

# GPS-antennekalibratie voor NETPOS

Om efficiënt en onafhankelijk 'real time kinematic'-metingen (RTK) met GPS uit te kunnen voeren, heeft het Kadaster een eigen referentienetwerk gebouwd met de naam NETPOS (Netherlands Positioning Service). Naast het Kadaster maken ook het KNMI en de Adviesdienst Geo-informatie van ICT van Rijkswaterstaat gebruik van dit referentienetwerk. NETPOS bestaat uit 31 referentiestations (fig. 1) die zijn uitgerust met een ontvanger en antenne van Topcon. De ontvanger (Odyssey RS) is onder andere gekozen omdat deze ook GLONASS-signalen kan ontvangen en vanwege de mogelijkheid dat deze direct op een communicatienetwerk aangesloten kan worden zonder een PC. Enkele redenen om de PG A1-antenne te gebruiken, waren de kleine afmetingen (14 cm) en het lichte gewicht (0,5 kg). De data van de referentiestations worden iedere seconde via voornamelijk interne communicatienetwerken naar het rekencentrum gestuurd. Programmatuur van Geo++ verwerkt de data en voorziet de landmeters van correcties via een gsm-verbinding. De gespecificeerde precisie van NETPOS is 1 cm voor de geografische lengte en breedte en 3 cm voor de ellipsoidische hoogte.



Fig 1. De referentiestations en het dekkinggebied van NETPOS ([www.netpos.nl](http://www.netpos.nl)).

## Kwaliteitsmeting

Om de precisie van NETPOS te controleren, zijn testmetingen uitgevoerd op 84 GPS-kernnetpunten. Het kernnet is een netwerk van ruim vierhonderd passieve referentiepunten in Nederland die zijn ingemeten ten opzichte van het AGRS (Actief GPS Referentie-Systeem). Ook de coördinaten van de NETPOS-stations zijn bepaald ten opzichte van het AGRS. Het AGRS vormt met vijf stevig gefundeerde permanente GPS-stations met choke-ring-antennes de basis van de geometrische infrastructuur van Nederland. De precisie van het kernnet is beter dan 1 cm horizontaal en 3 cm verticaal. Op ieder punt van de 84 geselecteerde GPS-kernnetpunten zijn met een GPS-rover tien initialisaties van elk tien metingen uitgevoerd. Op basis van deze waarnemingen is de standaardafwijking ten opzichte van het gemiddelde berekend. Deze blijkt 6 mm voor de geografische lengte, 9 mm voor de breedte en 17 mm voor de hoogte te zijn, wat keurig binnen de specificaties van NETPOS valt.

## Probleem: hoogtefout

Bij de kwaliteitsmeting bleek er echter een probleem te zijn met de hoogtecomponent. Hoewel de precisie van de hoogte ruim binnen de opgestelde limiet van 3 cm viel, bleek deze een systematische fout van 31 mm te hebben. Alle met NETPOS gemeten hoogtecoördinaten waren te hoog! Vele controles en extra testmetingen volgden maar zowel de coördinaten van de referentiestations als de antennehoogte en alle

andere mogelijke instellingen die verantwoordelijk zouden kunnen zijn voor een fout in de hoogte bleken correct te zijn. Aangezien de hoogtefout niet helemaal constant was en van dezelfde orde grootte als de meetruis, was het niet eenvoudig de testmetingen te beoordelen. Omdat we geen fouten constateerden in de opgegeven parameters en coördinaten, hebben we contact opgenomen met Geo++, de leverancier van de netwerkprogrammatuur. Bij Geo++ werd gesuggereerd dat, hoewel de antenne gekalibreerd was, de stalen mast die voor het opstellen van de antennes (fig. 2) was gebruikt de fasecentrumvariatie van de antenne zou kunnen beïnvloeden. Geo++ bood aan de antenne opnieuw te kalibreren, ditmaal met de mast.

## Oplossing: kalibratie met mast

Antennekalibratie bij Geo++ is een absolute kalibratie met behulp van een robot die de antenne in alle richtingen draait en kantelt. Om multipath te kunnen onderscheiden van fasecentrumvariaties zijn namelijk snelle, precies bekende veranderingen in de oriëntatie van de antenne noodzakelijk [Wübbena e.a., 2000]. Voor beide GPS-frequenties wordt zowel de absolute, driedimensionale gemiddelde positie van het fasecentrum als de absolute, van elevatie en azimutafhankelijke fasecentrumvariaties bepaald. De fasecentrum-

*Ir. J. Lesparre,  
geodetisch adviseur  
Kadaster.  
jochem.lesparre  
@kadaster.nl*



Fig 2. Antenne met mast van NETPOS.

variatie wordt gemodelleerd met een sferisch harmonische functie (fig. 3). Op basis van herhalingsmetingen blijkt de nauwkeurigheid van zo'n kalibratie ongeveer 1 mm te zijn [Schmitz e.a., 2004].

Het kalibreren van de antenne met de hele mast was niet mogelijk omdat de stalen buis van de mast te zwaar zou zijn voor de kalibratie-robot. Aangezien objecten in de directe nabijheid van de antenne bovendien de meeste invloed hebben, is alleen het bovenste en dus belangrijkste deel van de mast gebruikt voor de herkalibratie. Dit omvatte het 10 cm lange tussenstukje, de bevestigingsbout met richtmerk en de twee ronde platen met stelschroeven om de bovenplaat horizontaal te kunnen stellen (fig. 4).

De verschillen tussen de kalibratie met en kalibratie zonder het bovenste deel van de antennemast in het gemiddelde fasecentrum zijn 3 mm voor de frequentie L1 en 9 mm voor L2. De verschillen zijn het grootst voor de hoogtecomponent. De elevatie- en azimuthafhankelijke variaties rond dit gemiddelde verschillen voor de twee kalibraties maximaal 3 mm voor L1 en 8 mm voor L2 (fig. 5). De invloed van de antennebevestiging en de directe omgeving van de antenne op het fasecentrum wordt het 'near-field-effect' genoemd. Dit effect wordt voornamelijk veroorzaakt door zeer lang periodiek multipath en elektromagnetische interactie tussen de antenne en objecten in de nabijheid [Schmitz e.a., 2004].



Fig 4. Kalibratie-robot met NETPOS-antenne en het bovenste deel van de mast.

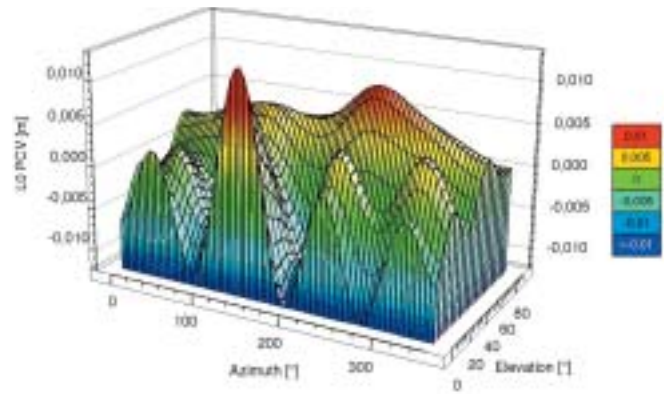


Fig 3. Gemodelleerde fasecentrumvariatie van PG A1-antenne met het bovenste deel van de mast.

Door gebruik te maken van de correcties van nieuwe antennekalibratie verdween de hoogtefout van 31 mm in de positiebepaling van de rover. Dit is opmerkelijk aangezien de verschillen in het gemiddelde fasecentrum en de fasecentrumvariatie beide kleiner zijn dan een centimeter. Bovendien zou men verwachten dat het near-field-effect op het gemiddelde fasecentrum weg valt tegen dezelfde fout in de coördinaatbepaling van het referentiestation.

Een klein near-field-effect kan een veel groter gevolg hebben voor de RTK-metingen met een rover. Volgens Geo++ zijn hiervoor drie redenen. Ten eerste is het effect op de ionosfeervrije lineaire combinatie door de verschillende invloed op de L1- en L2-frequentie ongeveer drie keer zo groot als het effect op het fasecentrum zelf. Dit effect is aanwezig. Het verschil tussen de fasecentrumvariaties van de twee kalibraties is voor de ionosfeervrije lineaire combinatie daardoor groter: maximaal 17 mm (fig. 6). Ten tweede wordt het near-field-effect versterkt door iedere vorm van troposfeermodellering. Atmosfeereffecten en fasecentrumvariaties hebben beide invloed op de gemeten afstand in de richting van de satelliet. Hierdoor kunnen ongemodelleerde fasecentrumvariaties niet onderscheiden worden van de troposferische vertraging en zullen daarom gemodelleerd worden als troposfeereffecten door de netwerksoftware. Ook dit effect, dat voornamelijk invloed heeft op de hoogte, is aanwezig. Ten derde kan door ongemodelleerde fasecentrumvariaties de satellietgeometrie invloed hebben

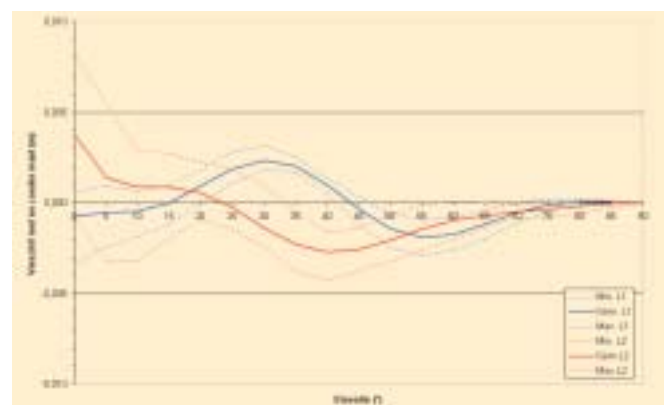


Fig 5. Verschil tussen de twee kalibraties in de fasecentrumvariatie voor de twee GPS-frequenties (L1 en L2).

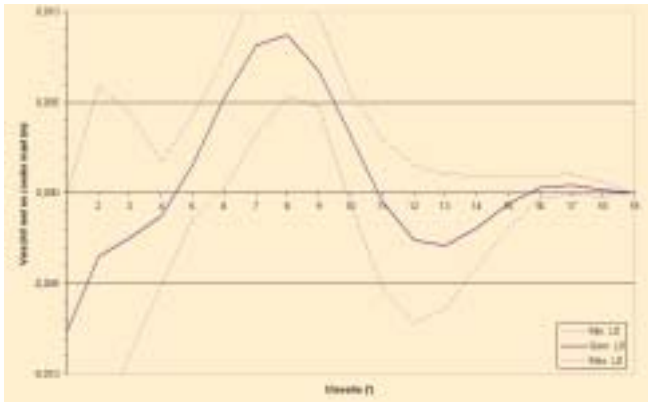


Fig. 6. Verschil tussen de twee kalibraties in de fasecentrumvariatie voor de ionosfeervrije lineaire combinatie (L0).

op de meetfout, wat extra systematische en tijdafhangelijke effecten oplevert. Deze drie onderdelen van het near-field-effect samen verklaren de hoogtefout van 31 mm die door antennekalibratie met het bovenste deel van de antennemast verdween.

De invloed van de antennebevestiging op een choke-ring-antenne zou waarschijnlijk kleiner geweest zijn. Desalniettemin waren wij verbaasd over de invloed die de antennebevestiging kan hebben op het gemiddelde en variaties van het fasecentrum en nog meer over de gevolgen voor de met een rover gemeten hoogte.

## Conclusies

De invloed van de antennemast en -bevestiging op het fasecentrum van een niet-choke-ring-antenne kan bijna een centimeter zijn voor zowel het gemiddelde als voor de elevatie- en azimutafhankelijke variatie. Dit wordt het near-field-effect genoemd.

De gevolgen voor de hoogtebepaling van de rover zijn niet van dezelfde orde als de invloed op het antennefasecentrum. Deze kunnen meer dan drie keer zo groot zijn, als gevolg van de verschillende invloed op de L1- en L2-fre-

quentie en doordat niet-gemodelleerde fasecentrumvariatie de troposferische modellen verstoort. De uiteindelijke gevolgen van de antennemast en -bevestiging kunnen meer dan 3 cm zijn voor de met een rover gemeten hoogte. Kalibratie van de antenne inclusief (het bovenste deel van) de mast kan dit corrigeren.

Het near-field-effect op antennes zou van belang kunnen zijn voor alle GPS-gebruikers met permanente referentiestationen. Het Kadaster heeft besloten alle nieuwe antennes die het plaatst op permanente stations individueel en inclusief de bevestiging te laten kalibreren. ■

## Literatuur

- Lesparre, J., *The impact of the antenna mounting on the phase centre variation*. EUREF-symposium, 14-17 juni 2006, Riga, Letland.
- NETPOS, *Netherlands Positioning Service*. Internetpagina, Kadaster, Apeldoorn, 2006. [www.netpos.nl](http://www.netpos.nl), bezocht: 14 april 2006.
- Schmitz, M., G. Wübbena en G. Boettcher, *Near field effects of a car roof on TPSHIPER\_PLUS phase variations*. Geo++ white paper, Geo++, Garbsen, Duitsland, 2004. [www.geopp.de/download/wp\\_nearfield\\_mpc\\_f.pdf](http://www.geopp.de/download/wp_nearfield_mpc_f.pdf), bezocht: 14 april 2006.
- Wübbena, G., M. Schmitz, F. Menge, V. Böder en G. Seeber, *Automated absolute field calibration of GPS antennas in real-time*. ION GPS 2000, 19-22 september 2000 in Salt Lake City, VS.

## ZO KAN HET NIET!

De onder meer door geodeten vereerde Leidse professor Snellius (1580-1626) komt regelmatig in dit blad aan de orde. Nieuw is de weergave van een al jaren naar hem genoemd straatje in Leiden op de grote stadsplattegrond voor het NS-station, zeg maar een nieuwe kaart op straat. Staat in het register daarop correct Snellius-



plaats, in de kaartbeschrifting is dat Snelliusplaats. Onder het motto 'Zo kan het niet' moet vanuit de kartografische theorie harmonisatie tussen het register en de beschrifting worden aanbevolen!

Adri den Boer