen kunnen nodig zijn na onderhoudswerk aan het schip.
- * Ga bij de installatie van nieuwe punten uit van bestaande maten. Meestal volstaan aanvullende



Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

meetbandmetingen. Zorg ook hier weer voor onafhankelijke controle voordat het nieuwe punt in de documentatie wordt opgenomen.

7. BEREKENING EN RAPPORTAGE

7.1 Referentiestelsel

- Het resultaat van de metingen is een lijst met waarnemingen, die moet worden verwerkt tot een coördinatenlijst van de punten aan boord in een lokaal stelsel. De oorsprong van dat stelsel en de richting van de coördinaatassen zijn in beginsel vrij te kiezen. Vermeld de gekozen oorsprong en asrichtingen boven de coördinatenlijst.

Opmerking

Kies de oorsprong op een makkelijk bereikbaar en goed gedefinieerd punt, dat deel uitmaakt van het schip en niet van een meetsysteem. Anders zou bij vervanging van dat systeem de oorsprong niet meer zijn aan te wijzen. Het zwaartepunt van het schip is als oorsprong minder geschikt: enerzijds is het geen aanwijsbaar punt en anderzijds varieert het punt met de belading.

De richtingen van de positieve assen, die meestal gebruikt worden, zijn als volgt:

<i>X: naar stuurboord</i>	loodrecht op de hartlijn en parallel aan het waterlijnvlak
<i>Y: naar de boeg</i>	parallel aan hartlijn en waterlijnvlak
<i>Z: naar boven</i>	loodrecht op het waterlijnvlak

- Bij transformaties tussen coördinatenstelsels (zie par. 7.2) kan er sprake zijn van rotaties. Het ene stelsel ten opzichte van het andere is dan gedraaid om een bepaalde as. Deze rotatie is te ontbinden langs de drie coördinaatassen. De richting waarin de rotaties positief genoemd worden, is meestal rechtsonder (met zon), gezien vanuit de oorsprong langs de positieve coördinaatassen.
- Geef, om verwarring te voorkomen, op het formulier Bootgeometrie (bijlage 1) aan wat de gebruikte definities van de assen en de rotaties zijn.

7.2 Transformaties

- Voer de coördinaattransformatie uit in twee stappen.
 - 1) Reken eerst alle (polaire) waarnemingen om naar rechthoekige coördinaten in een tijdelijk stel-





Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

sel. Gebruik bijvoorbeeld een van de opstelpunten als tijdelijke oorsprong en de lijn naar een tweede opstelpunt als tijdelijke y-as. De tijdelijke z-as is de richting van de eerste as van de tachymeter. Neem voor punten die meer dan eens zijn waargenomen de gemiddelde positie en controleer of de afstand van de afzonderlijke bijdragen tot dat gemiddelde overeenkomt met waarden, die passen bij het meetinstrument (in het algemeen beter dan 3 mm). Op deze manier krijgen alle punten tijdelijke coördinaten.

2) De tweede en laatste stap is de transformatie van het tijdelijke stelsel naar het scheepsstelsel. In het algemeen is dat een driedimensionale gelijkvormigheidstransformatie, beschreven door de nulpuntsverschuiving in drie richtingen, de verdraaiing van de drie assen en de schaalfactor, dus zeven getallen.

- Deze getallen zijn exact te berekenen als er zeven coördinaten in beide stelsels bekend zijn, bijvoorbeeld van twee punten XYZ en van een derde punt Z. De zeven verschillen tussen de coördinaten in beide stelsels zijn dus bekend. Bij meer dan zeven coördinaatverschillen is vereffening nodig, bijvoorbeeld met de methode der kleinste kwadraten. Een rekenmodel is gegeven in bijlage 2.
- In de praktijk zijn er vereenvoudigingen mogelijk en hangt de oplossingsmethode samen met de beschikbare software. Al tijdens de metingen is er met deze transformatie rekening te houden door de assen van de theodoliet te laten samenvallen met de coördinaatrichtingen aan boord. De methode staat goed beschreven in Knol (referentie [1]).

7.3 Rapportage

- Werk nauwgezet en voeg de berekeningsresultaten als supplement bij het originele formulier Bootgeometrie (supplement hoeft niet als kopie aan boord te zijn). Laat de berekening onafhankelijk aantoonbaar controleren (met paraaf en datum).
- Rond alle tussenresultaten van berekeningen af op 0.1 mm en 1" (of 0,0005^s). Eindresultaten, dus de coördinaten in de lijst, moeten worden afgerond op 1 mm.

8. KWALITEITSBORGING

De toleranties van de maatvoering aan boord kan men samen laten hangen met het doel van metingen. De tabel geeft daarvan een voorbeeld met waarden (in cm). Onder normale omstandigheden kunnen de bootgeometriepunten met een precisie van beter dan 1cm bepaald worden. Door boven-



Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

staande instructies te volgen voldoen de meetresultaten in het algemeen aan de toleranties. Een makkelijk uit te voeren controle op het gelijk blijven en de precisie van de bootgeometriepunten is het meten van rechtstreekse afstanden tussen de bootgeometriepunten.

Meettoleranties bij bepaling bootgeometrie (richtcijfers)

<i>sensor</i>	<i>horizontaal</i>	<i>verticaal</i>	<i>sensor</i>	<i>horizontaal</i>	<i>verticaal</i>
DGPS OTF/RTK	0.5 cm	0.5 cm	echolood	5 cm	1 cm
DGPS	5 cm	5 cm	padloder	1 cm	1 cm
polaire systemen	2 cm	1 cm	sleppunt	5 cm	5 cm
radioplaats- bepaling	5 cm	5 cm	heave- compensator	2 cm	1 cm
standopnemer	0.5 cm	0.5 cm			

Een werkwijze om de precisie en de betrouwbaarheid van de doorberekende geometriegegevens zichtbaar te maken is een onafhankelijke meting met de tachymeter. De meest complete vorm is die waarbij het meetvaartuig nog op de werf staat en ter plekke met een **werkend plaatsbepalings, gyro-, standopnemer- en softwaresysteem** een aantal geometriepunten, zoals de positieantenne, centrale- en koptransducer en sonarsleppunt worden ingemeten door de tachymeter, (daarmee is de xyz-cirkel, van xyz-wal via DGPS, gyro, hellingen, bootgeometrie en tachymeter naar xyz-wal, weer controleerbaar gesloten). De toleranties in de verschillen tussen de posities, door het softwaresysteem berekend en de tachymeterposties op dezelfde punten, kunnen een factor 1 to 100 groter zijn dan weergegeven in de tabel. De precisie van de sensoren, positie, gyro, standopnemer en bootgeometrie werkt uiteraard door in de positie van de sensorpunten.

9. VEILIGHEID EN MILIEU

- Veel punten liggen op moeilijk bereikbare plaatsen. Extra attentie voor de persoonlijke veiligheid is gewenst. Denk aan stoten, struikelen, hete leidingen en dergelijke. Draag hoofd- en voet-bescherming (en neem een poetsdoek mee). Gebruik bij het klimmen in masten een veiligheidsgordel en zet de lijn op geschikte plaatsen vast.
- Gebruik voor de markering van punten milieuvriendelijke materialen.



**Rijkswaterstaat Voorschrift**

nr: 923.00.F007

10. REFERENTIES

Gebruik bestaande voorbeelden van andere schepen als referentie.

Een duidelijke beschrijving van het gebruik van een theodoliet in combinatie met scheefstaande schepen is te vinden in:

[1] J.J.Knol, *Maatvoering aan onder helling opgestelde objecten en op drijvende platforms*, cursus Metrologie, Schip en Werf no 26, p 440, 1981

11. BIJLAGEN

Bijlage 1: Formulier Bootgeometrie (6 bladen)

Bijlage 2: Rekenmodel.



Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

BIJLAGE 1 Formulier Bootgeometrie

- blad 1 Algemeen
- blad 2 Coördinatenlijst
- blad 3 Puntlocaties boven- en zijaanzicht
- blad 4 Waarnemingen
- blad 5 Aanmeetdiagrammen boven- en zijaanzicht
- blad 6 Foto's & aanmeetschetsen

(blad 1)

Bootgeometrie		(RWSV 923.00.F007)	
meetvaartuig:		waarnemer:	
meetdienst:		datum eerste meting:	
Referentiepunt & coördinatieassen			
referentepunt			
richting positieve X-as			
richting positieve Y-as			
richting positieve Z-as			
positieve rotatierichting vanuit de oorsprong in richting positieve assen			rechtsom / linksom
Wijzigingen / onderhoud			
datum	waarnemer	aanleiding / beschrijving / handeling	





Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

Meetvaartuig:

Ingangsdatum:

blad 2 Coördinatenlijst				
punt	omschrijving	X	Y	Z



Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

Meetvaartuig:

Ingangsdatum:

blad 3 Puntlokaties

bovenaanzicht

zijaanzicht





Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

Meetvaartuig:

Ingangsdatum:

blad 5 Aanmeetdiagrammen

bovenaanzicht

zijaanzicht



**Rijkswaterstaat Voorschrift**

nr: 923.00.F007

Meetvaartuig:

Ingangsdatum:

blad 6 Foto's & aanmeetschetsen	



Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 923.00.F007

BIJLAGE 2 Rekenmodel

Gelijkvormigheidstransformatie

Dit rekenmodel betreft de bepaling van de transformatieparameters voor een driedimensionale gelijkvormigheidstransformatie. De berekening gaat ervan uit dat van enkele punten de coördinaten in beide stelsels gegeven zijn.

De volledige transformatie wordt beschreven door zeven getallen. Aannemend dat de schaal van beide stelsels gelijk is (de schaalfactor is gelijk aan 1) blijven er nog zes getallen over: de nulpuntsverschuiving in drie richtingen en de rotaties om drie assen. Om deze zes getallen te berekenen zijn zes coördinaatverschillen nodig.

Voorbeeld:

Kies de punten, die op voor- en achterschip de hartlijn (parallel aan de Y-as) markeren. Door van deze punten de hoogte ten opzichte van het waterlijnvlak (parallel aan XY-vlak) te meten en hun onderlinge afstand langs de hartlijn, kunnen lokale coördinaten vastgesteld worden in het scheepsstelsel. Omdat de punten ook zijn aangemeten met de tachymeter (vanuit tenminste twee opstelpunten), zijn de gewenste coördinaatverschillen tussen beide stelsels te maken.

Het verband tussen de bekende coördinaatverschillen en de onbekende transformatie-parameters is

$$\begin{pmatrix} X_1 - x_1 \\ Y_1 - y_1 \\ Z_1 - z_1 \\ X_2 - x_2 \\ Y_2 - y_2 \\ Z_2 - z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & +z_1 & -y_1 \\ 0 & 1 & 0 & -z_1 & 0 & +x_1 \\ 0 & 0 & 1 & +y_1 & -x_1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & +z_2 & -y_2 \\ 0 & 1 & 0 & -z_2 & 0 & +x_2 \\ 0 & 0 & 1 & +y_2 & -x_2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \\ r_x \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix}$$

In deze matrixvergelijking staan de coördinaten van het ene stelsel (bijvoorbeeld het scheepsstelsel) in hoofdletters en die van het andere stelsel (bijvoorbeeld het tijdelijke stelsel) in kleine letters. De beide



**Rijkswaterstaat Voorschrift**

nr: 923.00.F007

punten zijn aangeduid als punt 1 en 2. In de vector met onbekenden helemaal rechts staan de nul-puntsverschuivingen in drie richtingen en de rotaties rond drie assen.

De zes onbekenden zijn op te lossen door de matrix van het rechterlid te inverteren en te vermenigvuldigen met de vector van coördinaatverschillen. Het inverteren van een 6 x 6 matrix is goed te doen op een handcalculator.

Strathmore
WRITING 25% COTTON
RECYCLED

RIKZ • RIZA • MIVD • Meetdiensten: Noord-Nederland • Noord-Holland • Zuid-Holland • Zeeland • IJsselmeergebied • Oost-Nederland • Limburg • Noordzee

