



Datum
22 november 2013

Onderwerp
NTv2 en VDatum correctiegrids voor de
transformatie tussen ETRS89 en RD/NAP

Van
Lennard Huisman

Contactgegevens
T (088) 183 48 78, F (088) 183 20 79
lennard.huisman@kadaster.nl

Blad
1 van 8

Aan

-

Kopie aan

-

Inleiding

Voor het transformeren van ETRS89-coördinaten naar RD/NAP-coördinaten en vice-versa is de procedure RDNAPTRANS™*yyyy* van toepassing. Hierbij is *yyyy* het jaartal van de meest recente versie is, momenteel geldt *yyyy*=2008. De procedure RDNAPTRANS™ is onder andere beschreven in [1]. Tussen verschillende versies van de procedure kunnen de volgende verschillen bestaan:

- gewijzigde 7-parameter transformatie van ETRS89 naar Bessel1841
- gewijzigd correctiegrid voor RD-coördinaten
- gewijzigd geoidgrid voor de relatie tussen ellipsoïdische hoogten en NAP

Voor het correctie- en geoidgrid geldt dat interpolatie plaats volgens RDNAPTRANS™ vindt met behulp van de Overhauser-spline methode. Naar aanleiding van signalen uit PDOK, verzoek van GIS-software ontwikkelaars en een onderzoek naar gevolgen van INSPIRE specificaties voor het AHN [2], is gebleken dat vooral het correctiegrid van de RDNAPTRANS™ niet is geïmplementeerd in GIS-pakketten. Twee redenen zijn aangegeven waarom dit niet het geval is:

- 1) Het bestandsformaat van het correctiegrid is niet een standaard.
- 2) De interpolatie met Overhauser-splines is te ingewikkeld

Vanuit PDOK is er behoefte aan een GIS-vriendelijke transformatie tussen RD/NAP en ETRS89. Op basis van beschikbare oplossingen voor het toepassen van correctiegrids van andere landen in GIS-pakketten is een Bètaoplossing gekozen in de vorm van het genereren van correctiegrids in het NTv2-formaat (horizontaal) en VDatum-formaat (geoid). Beide grids zijn afgeleid van RDNAPTRANS™*2008*, en zijn dus niet een vervanger van RDNAPTRANS™. De gekozen oplossing heeft voor de volgende beperkingen:

- 1) Het NTv2-grid geeft alleen binnen 1 millimeter gelijke resultaten als RDNAPTRANS™*2008* op maaiveld niveau voor het vaste land en 0 meter NAP voor wateroppervlakken. De afwijking ten opzichte van RDNAPTRANS™*2008* in hoogte is circa 1 millimeter per 50 meter.
- 2) De uitzondering op 1) is de contour van het RD-correctiegrid, hiervoor zijn lokaal afwijkingen tot twintig centimeter.
- 3) Het VDatum-grid kan niet worden gebruikt voor het bepalen van schietloodafwijkingen, zoals het NLGEO2004 grid van RDNAPTRANS™.

- 4) Het VDatum-grid geldt ten opzichte van de Bessel1841-ellips, hierdoor kan het alleen worden gebruikt in combinatie met het NTv2-grid.

Voor een volgende versie van de NTv2- en Vdatum-grids wordt gezocht naar een oplossing van deze beperkingen.

Correctiegrids in het buitenland

Nederland is niet het enige land met een correctiegrid. Andere landen hebben als gevolg van wijzigingen van referentiesysteem en/of de introductie van GNSS en de daaropvolgende constatering dat de bestaande nationale referentiestelsels systematische afwijkingen vertoonden, gekozen voor correctiegrids en een bijbehorende interpolatiemethode. In de periode van berekening van het Nederlandse grid en de grids in andere landen was er voornamelijk een nationaal belang en werden grids in eigen formaten opgeslagen. Inmiddels hebben een aantal landen, zie Tabel 1, gekozen voor het Canadese NTv2 (National Transformation version 2) formaat [4] dat ondersteund wordt in verschillende GIS-pakketen. Het NTv2-formaat voorziet alleen in horizontale correcties, voor hoogte correcties is niet een defacto standaard beschikbaar, binnen de Open Source GIS-pakketten is het VDatum (Vertical Datum Transformation) formaat [5] beschikbaar.

Tabel 1: Landen met een correctiegrid in NTv2-formaat

Australië	Oostenrijk
Brazilië	Portugal
Canada	Spanje
Duitsland	Verenigde Staten
Groot-Brittannië	Zuid-Afrika

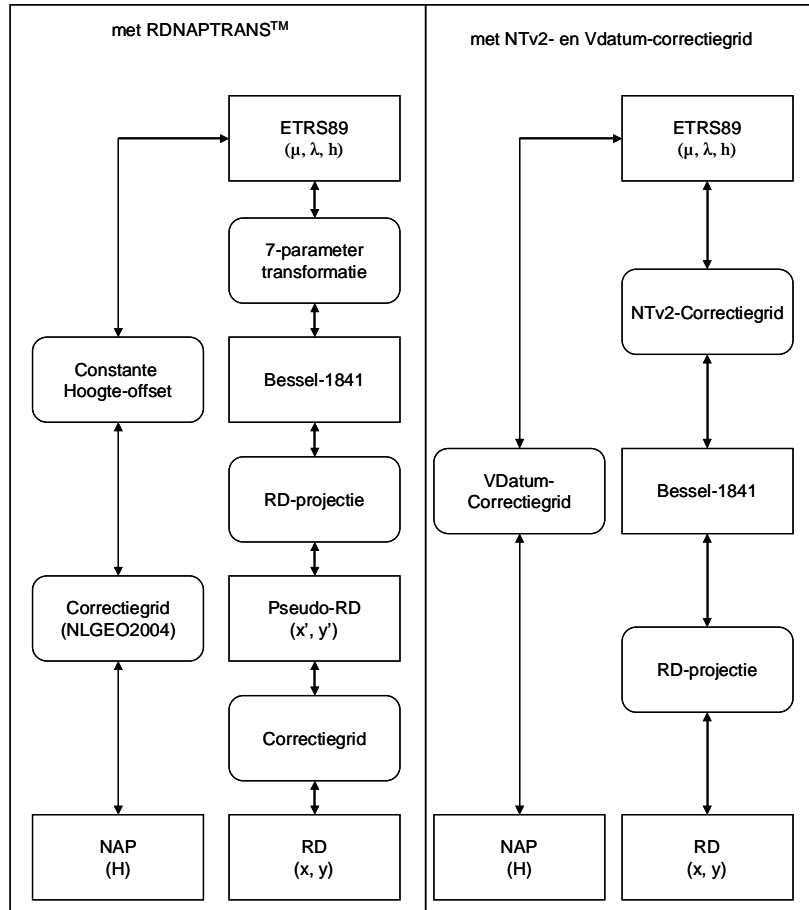
Verschillen tussen de RDNAPTRANSTM procedure en de NTv2+VDatum-procedure

De procedure RDNAPTRANSTM en de procedure volgens NTv2+VDatum zijn afgebeeld rechts van de bestaande procedure in Figuur 1. Een belangrijk verschil is dat het RDNAPTRANSTM-correctiegrid wordt toegepast op geprojecteerde Pseudo-RD-coördinaten, terwijl het NTv2-correctiegrid wordt toegepast op ellipsoïdische coördinaten. Er is gekozen om de procedure met NTv2 zo direct mogelijk te houden door een correctiegrid van de Bessel1841 ellipsoïde naar ETRS89 te bepalen. Deze keuze heeft als consequentie dat er een hoogte afhankelijkheid ontstaat. Alternatief zou er een correctiegrid voor Bessel1841 kunnen worden gegenereerd, in dit scenario blijft de 7-parameter transformatie bestaan. In de gekozen benadering zijn de horizontale correcties, de 7-parameter transformatie en het correctiegrid van RDNAPTRANSTM in de NTv2-procedure vervangen door een enkel correctiegrid.

Voor interpolatie van grids in het NTv2-formaat wordt gebruik van de bi-lineaire interpolatiemethode. RDNAPTRANSTM maakt gebruik van interpolatie door middel van Overhauser-splines. De bi-lineaire interpolatiemethode en de interpolatie met Overhauser-splines hebben andere eigenschappen. De belangrijkste verschillen zijn:

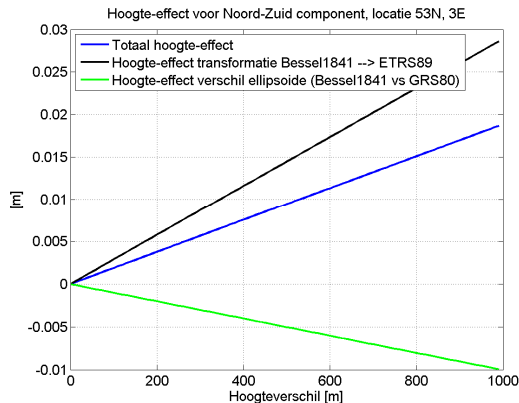
- 1) Bi-lineair maakt gebruik van 4 omliggende grid punten in de interpolatie, terwijl een Overhauser-spline gebruik maakt van 16 omliggende grid punten.
- 2) Overhauser-splines geven een continue overgang op randen van gridcellen, deze eigenschap maakt het mogelijk om uit het NLGEO2004-geoïdegrid schietloodafwijkingen te bepalen. Bij bi-lineaire interpolatie is er geen continue overgang op randen van gridcellen.

Transformatie tussen ETRS89 en RD/NAP

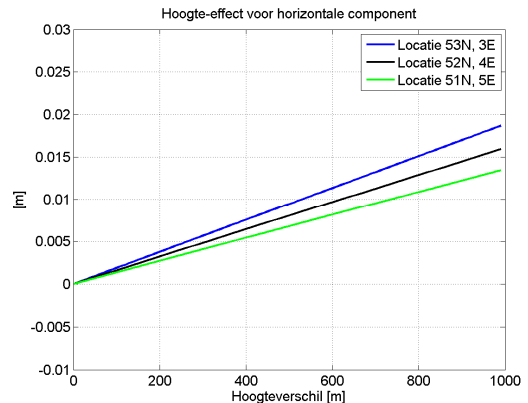


Figuur 1: Bestaande RDNAPTRANS™ procedure (links) en procedure met NTv2+VDatum-grids (rechts)

Software van derden mag de naam RDNAPTRANS™ dragen wanneer verschillen tussen de transformatie software van derden en een gegeven testset van coördinaten kleiner dan 1 millimeter is. Verschillen ten opzichte van interpolatie met Overhauser-splines in de x- en y-component afzonderlijk zijn maximaal 7 millimeter bij bi-lineaire interpolatie van het 1x1 kilometer correctiegrid. Interpolatie van het bestaande RD-correctiegrid door middel van bi-lineaire interpolatie mag dus niet de naam RDNAPTRANS™ dragen, omdat de verschillen groter dan 1 millimeter zijn. Om met behulp van de bi-lineaire interpolatiemethode tot gelijke interpolatieresultaten te komen als met de interpolatie met Overhauser-splines, is een verdichting van het RD-correctiegrid noodzakelijk. Door het toepassen van de correctie op een regelmatig grid van ellipsoïdische coördinaten in plaats van een regelmatig grid van geprojecteerde RD-coördinaten is het in ieder geval noodzakelijk om een nieuw grid af te leiden. Het van RDNAPTRANS™₂₀₀₈ berekende NTv2-grid heeft is een 30 x 30 “-grid (breedte x lengte), het afgeleide VDatum-grid is een 30 x 60 “-grid (breedte x lengte).



Figuur 2: Hoogte-effect voor Noord-Zuid component, locatie 53N 3E



Figuur 3: Hoogte-effect voor verschillende locaties

Hoogteafhankelijkheid van het NTv2-grid

Door het zo direct mogelijk houden van de NTv2-procedure is voor de bepaling van het NTv2-correctiegrid de verschuiving in ellipsoïdische coördinaten berekend tussen de ETRS89 en Bessel1841 ellipsoïde. De verschuiving in ellipsoïdische coördinaten bevat de 7-parameter transformatie tussen ETRS89 en de Bessel1841 ellipsoïde, het verschil tussen de definitie van de ellipsen (verschillen in lengte van de lange as en afplating) en het RD-correctiegrid. De eerste twee componenten maken de berekenende verschuivingen hoogte afhankelijk. De afzonderlijke effecten, transformatie en verschillende ellips, en het totale hoogte effect in de Noord-Zuid component zijn afgebeeld voor locatie 53^N, 3^E in Figuur 2. Door de transformatie is het hoogte-effect locatieafhankelijk. Figuur 3 geeft voor drie locaties het hoogte-effect, het effect is in de orde van 1 millimeter per 50 meter hoogte verschil. De effecten van transformatie en verschillende ellips zijn tegengesteld, zoals is te zien in Figuur 2, maar heffen elkaar niet op.

Bij het bepalen van de verschuiving tussen Bessel1841 en ETRS89 is rekening gehouden met het hoogte-effect. Op basis van het SRTM hoogtemodel [7] is het NTv2-grid berekend op maaiveldniveau. Het SRTM hoogtemodel is gebruikt omdat het, in tegenstelling tot AHN, ook hoogten geeft voor het geldigheidsgebied van RDNAPTRANS buiten de Nederlandse grens. Er bestaan overigens nauwkeurigere hoogtemodellen dan SRTM, maar de nauwkeurigheid van SRTM was voldoende voor deze toepassing.

Contour van het RD-correctiegrid

Omdat de RD-coördinaten in de definitie RD afgeleid zijn van ETRS89, zouden RD-coördinaten in geheel Europa berekend kunnen worden. Ver buiten de GPS-kernetpunten die aan de transformatie van ETRS89 naar RD ten grondslag liggen, heeft dat echter geen praktische betekenis. Voor de geldigheid van de RD-definitie is daarom bij de definitie van RD in 2000 een gebied vastgesteld. Dit geldigheidsgebied omvat:

- alle RD-punten;
- alle kaartbladen van de Topografische Dienst Nederland;
- het geldigheidsgebied van het geoidemodell van De Min.



Op basis van dit geldigheidsgebied is het RD-correctiegrid bepaald, op de grenzen van het geldigheidsgebied varieert de correctie tussen 0 en 25 centimeter.

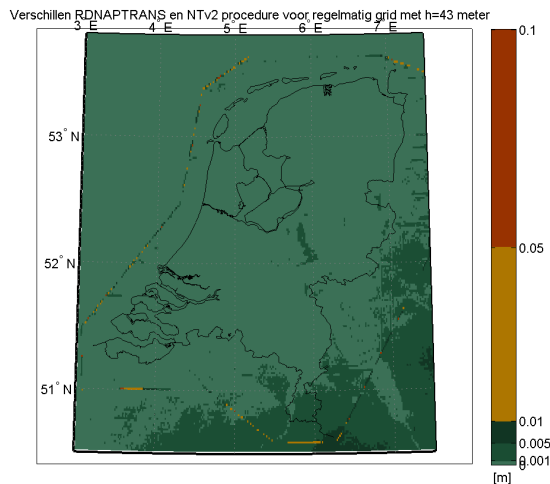
Binnen de nieuwe Wet ruimtelijke ordening (Wro), die per 1 juli 2008 van kracht is geworden, is het publiceren van een digitaal ruimtelijke plan is een verplicht onderdeel. Om dit op de juiste manier mogelijk te maken, is er een pakket RO Standaarden ontwikkeld. Binnen de Wro wetgeving en de RO Standaarden wordt het gebruik van het stelsel van de rijkdriehoeksmeting (RD) bindend voorgeschreven. Hierbij is echter geen rekening gehouden met het geldigheidsgebied van RD, dat zich niet uitstrekt tot de volledige Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ), het stuk van de Noordzee dat tot Nederland behoort. Dit vormt een probleem voor ruimtelijke ontwikkelingen die zich uitstrekken op de Noordzee. Als oplossing voor dit probleem is besloten dat bij de transformatie van coördinaten waarvoor het correctiegrid geen dekking heeft het resultaat toch als RD bestempeld mag worden [6].

Buiten het correctiegrid wordt als gevolg van het uitbreiden van het geldigheidsgebied van RD geen correctie toegepast, of anders verwoord een correctie met de waarde nul. Afhankelijk van de gekozen interpolatie methode (Overhauser-splines of bi-lineair) levert dit grote verschillen op, alleen door het correctiegrid vele malen te verdichten kan dit verschil worden opgelost, zonder het bestaande RD-correctiegrid te wijzigen. Met de verdichting van 30 x 30 " zijn de verschillen tot maximaal twintig centimeter op de contour. Er is gekozen om dit verschil te laten bestaan en als beperking van de NTV2-procedure ten opzichte van RDNAPTRANS™ te accepteren. Om dit probleem op te lossen zou het RD-correctiegrid bij een nieuwe versie van RDNAPTRANS™ kunnen worden aangepast zodanig dat het grid uitdempt naar een correctie van nul. Figuur 4 geeft de verschillen voor de volledige EEZ tussen RDNAPTRANS en NTV2-procedure voor 43 meter ellipsöidische hoogte, bij benadering 0 meter NAP. De resultaten met toepassing van het NTV2-grid zijn berekend met behulp van Open Source software (proj4-bibliotheek en cs2cs programma). Behalve de verschillen op de contour is ook het hoogte effect in Limburg zichtbaar, omdat NTV2 voor maaiveld geldt en dit in Limburg meer dan 100 meter boven NAP ligt (het is dus juist dat dit verschil zichtbaar is voor Limburg).

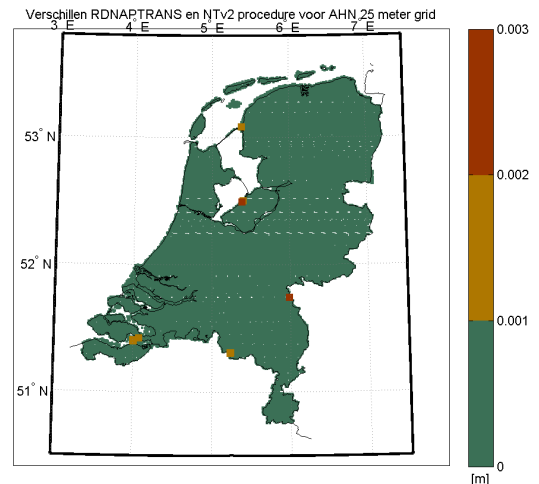
Transformatie van het AHN 25 meter hoogtegrid met NTV2- en VDatum correctiegrids

Met behulp van Open Source software (proj4 bibliotheek en cs2cs programma) is het NTV2- en VDatum-correctiegrid getest op het AHN 25 meter hoogtegrid. Het resultaat is weergegeven in Figuur 5. Op 35 van de 3,67 miljoen AHN-punten is het verschil groter dan 1 millimeter, echter voor naburige punten geldt dit in het algemeen niet (behalve in het gebied bij Zeeland). De geïsoleerde uitschieters zijn discontinuïteiten in het AHN 25 meter grid. Het gebied in Zeeland wordt veroorzaakt door de gradiënt van het RD-correctiegrid ter plaatste. De verschillen liggen tussen 1 en 1.5 millimeter. Deze verschillen zouden onder 1 millimeter kunnen worden gebracht door het NTV2-grid verder te verdichten, echter hierdoor wordt het aantal punten in het NTV2-grid minimaal vier keer zo veel en de omvang van het binaire bestand eveneens ongeveer vier keer zo groot. Er is gekozen dit niet te doen.

Voor de hoogte is het VDatum-transformatie bestand bepaald. Controle door transformatie van het AHN 25 meter hoogtegrid, met zowel RDNAPTRANS™ en NTV2+VDatum geeft verschillen van minder dan 1 millimeter in hoogte voor het volledige AHN 25 meter grid.



Figuur 4: Verschillen RDNAPTRANS en NTV2 procedure voor regelmatig grid met ellipsoïdische hoogte 43 meter



Figuur 5: Verschillen RDNAPTRANS en NTV2-procedure voor AHN 25 meter hoogtegrid

Het Ntv2-grid is eveneens getest met de GIS-pakketten QGIS 1.8.0, ArcGIS10.1 en FME2013. Bij deze pakketten zijn de testpunten van RDNAPTRANS™ getransformeerd, ook hier zijn verschillen van minder dan 1 millimeter geconstateerd.

Conclusies en aanbevelingen

Op basis van RDNAPTRANS™2008 is een NTV2- en VDatum-grid afgeleid voor een GIS-vriendelijke transformatie tussen RD/NAP en ETRS89. Doordat de NTV2- en VDatum-grids zijn afgeleid van RDNAPTRANS™ is het nadrukkelijk geen vervanger. De gekozen oplossing is een Bètaversie en heeft voor de volgende beperkingen:

- 1) Het NTV2-grid geeft alleen binnen 1 millimeter gelijke resultaten als RDNAPTRANS™2008 op maaiveld niveau voor het vaste land en 0 meter NAP voor wateroppervlakken. De afwijking ten opzichte van RDNAPTRANS™2008 in hoogte is circa 1 millimeter per 50 meter.
- 2) De uitzondering op 1) is de contour van het RD-correctiegrid, hiervoor zijn lokaal afwijkingen tot twintig centimeter.
- 3) Het VDatum-grid kan niet worden gebruikt voor het bepalen van schietloodafwijkingen, zoals het NLGEO2004 grid van RDNAPTRANS™.
- 4) Het VDatum-grid geldt ten opzichte van de Bessel1841-ellips, hierdoor kan het alleen worden gebruikt in combinatie met het NTV2-grid.

In een volgende versie worden oplossingen gezocht voor de bovenstaande beperkingen. Beperking 1) kan bijvoorbeeld worden opgelost door het Ntv2-grid te bepalen ten opzichte van de Bessel1841 ellipsoïde, hierdoor valt de 7-parameter transformatie uit het NTV2-grid, deze moet dan als extra stap worden



uitgevoerd binnen GIS-pakketen. Beperking 2) kan worden opgelost door het RD-correctiegrid aan te passen zodanig dat het grid uitdempt naar een correctie van nul. Dit is een aanbeveling bij een nieuwe versie van RDNAPTRANS™. Beperking 3) is niet op te lossen, maar een eigenschap van de interpolatiemethode. Beperking 4) kan worden opgelost door een VDatum-grid te creëren dat voor de ETRS89 ellipsoïde geldt.

Literatuur

- [1]. De Bruijne, A., Van Buren, J., Kösters, A., Van der Marel, H., *De geodetische referentiestelsels van Nederland*, Nederlandse Commissie voor Geodesie 43, Delft, 2005. 132 pagina's
- [2]. Quak, W., Tijssen, T., de Vries, M., *INSPIRE tests for RWS (Elevation)*, Presentation 27-10-2011
- [3]. Strang van Hees, G., *Globale en lokale geodetische systemen*, Nederlandse Commissie voor Geodesie 30, Delft 2006. 84 pagina's.
- [4]. Junkins, D.R., Farley, S.A., *NTv2 Developers Guide*, Geodetic Survey Division, Natural Resources Canada, 1995.
- [5]. National Oceanic and Atmospheric Administration, *VDatum Development*, <http://vdatum.noaa.gov/development.html>, geraadpleegd 15 april 2013
- [6]. Kadaster, *Coördinatentransformatie RDNAPTRANS™*, <http://www.kadaster.nl/web/Themas/themaartikel/dossierartikel/Coördinatentransformatie-RDNAPTRANS™.htm>, geraadpleegd 15 april 2013
- [7]. Farr, Tom G., Paul A. Rosen, Edward Caro, Robert Crippen, Riley Duren, Scott Hensley, Michael Kobrick et al., *The shuttle radar topography mission*, Reviews of Geophysics 45, no. 2, 2007.

Bijlage: Toepassing in Open Source proj4-bibliotheek

De van RDNAPTRANS™2008 afgeleide grids hebben de volgende namen:

NTv2-grid: rdtrans2008.gsb

VDatum-grid: naptrans2008.gtx

De begrenzingen van de grids, in Bessel-1841 geografische coördinaten, zijn:

	NTv2-basisgrid	NTv2-subgrid	VDatum-grid
Breedte Minimum	50° 30' 00.000''	50° 30' 00.000''	50° 30' 00.000''
Breedte Maximum	55° 50' 00.000''	54° 00' 00.000''	55° 50' 00.000''
Breedte Interval	00° 05' 00.000''	00° 00' 30.000''	00° 00' 30.000''
Lengte Minimum	02° 30' 00.000''	03° 00' 00.000''	02° 30' 00.000''
Lengte Maximum	07° 40' 00.000''	07° 40' 00.000''	07° 40' 00.000''
Lengte Interval	00° 05' 00.000''	00° 00' 30.000''	00° 01' 00.000''

De string voor definiëren van RD/NAP met de NTv2- en VDatum-grid in een proj4 (Open Source) bibliotheek:



Datum
22 november 2013
Onderwerp
NTv2 en VDatum correctiegrids voor de
transformatie tussen ETRS89 en
RD/NAP
Blad
8 van 8

```
# RDNAPTRANS with NTv2 and VDatum
<rdnap> +proj=sterea +lat_0=52.15616055555555 +lon_0=5.38763888888889
+k=0.9999079 +x_0=155000 +y_0=463000 +ellps=bessel +nadgrids=rdtrans2008.gsb
+geoidgrids=naptrans2008.gtx +units=m +no_defs <>

# RDNAPTRANS with NTv2 only
<rd> +proj=sterea +lat_0=52.15616055555555 +lon_0=5.38763888888889
+k=0.9999079 +x_0=155000 +y_0=463000 +ellps=bessel +nadgrids=rdtrans2008.gsb
+units=m +no_defs <>
```

Bij gebruik in Quantum GIS is de toevoeging van de optie `+wktext` nodig na de optie `+nadgrids` en moet het volledige pad naar de correctie grids worden gegeven.

Aanroepen van RD/NAP naar ETRS89 (EPSG-code 4258) transformatie met `cs2cs`:

```
>> cs2cs +init=<filename>:rdnap +to +init=epsg:4258
```

Fout met `cs2cs`

De gebruikte versie 4.7.1 van `cs2cs` voor het testen van de NTv2-en VDatum grids geeft onjuiste resultaten op de noordelijke begrenzing van het subgrid, de grootte van deze fout is gemiddeld 15 millimeter. Implementatie van de NTv2-methode in Matlab® kent dit probleem niet.