

Uitvoeren van GPS-metingen met behulp van Flemish Positioning Service (FLEPOS)

Identificatie	A-GISVL-008-1.4
Versie	1.5 - 1
Publicatie	2014/06/02
Achtergrond	Vrijwel alle grootschalige karteringsactiviteiten in Vlaanderen maken sinds eind jaren '90 gebruik van FLEPOS.
Auteur	Björn De Vidts – Bart Dierickx – Rembert Jans

Inhoud

Uitvoeren van GPS-metingen met behulp van Flemish Positioning Service (FLEPOS)	1
Inhoud	1
1 Inleiding	3
2 Wat is GNSS?	4
2.1 Algemeen	4
2.2 Verschillende satellietnavigatiesystemen	4
2.3 Kenmerken van GNSS-metingen	5
2.3.1 GNSS signalen	5
2.3.2 GNSS-frequenties	5
2.3.3 GNSS-meetmethoden	5
2.3.3.1 Absolute plaatsbepaling	5
2.3.3.2 Relatieve plaatsbepaling	5
2.3.4 Sternet versus kringnet	7
2.4 Foutenbronnen van GNSS-metingen	8
2.4.1 Afstandsafhankelijke fouten	8
2.4.1.1 Ionosfeer	8
2.4.1.2 Troposfeer	9
2.4.1.3 Satellietbanen	9
2.4.2 Andere fouten	10
2.4.2.1 Afscherming van het GNSS-signaal	10
2.4.2.2 Fouten door multipath	10
2.4.2.3 Antenne fasecentrumvariaties	10
2.4.2.4 Samenvatting	10
3 Flemish Positioning Service (FLEPOS)	12
3.1 Opzet 12	
3.2 Positiebepaling van de FLEPOS-stations	13
3.2.1 GNSS-antennes	13
3.2.2 Berekening van ETRS89-coördinaten	13
3.3 Beheer en controle	13
3.4 RTK-Gebruikers	15
3.4.1 RTK-connectiewijzen	15
3.4.2 RTK-Oplossingen	16
Overzicht VRS-NRS-SRS	16
3.5 PP GNSS-Gebruikers	17
3.6 Atmosferische invloed op GPS-metingen	17
4 Aanbevelingen voor het uitvoeren van GNSS-metingen met behulp van FLEPOS	19
4.1 Het proces van GPS-grondslagmeting	19
4.2 Aanbevelingen voor het uitvoeren van GNSS-metingen	19
4.2.1 Meetplan van de GNSS-meting	19
4.2.1.1 Aanbevelingen m.b.t. het configuratieplan van het net	19
4.2.1.2 Planning van de GNSS-metingen	20

4.2.2	Meet-aanbevelingen	20
4.2.3	Verwerking, vereffening en berekening	22
4.2.3.1	Snel-statische plaatsbepaling	22
4.2.3.2	Real-time kinematische plaatsbepaling	23
5	Kwaliteitsbeschrijving RTK GPS-metingen	25
6	Referentiesystemen en transformaties	26
6.1	Belangrijke opmerking	26
6.2	Transformatie van ETRS89 naar Lambert 72 (BEREF2003) en TAW	26
6.2.1	Overgang van ETRS89-coördinaten (X,Y,Z) naar Lambert 72 (BE-REF2003) - coördinaten (x,y)	26
6.2.2	Overgang van ETRS89-gebaseerde ellipsoïdale hoogtewaarden (h) naar TAW-hoogtewaarden (H)	26
6.3	Schematisch overzicht nieuwe overgang	27
6.4	Gebruik van de 'oude' overgang tussen ETRS89 en Lambert 72 (BEREF1994) -TAW	27
6.5	Hoe omgaan met metingen uitgevoerd volgens de 'oude' overgang?	27
7	Omgaan met NGI-punten	29
8	Referenties	30
9	Lijst van gebruikte afkortingen	30

1 Inleiding

Bij tal van landmeetkundige en fotogrammetrische werkzaamheden in Vlaanderen wordt gebruik gemaakt van precieze en betrouwbare GNSS-metingen¹. Deze vereisen het gelijktijdig inzetten van minstens twee ontvangers voor elke meetopdracht. Met de oprichting van Flemish Positioning Service (FLEPOS) door het toenmalige Ondersteunend Centrum GIS-Vlaanderen (voorloper van het Agentschap voor Geografische Informatie) werd de noodzakelijke tweede ontvanger voor de GPS-gebruiker vervangen door een netwerk van gemeenschappelijke en permanente GPS-ontvangers, verspreid in Vlaanderen. Op die manier kan elke GPS-gebruiker die beschikt over één ontvanger ook zeer precieze GNSS-metingen uitvoeren. Bovendien verlopen alle GNSS-metingen in eenzelfde referentiekader. Dit is één van de belangrijke fundamenteën voor de opbouw en de bijhouding van het Grootchalig Referentie Bestand (GRB). Maar met de opbouw van een GNSS-netwerk zijn nog niet alle problemen voor het verkrijgen van uniforme resultaten verholpen.

Zo kan er gebruik gemaakt worden van diverse meetmethoden voor het verkrijgen van zeer precieze resultaten. Bovendien wordt elke meetmethode op verschillende manieren aangewend, vaak eigen aan uiteenlopende opvattingen eigen aan de gebruiker of opdrachtgever.

Uiteindelijk is het niet evident dat, ondanks de lancering van FLEPOS, precieze en betrouwbare resultaten in een uniform referentiekader bereikt worden. Deze aanbeveling heeft als doel een handleiding te zijn voor het uitvoeren van GNSS-metingen met behulp van FLEPOS. Begrippen zoals precisie en betrouwbaarheid komen hierbij aan bod. De gebruiker wordt aanbevolen de vooropgestelde werkwijzen te volgen, met het oog op een goed gebruik van de FLEPOS-dienstverlening. Voor de uitvoerder van GNSS-metingen met behulp van FLEPOS is deze aanbeveling een must: de gebruiker verhoogt zijn/haar kans om te voldoen aan de vereiste GRB-normen op het gebied van precisie.

Voor het opzet van deze aanbeveling is een raamwerk nodig, bestaande uit:

- een theoretische basis van GNSS-metingen;
- een beschrijving van de FLEPOS-dienstverlening;
- structurering van het proces van een GNSS-meting en een set van aanbevelingen voor het uitvoeren van GNSS-metingen;
- een beschrijving van de uiteindelijk bekomen kwaliteit.

Deze aanbeveling behandelt deze vier aspecten achtereenvolgens.

¹ De precisie van een meting is een berekenbare maat voor de spreiding van de afwijkingen ten opzichte van het gemiddelde. De betrouwbaarheid van een meting is een maat voor de 'gecontroleerdheid' door de overtuiging van het meetopzet (door aanbevelingen) en de toetsing op fouten tijdens de verwerking. De betrouwbaarheid is ook functie van de precisie van de waarnemingen.

2 Wat is GNSS?

2.1 Algemeen

GNSS staat voor Global Navigation Satellite System, de in onze streken meest belangrijke GNSS zijn; GPS-NAVSTAR, Glonass en in de nabije toekomst Galileo. Deze satellietnavigatiesystemen maken het mogelijk om wereldwijd de geografische locatie van een welbepaald punt te bepalen.

Bij tal van topografische werkzaamheden zijn GNSS-metingen onmisbaar geworden. Bijvoorbeeld voor de opbouw van een precies en betrouwbaar netwerk van grondslagpunten aangezien:

- er geen onderlinge zichtbaarheid nodig is bij het opmeten van grondslagpunten;
- de metingen onafhankelijk zijn van de weersomstandigheden.

Hierdoor treedt er een belangrijke tijdswinst op aangezien werkonderbrekingen nagenoeg onbestaande zijn. Bovendien is het gebruik ervan gemakkelijk, is er een grote vrijheid in de keuze van de ligging van grondslagpunten, levert het precieze afstandsmetingen op en is het systeem enorm toegankelijk. Tegelijkertijd worden de klassieke verdichtingsmethoden (veelhoeksmeting, triangulatie, ...) steeds minder frequent toegepast.

GNSS-metingen kennen echter ook nadelen: zo kunnen de satellietsignalen niet door hindernissen dringen in de directe omgeving van het grondslagpunt of worden ze verstoord. Dit aspect verhindert het vlot gebruik van GNSS in stedelijk en bosrijk gebied.

In het gebruik van het GNSS-systeem kan een zeer uiteenlopende precisie worden nagestreefd (millimeter tot tiental meter). In deze aanbeveling worden enkel de methoden behandeld die landmeetkundige toepassingen met hoge precisie (millimeter - centimeter) ondersteunen.

2.2 Verschillende satellietnavigatiesystemen

Het GPS-NAVSTAR (Global Positioning System – NAVigation Satellite with Time and Ranging) is een satellietstelsel ontwikkeld eind jaren '80 door het Amerikaanse Ministerie van Defensie. Naast vooral militaire doeleinden kan het plaatsbepalingssysteem ook gebruikt worden voor burgerlijke toepassingen, zo ook voor de landmeetkunde.

Glonass (GLObalnaja NAVigatsionnaja Spoetnikovaja Sistema) is de Russische tegenhanger van het Amerikaanse GPS-NAVSTAR. Glonass geeft een betere dekking binnen de hoge noordelijke breedtegraden dan GPS-NAVSTAR, Rusland is dan ook voor een groot deel gelegen binnen deze hogere breedtegraden. Net zoals de Amerikaanse tegenhanger is Glonass vrij voor burgerlijke toepassingen.

Ook Europa werkt aan een eigen GNSS plaatsbepalingssysteem; Galileo. Dit zal een niet-militair satellietnavigatiesysteem worden en moet Europa minder afhankelijk maken van anderen. De eerste succesvolle testen met 4 satellieten zijn ondertussen achter de rug en de verdere opbouw loopt verder. Zonder bijkomende vertragingen zouden de eerste diensten tegen het einde van 2014 moeten worden aangeboden.

2.3 Kenmerken van GNSS-metingen

2.3.1 GNSS signalen

GPS-satellieten genereren elk een uniek signaal dat wordt uitgezonden op twee draaggolven (L1 en L2) elk met een eigen frequentie. Het signaal bestaat uit een C/A-code (Course Acquisition) en een P-code (Precise Positioning Service). De L1-draaggolf bevat de C/A-code en de P-code. De L2-draaggolf bevat enkel de P-code. Het signaal wordt verder nog aangevuld met informatie over de satellietbaan, de atmosferische toestand en tenslotte gegevens over de atoomklok en de algemene 'gezondheid' van de satelliet. Ontvangers die zowel L1 als L2 kunnen ontvangen worden dubbelfrequentie-ontvangers genoemd (dual frequency). In de toekomst zal ok L5 z'n opgang maken en zo de kwaliteit van de metingen verder verhogen.

2.3.2 GNSS-frequenties

	GPS-NAVSTAR	GLONASS	GALILEO
L1	1575,42 MHz	SATELLIETAFHANKELIJK	3 FREQUENTIES
L2	1227,60 MHz	1246-1257 MHz	
L5	1176,45 MHz (modernisering)	1602-1616 MHz	

2.3.3 GNSS-meetmethoden

De verschillende toepassingen die aansluiting zoeken op het GPS-systeem hebben plaatsbepaling als gemeenschappelijke component. De keuze van de meetmethode hangt af van de bijzondere projectvereisten en vooral van de verwachte precisie.

2.3.3.1 Absolute plaatsbepaling

Hierbij wordt slechts één enkele ontvanger gebruikt. De plaatsbepaling geschiedt simpelweg door het berekenen van de afstand tussen de antenne en elke waargenomen satelliet. Dit wordt ook de 'pseudo-afstandsmeting' genoemd. De C/A-code is altijd beschikbaar, maar tot 2 mei 2000 werd de precisie ervan moedwillig verzwakt door de Amerikaanse militairen (zogenaamde Selective Availability of SA). Bijkomend kan de toegang tot de P-code ontegensprekend worden aan de modale gebruiker. Omwille van de lagere precisie (zonder SA: 10m) wordt deze meetmethode enkel gebruikt voor real-time navigatie of voor benaderende plaatsbepaling.

Op 18 september 2007 verklaarde het Witte Huis in een officiële mededeling dat ze akkoord gaan om nieuwe GPS III-satellieten niet langer te voorzien van Selective Availability (SA). Deze SA is een degradatie van de meetprecisie die voor niet-militaire gebruikers van GPS is ingebouwd. Indien wenselijk (bv. vanuit militair standpunt), kan de Verenigde Staten ten alle tijden SA activeren en zodoende de single point positioning verstoren. In de praktijk is SA sinds mei 2000 gedeactiveerd. De lancering van de eerste GPS II-satellieten is voorlopig voorzien omstreeks 2011-2012.

Voor Glonass werden de oorspronkelijk voor militairen bestemde signalen eveneens vrijgegeven voor civiele toepassingen, dit sinds 18 mei 2007.

2.3.3.2 Relatieve plaatsbepaling

Deze methode veronderstelt het gelijktijdig gebruik van twee of meer ontvangers. In de praktijk wordt één van beide ontvangers geplaatst op een gekend punt. Dit is de zogenaamde referentie. In Vlaanderen staan dankzij FLEPOS zo'n 38 permanente referentiestations opgesteld. De afstand tot de tweede ontvanger of rover zal hierdoor in de regel kleiner zijn dan 17km. De rover wordt door de

gebruiker ingezet voor het opmeten van puntenvelden of detailmetingen. Voor elke gemeenschappelijk waargenomen satelliet kunnen correcties berekend worden uitgaande van het verschil tussen de waargenomen en berekende afstand. De relatieve plaatsbepaling heeft een hogere precisie doordat de verstoringen van de GNSS-signalen, die gelijktijdig door beide ontvangers geregistreerd worden, gecorreleerd zijn waardoor het mogelijk is om deze versturende effecten te elimineren. Deze differentiële codemetingen (DGPS) leveren een precisie op beter dan 1m.

Er kunnen ook metingen verricht worden op de fase van de draaggolven. Aangezien de golflengten van de uitgezonden draaggolven ongeveer 20cm zijn, wordt al vlug een centimeter precisie bereikt bij deze fasemetingen. Bij een sessie GNSS-fasemetingen worden de ogenblikkelijke faseverschillen tussen twee golven (L1 en/of L2 enerzijds en een intern gegenereerde golf in de ontvanger) geregistreerd. Bij de noodzakelijke en specifieke verwerking wordt het geheel aantal golflengten bepaald. Dit noemt men het oplossen van de meerduidigheden. Er zijn verschillende aspecten die de methode van fasemetingen bepalen:

- afstand tussen referentie en rover;
- rover staat stil of beweegt (statisch en kinematisch);
- verwerking achteraf op kantoor of ogenblikkelijk via directe communicatielink (post-processing of real-time).

Volgende methoden worden vaak gebruikt voor landmeetkundige toepassingen:

- post-processing (PP GNSS) ;
 - statisch
 - snel-statisch
- real-time kinematisch (RTK GNSS).

Deze methoden worden achtereenvolgens besproken.

Statische methode

Deze methode wordt meestal gebruikt voor een meetopzet waarbij de afstand tussen de rover en de referentie, de zogenaamde basislijn, meer dan 15km bedraagt. De rover wordt statisch op een onbekend punt geplaatst voor de volledige meetsessie. De tijdsduur varieert van 30 minuten tot 120 minuten, in functie van de lengte van de basislijn. Er worden fasemetingen op L1 en L2 gebruikt en de resulterende precisie bedraagt 5mm+1ppm. Deze methode biedt zo de grootste precisie.

Snel-statische methode

Deze methode is gelijkaardig aan de vorige methode. Niettemin is ze enkel toepasbaar met dubbelfrequentie-ontvangers. De lengte van de basislijn is maximaal 15km. Er wordt uitgegaan van een goede spreiding van een voldoende aantal satellieten. De sessies kunnen op die manier ingekort worden tot 5 à 15 minuten in functie van de lengte van de basislijn en het aantal satellieten. De geschatte duur van een meetsessie wordt op de meeste toestellen aangeduid met een voortgangsindicator. Een snelle oplossing van de meerduidigheden is mogelijk door de combinatie van fasemetingen (op L1 en L2) en pseudo-afstanden. De uiteindelijke precisie bedraagt 5 à 10mm + 1ppm.

Real-time kinematische methode (RTK GNSS)

Dit is een vrij recente techniek die zijn opmars kende eind jaren '90. De rover verplaatst zich van punt naar punt. Er is een directe communicatielink met de referentie zodat de fasewaarnemingen onmiddellijk doorgestuurd kunnen worden naar de rover. Deze beschikt over specifieke software voor het in real-time berekenen van de meerduidigheden. De resultaten zijn op die manier onmiddellijk beschikbaar. Belangrijk hierbij is dat in tegenstelling tot de vorige meetmethoden de gebruiker zekerheid heeft over het slagen en de kwaliteit van de berekening. De uiteindelijke precisie is afhankelijk van de lengte van de basislijn, de spreiding van het aantal beschikbare satellieten en eventuele modellering van systematische afwijkingen langs referentiezijde (zie 2.3).

De waarnemingsgrootheden van GNSS-metingen zijn vectoren. Dit zijn driedimensionale coördinaatverschillen tussen de fasecentra van de GPS-antennes van referentie en rover. Deze coördinaatverschillen DX, DY en DZ worden berekend m.b.v. specifieke software.

precisie	meettechniek	toepassing	afstand tot referentie-ontvanger
2-5mm	dubbelfrequentie hoge-precisie geodetische ontvangers (fasemetingen)	Wetenschappelijke toepassingen (platentektoniek, vulkanologie,...) Opstellen van geodetisch referentienetwerk (bijvoorbeeld. EUREF ² , BERE ³ , FLEPOS)	tot 1000km
2-5mm	enkeelfrequentie hoge-precisie geodetische ontvangers (fasemetingen)	Vulkanologie, getijdenstudies, monitoren van breuklijnen,...	tot 10km
1-10cm	real-time kinematisch, (snel-) statisch (fasemetingen)	Landmeetkunde (<u>hoge precisie</u>)	tot 10-15km > 10-15km
10cm-1m	Differentiële code ontvangers met referentiestation (fasemetingen)	GIS (<u>precisiemetingen</u>) Geologie	tot 100km
1-10m	Differentiële code 'handheld' ontvangers met basisstation	Navigatie, GIS, middenschale kartering	tot 100km
>10m	Codemetingen met single GPS ontvangers	Kleinschalige toepassingen: navigatie, geologie, biologie	

Tabel 1: GNSS-methoden, hun precisie en toepassingsmogelijkheden

Basislijnen onderscheiden zich van metingen met totaalstations:

- basislijnen zijn driedimensionaal en worden berekend in een globaal referentiesysteem;
- de precisie is praktisch onafhankelijk van de afstand waarover gemeten wordt;
- er is correlatie tussen de basislijncomponenten;
- schaal en oriëntatie zijn constant.

Bij RTK GNSS-metingen zijn de waarnemingsgrootheden coördinaten en is er in principe geen naverwerking meer vereist.

2.3.4 Sternet versus kringnet

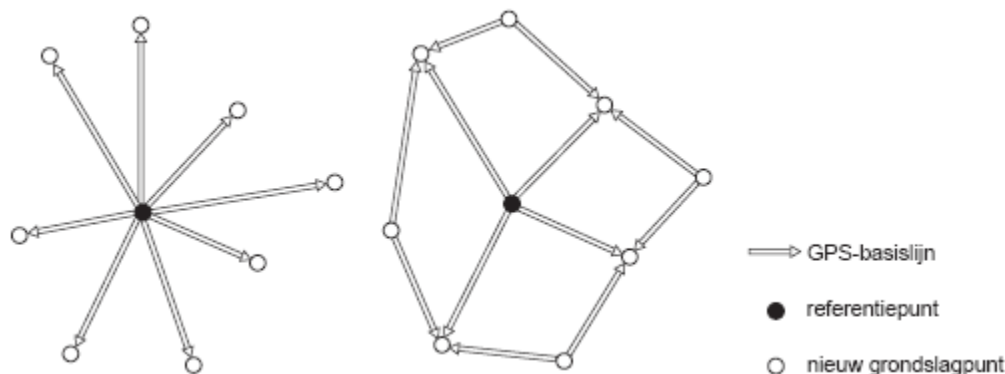
Er zijn twee soorten configuraties voor GNSS-grondslag-netten: kringnetten en sternetten. Kringnetten ontstaan door op naburige grondslagpunten gelijktijdig GNSS-signalen te registreren.

² EUREF is het European Reference Frame, het Europese netwerk van permanente GPS-stations.

³ BERE is het Belgian Reference Frame, een netwerk van goed gematerialiseerde grondslagpunten ter verdichting van EUREF in België en gekoppeld aan de omliggende nationale verdichtingsnetwerken.

Dit brengt een complexe logistiek met zich mee doordat steeds verschillende ontvangers moeten worden verplaatst. Het voordeel van dit type netten ligt in de onafhankelijke controle die mogelijk wordt.

Een sternet ontstaat wanneer een ontvanger op een vast gekend referentiepunt dezelfde satelliet signalen registreert als een tweede (of derde, vierde,...) ontvanger die de grondslagpunten bezoekt. Doordat de referentie continu registreert, is de synchronisatie met de rovers gewaarborgd. De rovers worden onderling niet gesynchroniseerd. Een goede betrouwbaarheid van het resultaat ontstaat wanneer elk grondslagpunt tweemaal opgemeten wordt. Een andere mogelijkheid bestaat erin elk grondslagpunt in te meten t.o.v. twee referenties die elk op zich opereren. Bij deze laatste mogelijkheid is de afhankelijkheid van het goed functioneren van de referenties sterk aanwezig. Een indicatie daarvan kan gegeven worden door twee of meerdere gekende punten in te meten t.o.v. beide referenties. Zo kunnen de instellingen van de rover en de fase waarnemingen van de referentie 'geijkt' worden aan de hand van twee met GNSS hermeten NGI-punten.



Figuur 1: GNSS-netwerken, ster- en kringnetwerk

2.4 Foutenbronnen van GNSS-metingen

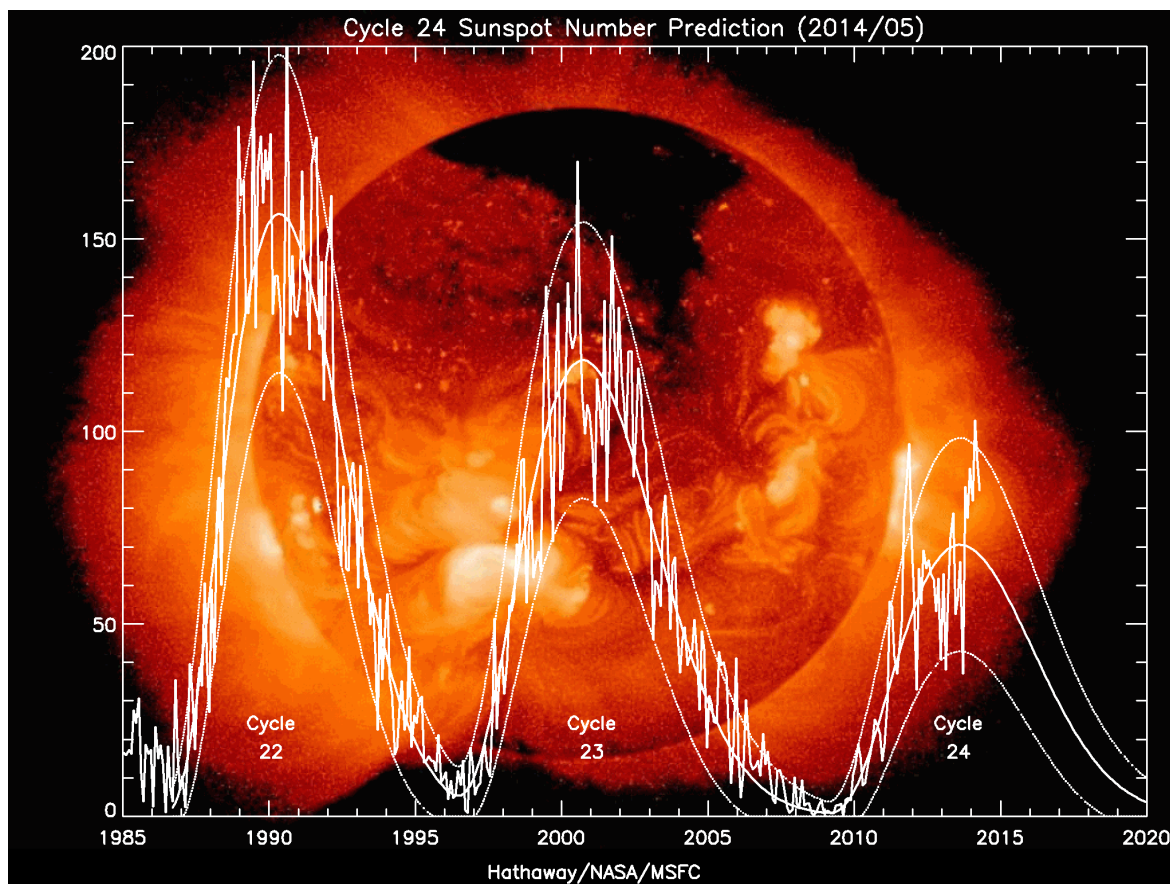
Verschiede foutoorzaken kunnen de precisie van GNSS-metingen aantasten. In dit hoofdstuk worden deze één voor één besproken.

2.4.1 Afstandsafhankelijke fouten

2.4.1.1 Ionosfeer

De ionosfeer is het geladen buitenste schil van de atmosfeer. Het ultraviolette licht van de zon ioniseert een deel van de gasmoleculen in de atmosfeer waardoor elektronen vrijkomen. Als gevolg van deze elektrische lading zullen radiogolven bij doorgang door de ionosfeer een vertraging ondergaan, afhankelijk van de graad van ionisatie van de ionosfeer en dus afhankelijk van de zonneactiviteit. Deze zonneactiviteit heeft een cyclus van 11 jaar, met een piek die 3 tot 4 jaar kan duren. Momenteel bevinden we ons in een periode net na een piek (solar cycle 24) met dalende activiteit.

Op momenten van een hoge zonneactiviteit betekent dit dat de verstoring van een GNSS-signaal omwille van de doorgang door de ionosfeer op dat moment sterk kan oplopen. Men dient dus op een of andere manier rekening te houden met turbulenties en ionosferische storingen. De ionosferische vertraging is afhankelijk van de golflengte van het signaal. Daardoor kunnen eerste orde effecten gemodelleerd worden, gebruik makend van de beide draaggolven van het GNSS-signaal.



<http://science.nasa.gov>

Figuur 2: Verloop van de huidige zonnecyclus

Hoe dichter het referentiestation bij de rover ontvanger opgesteld staat, hoe beter de ionosferische correctie kan bepaald worden. De fout wordt verondersteld recht evenredig te zijn met de lengte van de basislijn. Grote fouten (bv. 10ppm) kunnen veroorzaakt worden door een beperkt aantal waarnemingen in een RTK-meting, samen met TID (travelling ionospheric disturbances) en scintillations. Dit zijn ionosferische fenomenen van zeer beperkte duur en met een beperkte ruimtelijke distributie. Het is dus mogelijk dat een dergelijke TID voorkomt bij de referentieontvanger en niet bij de rover of omgekeerd, met een verkeerde inschatting van de ionosferische correctie als gevolg.

2.4.1.2 Troposfeer

De troposfeer, die zich uitstrekt tot ongeveer 40 km boven het aardoppervlak, wordt gekenmerkt door een heterogeniteit van de luchtlagen. Elektromagnetische stralen die door een medium met verschillende dichtheden passeert, zullen afgebogen worden. De fout die hierdoor gemaakt wordt is echter niet afhankelijk van de golflengte, zodat een combinatie van beide draaggolven, in tegenstelling tot het ionosferisch effect, geen oplossing zal bieden. De fout stijgt sterk bij kleine elevaties, waardoor aangeraden wordt de satellieten met minieme elevaties ($<10^\circ$) als niet-zichtbaar te beschouwen. De troposfeer is moeilijker te modelleren in bergrijke gebieden.

2.4.1.3 Satellietbanen

De fout op de basislijnlengte, veroorzaakt door een fout op de satellietbanen⁴, kan afgeleid worden uit de volgende vuistregel:

⁴ Het orbiet is de loopbaan van de satelliet. Men onderscheidt broadcast loopbaanparameters, die onderhevig kunnen zijn aan SA en precieze loopbaanparameters die optimaal zijn. Deze laatste zijn vervat in de igswwwwd.sp3-bestanden met

$$\Delta x[m] \approx \frac{l}{d} \Delta X[m] \approx \frac{l}{25000000} \Delta X[m]$$

- l : basislijnlengte
- d : afstand satelliet-gebruiker
- Δx : fout op de basislijnlengte
- ΔX : fout op de satellietbaan

Voor basislijnlengtes tot 15 km zal een fout in de loopbanen van 2,5 m (ongeveer de kwaliteit van de broadcast loopbaanparameters) resulteren in een fout van 1 mm. Voor langere basislijnlengtes kunnen de fouten vlug oplopen en wordt aanbevolen precieze loopbaanparameters te gebruiken. Vanaf 2 mei 2000 is door een presidentiële directieve SA afgezet, zodat de precisie van de broadcast loopbaanparameters terug optimaal is. Niettemin wordt aanbevolen indien mogelijk de precieze loopbaanparameters te gebruiken.

2.4.2 Andere fouten

2.4.2.1 Afscherming van het GNSS-signaal

Het GNSS-signaal wordt vaak belemmerd door massieve obstakels. In tegenstelling tot laagfrequente toepassingen buigen de hoogfrequente GNSS-signalen niet om deze objecten heen. Concreet betekent dit dat de GNSS-ontvangst in bosrijk of stedelijk gebied vaak geheel of gedeeltelijk onderbroken zal worden. Gedeeltelijke afscherming heeft tot gevolg dat de signaalruis verhouding (SNR oftewel signal to noise ratio) van het desbetreffende satelliet-signaal afneemt.

2.4.2.2 Fouten door multipath

Multipath is het fenomeen waarbij een deel van de draaggolf niet rechtstreeks door de antenne opgevangen wordt, maar onrechtstreeks, door weerkaatsing op bvb. een nabijgelegen gebouw of de grond. De sites van het FLEPOS-netwerk werden dan ook zorgvuldig gekozen in relatie tot weerkaatsende objecten in de onmiddellijke nabijheid. Ook bij de rover kan multipath optreden wanneer de GNSS-antenne bijvoorbeeld vlak naast een reflecterende bestelwagen wordt opgesteld.

2.4.2.3 Antenne fasecentrumvariaties

Het fasecentrum van een antenne is niet één exact te lokaliseren punt binnenin de antenne. Het exacte fasecentrum is niet enkel afhankelijk van de golflengte van de ontvangen golf, maar ook van de elevatie en het azimut⁵ van de bron die de golf uitzendt. Het fasecentrum van een choke-ring antenne wordt zeer precies bepaald.

2.4.2.4 Samenvatting

Tabel 2 geeft een samenvatting van de grootteorde van de fouten inherent aan een GPS systeem.

foutenbronnen	absoluut	relatief
Satelliet orbiet (SA actief)	5 – 50 m	0.2 - 2 ppm
(SA niet actief)		< 0.5 ppm
Satelliet klok	5 – 100 m	0.0 ppm
Ionosfeer	0.5 - 100 m	1 - 50 ppm
Troposfeer	0.01 - 0.5 m	tot 3 ppm
Multipath code	m	m

⁵ 'www' de GPS-week en 'd' de dag binnen die week. IGS staat voor International GPS Service. Deze bestanden kunnen ongeveer 13 dagen na de dag van uitvoering van

⁵ Een azimut is de hoek tussen de richting van het magnetisch noorden en de te meten of waargenomen richting.

<i>Multipath</i> fase	mm - cm	mm-cm
antenne	mm	mm-cm

Tabel 2: Fouten inherent aan het GPS-systeem

Een centraal beheerd netwerk van permanente GNSS-stations zoals FLEPOS biedt een oplossing voor een aantal van deze fouten. Het Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen maakt hiervoor gebruik van een zogenaamde 'netwerkmodellering'. Het uitgangspunt is de combinatie van de data van meerdere FLEPOS-stations met het oog op het modelleren en corrigeren van ionosferische en troposferische fouten enerzijds en de fouten in de satellietbanen anderzijds.

3 Flemish Positioning Service (FLEPOS)

Standaardisatie van GNSS-metingen betekent dat er afspraken gemaakt worden op drie niveaus:

- standaardisatie van permanente GPS-referentiestations;
- standaardisatie van geodetische aspecten (referentiesystemen en transformatie);
- beschrijving van een uniforme methode.

De FLEPOS-dienstverlening omvat de eerste twee aspecten.

Met de term 'GNSS-metingen' wordt vanaf dit hoofdstuk steeds 'GNSS-fasemetingen' bedoeld.

3.1 Opzet

FLEPOS is een dienstverlening van GIS-Vlaanderen opgezet voor de landmeter die precieze GNSS-metingen in Vlaanderen uitvoert. Het omvat een gebiedsdekkend netwerk in Vlaanderen van permanente GNSS-stations inclusief bijhorende dienstverlening voor zowel RTK GNSS- als PP GNSS-gebruikers. Voor een betere dekking van het grondgebied wordt er ook met ons omliggende netwerken data uitgewisseld.*96



Figuur 3: Overzicht van het FLEPOS-netwerk (situatie dec. 2013)

De Vlaamse overheid financiert de opbouw en het beheer van dit netwerk naar aanleiding van

- de uitvoering van het meest uitgebreide en ambitieuze karteringsproject in Vlaanderen inclusief controle- en bijhoudingsactiviteiten (GRB);
- het gebrek aan coördinatie inzake GNSS-metingen die aan de basis liggen van grootschalige karteringsprojecten waardoor de bestanden onderling slecht of niet-uitwisselbaar blijken;
- de beoogde kostenvermindering door het vermijden van dubbel werk (bepalen van een geschikte referentiesite en de berekening van precieze lokale transformatieparameters).

Meer informatie over de opbouw van FLEPOS kan bekomen worden op www.flepos.be.

3.2 Positiebepaling van de FLEPOS-stations

3.2.1 GNSS-antennes

De gebruikte antennes van de FLEPOS-stations zijn van het geodetische type choke-ring (Dorne Margolin approved). FLEPOS gebruikt het standaard IGS-antennemodel dat informatie over de fasecentrumvariëaties van de gebruikte antennes bevat.

3.2.2 Berekening van ETRS89-coördinaten

De stations van FLEPOS werden in de periode mei – juni 2002 bepaald op basis van het BEREf-netwerk. BEREf is de verdichting van EUREf in België. De BEREf-punten liggen in de onmiddellijke omgeving van 1ste orde Lambert 72 – punten.

De basislijnen tussen de BEREf-punten en de FLEPOS-referentiestationen werden bepaald met statische GPS-waarnemingen. De meetduur bedroeg 8 uur. Ook de basislijnen tussen de FLEPOS-referentiestationen onderling werden in het netwerk opgenomen. Hierbij werd gewerkt met observaties van 24uur. In het totaal is elk FLEPOS-station verbonden met BEREf-punten of andere FLEPOS-stations aan de hand van minstens 7 basislijnen. Deze basislijnen werden berekend met de “Bernese GNSS-software”, gebruik makend van de precieze loopbaanparameters.

De netwerkvereffening werd uitgevoerd met het softwarepakket MOVE3. Hierbij werden alle BEREf-punten als ‘vast’ beschouwd. De coördinaten van de vaste punten zijn ETRS89 afgeleid uit het frame ITRF2000. De precisie van de ETRS89-coördinaten van de FLEPOS-referentiestationen wordt gekenmerkt door een standaardafwijking van 5 mm voor zowel ϕ , λ als h (of X,Y,Z in geval van geocentrische coördinaten).

(naar P. Voet, directie geodesie, Nationaal Geografisch Instituut (NGI), september 2003)

Nieuwe of vernieuwde FLEPOS-stations worden ingemeten door middel van statische GNSS-waarnemingen (GPS en GLONASS).

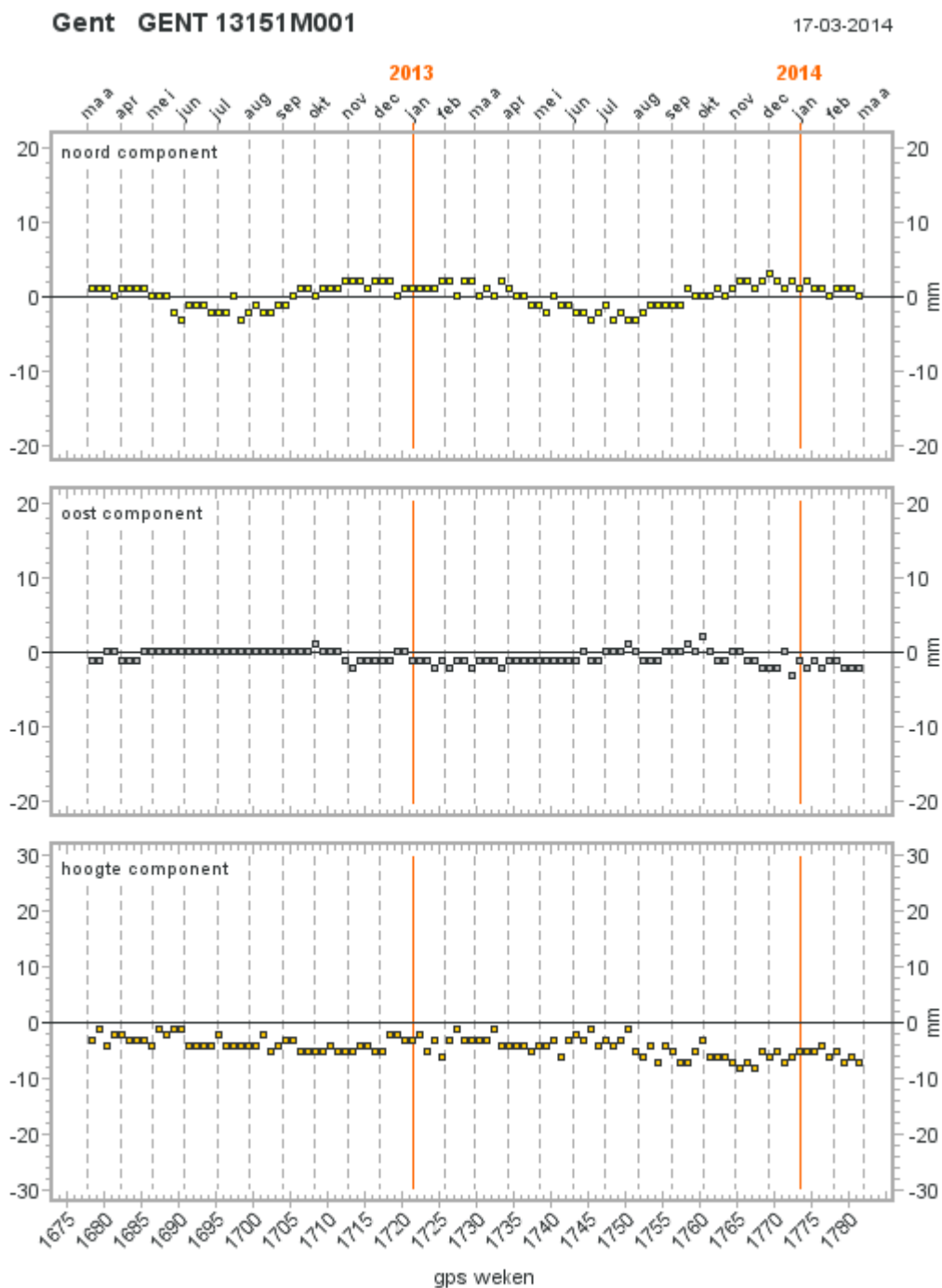
3.3 Beheer en controle

FLEPOS waarborgt geen absolute betrouwbaarheid van plaatsbepaling in Vlaanderen. Het bewerkstelligt ten eerste de gecentraliseerde verwerking van de observaties van alle GPS-stations. In tweede orde tracht dit netwerkonderdeel de goede kwaliteit van de correctiesignalen te ondersteunen en heeft het vooral de taak om op elk moment de status van het netwerk te beschrijven op een gestandaardiseerde, vatbare en vlot toegankelijke manier.

De integrity-monitoring van het FLEPOS-netwerk is tweeledig:

- medewerkers van het AGIV garanderen via een middelenverbintenis de bedrijfszekerheid van de FLEPOS-dienstverlening. Gebruikers die op werkdagen problemen ondervinden bij het gebruik kunnen contact opnemen met de FLEPOS-helpdesk (telefonisch via 0032 9 276 15 00 of elektronisch via support.flepos@agiv.be). De helpdesk is bereikbaar tussen 08u00 tot 17u00. Verstoringen van de integriteit van één van de continue datastromen afkomstig van de individuele GPS-stations worden onmiddellijk vastgesteld. Afhankelijk van de oorzaak wordt het probleem quasi ogenblikkelijk opgelost of wordt een terreininterventie gepland. Het is aangewezen zich te inschrijven voor de elektronische FLEPOS-RSS op www.flepos.be of de gratis-SMS-service om snel op de hoogte gesteld te worden van eventuele problemen of veranderingen in de dienstverlening.
- aan de hand van opgeslagen waarnemingen van alle FLEPOS-stations wordt een periodieke netwerkvereffening uitgevoerd door het NGI aan de hand van de Bernese-software. Het proces gaat de verankering van elk individueel FLEPOS-station binnen EUREf na. Elke

wekelijkse controle resulteert in een rapport per FLEPOS-station. Deze rapporten kunnen geraadpleegd worden via de volgende link : <http://www.ngi.be/agn/NL/NL2.shtm>



Nationaal Geografisch Instituut © 2014

Figuur 4: Stabiliteit station GENT (situatie maart. 2014)

3.4 RTK-Gebruikers

De FLEPOS-dienstverlening richt zich voorlopig uitsluitend op het landmeetkundig en fotogrammetrisch gebruik. Er worden twee soorten gebruikers onderscheiden: real-time gebruikers (RTK GNSS) en gebruikers die naverwerking uitvoeren (post-processing GNSS of kortweg PP GNSS).

3.4.1 RTK-connectiewijzen

Een RTK-gebruiker kan op 2 manieren een verbinding tot stand brengen met het FLEPOS-netwerk.

- **Data-over-Voice:**
Deze verbinding kan men het best vergelijken met een klassieke telefoon- of GSM-verbinding waarbij er in plaats van gesprekken (voice-over-voice) data (data-over-voice) wordt verstuurd. Al vanaf de start van FLEPOS in oktober 2002 kan iedere gebruiker via deze wijze zijn/haar absolute positie in het nationale referentiesysteem (bv. Lambert – BD72/50, Lambert 2008) bepalen. Daarvoor dient de gebruiker te beschikken over een standaard RTK GNSS-ontvanger die uitgerust is met een interne of externe GSM-modem en een bijbehorend GSM-abonnement (voor data-communicatie). De gebruiker moet enkel betalen voor de communicatielink naar de FLEPOS-telefooncentrale. De GNSS-referentiedata (RTCM 2.1 of RTCM 2.3-formaat of) zelf wordt kosteloos ter beschikking gesteld aan de gebruiker.
- **Internet:**
Naast deze ondertussen minder gebruikte manier om via GSM GNSS-data te ontvangen, biedt FLEPOS sinds februari 2007 een nieuwe techniek aan: NTRIP. NTRIP staat voor Networked Transport of RTCM via Internet Protocol. Deze techniek maakt het mogelijk om op een gestandaardiseerde manier GNSS-data via het internet te verspreiden. Een gebruiker kan daardoor met behulp van een (mobile-)internetabonnement aansluiten op het FLEPOS-netwerk en RTK-metingen op het terrein uitvoeren.

Omdat de RTCM-data een beperkte grootte innemen en de gebruiker bij een mobile-internetabonnement voor de hoeveelheid verzonden/ontvangen data betaalt, is mobile-internet interessant voor het verzenden van GNSS-data. De besparing ten opzichte van een klassieke GSM-verbinding bedraagt minimaal 50% en kan oplopen tot meer dan 80%. Bij een GSM-verbinding betaalt de gebruiker immers niet voor de hoeveelheid verzonden/ontvangen data, maar voor de duur van de connectie.

Het RTCM 3.x-formaat is specifiek ontwikkeld voor NTRIP en levert door zijn compact formaat (in vergelijking met RTCM 2.1-formaat) het grootste financiële voordeel op voor de gebruiker, zonder dat deze daarbij moet inboeten aan nauwkeurigheid. Gemiddeld gezien mag gesteld worden dat het RTCM 3.x-formaat 700 Kb/u (afhankelijk van het aantal zichtbare satellieten) “verbruikt”, daar waar het RTCM 2.1-formaat onder dezelfde omstandigheden bijna het dubbele vereist.

Om te kunnen genieten van NTRIP, moet u als gebruiker de volgende stappen ondernemen:

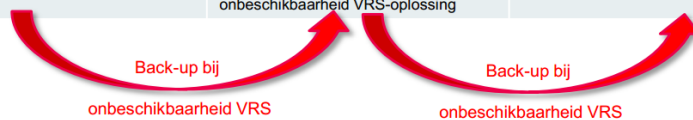
- U zal in eerste plaats moeten nagaan of uw GNSS RTK-ontvanger NTRIP-compatibel is. Daarvoor neemt u het best contact op met de leverancier van uw GNSS-ontvanger. De meest recente ontvangers zijn standaard NTRIP-compatibel.
- U dient een mobile-internetabonnement af te sluiten bij uw GSM-provider. Aangezien de providers verschillende formules aanbieden, kunt u het best voorafgaandelijk berekenen wat uw maandelijkse verbruik is (10u = +/- 7 Mb).
- U moet uw GNSS-ontvanger verplicht registreren op de FLEPOS-website. Na registratie kunt u met behulp van een persoonlijke login en paswoord aansluiten op het FLEPOS-netwerk. Ook gebruikers die inbellen via enkel via Data-over-Voice (GSM) moeten zich registreren.
- Indien U als gebruiker meerdere ontvangers wilt registreren kan dit via een mail naar support.flepos@agiv.be

3.4.2 RTK-Oplossingen

De gebruiker heeft de keuze tussen enerzijds een netwerkoplossing (VRS) of anderzijds data afkomstig van één individueel referentiestation (SRS of NRS). Overzicht VRS – NRS – SRS

3.4.2.1 Overzicht VRS-NRS-SRS

	VRS	NRS	SRS
Type	• Creëren van een uniek virtueel referentiestation in de onmiddellijke omgeving van de gebruiker (aantal m).	• Automatisch selecteren van het dichtstbijzijnde, actieve, fysieke referentiestation.	• Manueel selecteren van een fysiek referentiestation.
Keuze referentiestation	• Automatisch bepaald, afhankelijk van de positie van de gebruiker • voorwaarde: benaderde positie van de gebruiker via NMEA-GGA-string doorsturen naar FLEPOS	• Automatisch bepaald, afhankelijk van de positie van de gebruiker • voorwaarde: benaderde positie van de gebruiker via NMEA-GGA-string doorsturen naar FLEPOS	• Manueel gedefinieerd door gebruiker
Wanneer wordt er data afgenomen van een ander referentiestation?	• Wanneer de gebruiker zich > 5 km van beginpositie bevindt, wordt een nieuw VRS-station aangemaakt • Bij aanvang van een nieuwe verbinding	• Wanneer de afstand A tot een ander referentiestation kleiner is dan de afstand B + 5 km tot het initiële referentiestation. • Bij aanvang van een nieuwe verbinding wanneer een ander actief referentiestation dichterbij ligt	Wanneer de gebruiker een andere datastroom selecteert
Beschikbare datastromen	FLEPOSVRS23(GLO) FLEPOSVRS31(GLO) FLEPOSVRSCMR(GLO)	FLEPOSNRS31(GLO) FLEPOSNRSCMR(GLO)	FLEPOSAARS31GLO ... FLEPOSZWEV31GLO
Naam referentiestation	Oplopend (elk nieuw station +1)	Naam dichtstbijzijnde actieve referentiestation Vb.: NIKL02, LILL01	Naam geselecteerde referentiestation Vb.: NIKL02, LILL01
Wanneer gebruiken?	• 'binnengebied' netwerk & tot 5 km buiten het netwerk	• vanaf 5 tot 15 km buiten het netwerk • indien herhaalbaarheid van referentiestation vereist is • automatische back-up bij onbeschikbaarheid VRS-oplossing	• indien de gebruiker zijn/haar positie niet kan doorsturen naar FLEPOS-server • manuele back-up



Voor meer informatie omtrent de technische randvoorwaarden voor het real-time gebruik van FLEPOS raadpleeg het document op:

<https://www.agiv.be/~media/Agiv/Producten/Flepos/documenten/VRS%20-%20SRS%20-%20NRS.pdf>

3.5 PP GNSS-Gebruikers

De centrale beheerssoftware van het controlecentrum slaat alle observaties van elk FLEPOS-station op en stelt deze ter beschikking van de gebruikers via twee kanalen;

Via de Referentiedata-shop (ntrip.flepos.be) kunnen uurlijkse observaties met tijdsinterval tussen 1 en 60 seconden tot 3 maanden (93 dagen) na tijdstip afgeladen worden. U dient wel te beschikken over een geldige gebruikersnaam en wachtwoord om toegang te krijgen tot Referentiedata-shop .

De tweede manier is via FTP-download (ftp.flepos.be)

Raadpleeg steeds de algemene leveringsvoorwaarden op www.flepos.be voor meer recente en gedetailleerde gegevens.

3.6 Atmosferische invloed op GPS-metingen

De intensiteit van de actuele invloed van de ionosfeer kan 'gemeten' worden aan de hand van de zogenaamde I95-index.

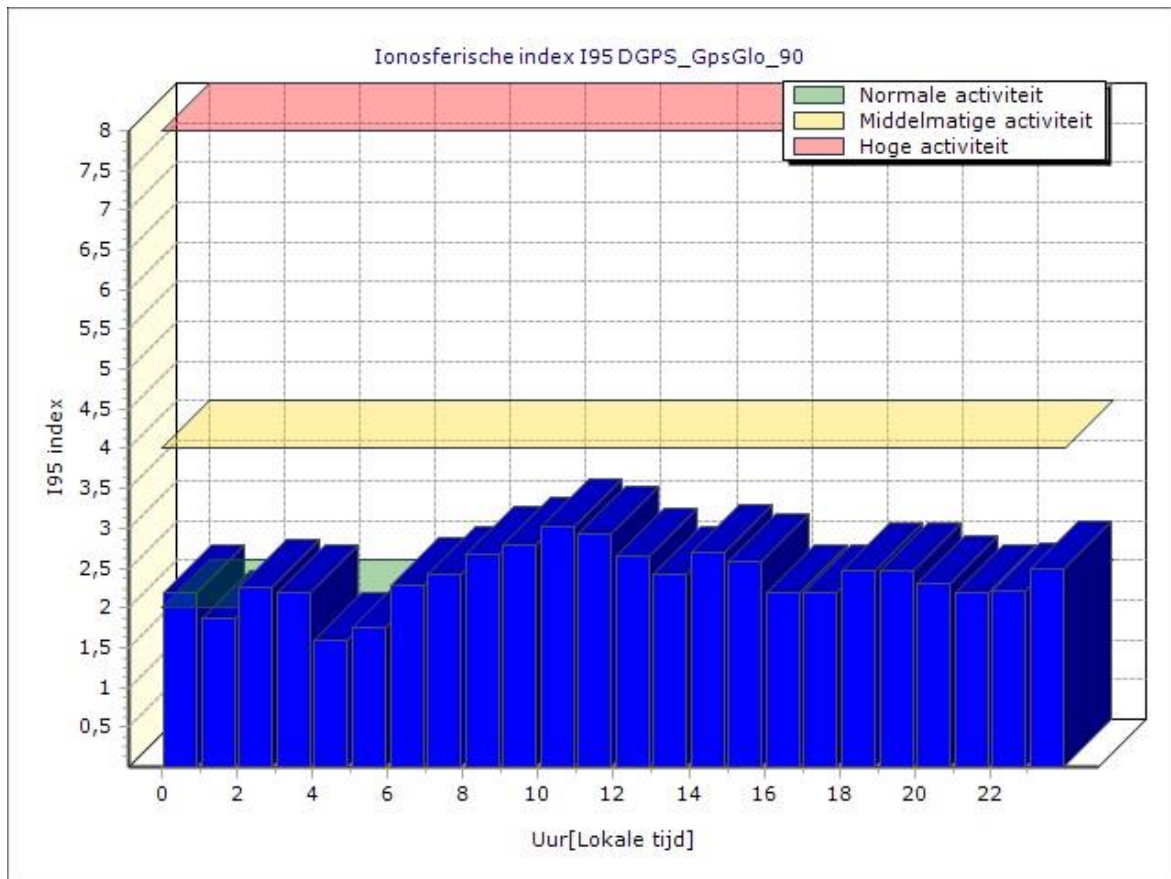
Als tussenproduct bij de berekening van de fasewaarnemingen van de 'virtuele' referentiestations' worden correctiemodellen van de plaatsafhankelijke invloed van de atmosfeer opgesteld in de vorm van zogenaamde Flächenkorrekturparametern (FKP). De ionosferische FKP geven een gedetailleerd beeld van de invloeden van de ionosferische verstoringen op de relatieve plaatsbepaling met centimeterprecisie. De resulterende en overzichtelijke uurlijkse I95-index wordt berekend op basis van GNSS-observaties van alle FLEPOS-stations.

Grotere waarden voor de I95-index tonen aan dat de gebruiker zich kan verwachten aan problemen met de basislijnberekening. Bovendien kan de kwaliteit van de FKP-waarden in deze omstandigheden afnemen en het correctiemodel voor de ionosferische verstoringen minder efficiënt worden.

I95 ionosfeer

Kies datum: 21-3-2014

Ionosferische activiteit:



Figuur 5: Voorbeeld van waargenomen I95-index op 1 juni 2014, geldig voor Vlaanderen

De waarden van de index kunnen als volgt geïnterpreteerd worden:

- $0 < I95 \leq 2$ normaal
- $2 < I95 \leq 4$ beperkte invloed
- $4 < I95 \leq 8$ sterke invloed
- $I95 > 8$ zeer sterke invloed

De gegevens zijn beschikbaar op de dataserver van www.flepos.be en hebben een precisie van +/- 1 eenheid. Ze zijn representatief voor Vlaanderen. Een tiental minuten na het verstrijken van het volledige uur wordt de resulterende I95-index voor dat tijdsvenster op de website www.flepos.be gepubliceerd. Op dit moment zijn er nog geen voorspellingen van de I95-index, geldig voor het Vlaamse grondgebied, beschikbaar.

Op dezelfde dataserver zijn gegevens beschikbaar over de 'verwachte geometrische fout' en de 'verwachte ionosferische fout'. Dit zijn de resterende fouten aanwezig in de netwerkoplossing. Het laat de gebruiker toe de prestatie van zijn rover te voorspellen.

4 Aanbevelingen voor het uitvoeren van GNSS-metingen met behulp van FLEPOS

4.1 Het proces van GPS-grondslagmeting

De volgende processtappen kunnen onderscheiden worden:

1. opstellen van een meetplan;
2. uitvoeren van de metingen en opslaan van de waarnemingen;
3. verwerking en vereffenen waarnemingen, de berekening van de coördinaten.

De aanbevelingen in dit document hebben betrekking op alle onderdelen.

4.2 Aanbevelingen voor het uitvoeren van GNSS-metingen

GPS-metingen kunnen worden gebruikt voor een grondslagmeting en een detailmeting. Er wordt aanbevolen NGI-punten, hermeten met GPS, te gebruiken als ijkingspunt om een indicatie te verkrijgen over het goed functioneren van de FLEPOS-dienstverlening en over de diverse instellingen in de ontvanger van de gebruiker.

4.2.1 Meetplan van de GNSS-meting

Het meetplan bestaat uit alle aanbevelingen die nodig zijn om te komen tot een GNSS-meting waarbij de kwaliteit van de resultaten, nl. de coördinaten wordt gewaarborgd.

Het meetplan wordt niet zozeer bepaald door de goede relatieve precisie, maar eerder door de logistieke aspecten van een meting. Dit bestaat uit de volgende aspecten:

- configuratieplan: keuze van de ijkingspunten⁷ en gebruik van een sternet of kringnet;
- planning van de metingen ;
- keuze van de GNSS-meetmethode.

4.2.1.1 Aanbevelingen m.b.t. het configuratieplan van het net

De configuratie van het net wordt bepaald door de volgende randvoorwaarden:

- t.o.v. de GNSS-antenne is boven de 10° elevatie (het zogenaamde 'masker') de hemel grotendeels vrij van (ver)storende objecten die de vrije doorgang van GNSS-signalen kunnen belemmeren of beïnvloeden. In de regel dient de afstand tot reflecterende objecten ten minste 4 maal groter te zijn dan de hoogte ervan;
- er zijn in de onmiddellijke buurt geen objecten die de GNSS-signalen kunnen reflecteren. Multipath is een belangrijke bron van foutieve oplossing van de meerduidigheden. Reflectie van GNSS-signalen kan veroorzaakt worden door metalen vlakken zoals wagens en afsluitingen, muren en ramen van hoge gebouwen, serres,... gelegen binnen een afstand tot 10m van het te bepalen grondslagpunt. Kan een punt niet anders gekozen worden, dan dient de meetduur verlengd ifv de gebruikte meetmethode;
- er zijn geen zenders aanwezig die de GNSS-signalen kunnen verstoren. Voorbeelden zijn radarinstallaties, GSM-masten, hoogspanningsleidingen,... . De minimale afstand tot deze installaties is afhankelijk van de frequentie, sterkte en richting van de stralingsbron. Indien er zich problemen voordoen, zullen deze steeds blijken tijdens de meting of berekening door de onmogelijkheid om te initialiseren.

Voor elk configuratieplan geldt:

- de maximale lengte van een basislijn hangt af van de gebruikt meetmethode. Voor de snel-statische meetmethode worden geen basislijnen die langer dan 15km zijn opgemeten. Wat

⁷ Ijkingspunten worden behandeld in 8.

de real-time kinematische (RTK) meetmethode betreft wordt deze grens bepaald door de gebruikersmodus en de toepassing;

- VRS: afstand tot het dichtstbijzijnde FLEPOS-station is onbeperkt op voorwaarde dat de ontvanger zich binnen de convex hull van het netwerk bevindt;
- NS: afstand tot het dichtstbijzijnde FLEPOS-stations is beperkt conform maximale afstanden vermeld in tabel 3 op p.21.
- het hoogteverschil tussen de vaste en mobiele ontvanger wordt beperkt. Hierdoor wordt de invloed van de troposfeer beperkt;
- er mogen geen ongecontroleerde basislijnen of coördinatensets in het net voorkomen. Elke basislijn of coördinatenset dient dubbel gemeten op een ander tijdstip. Het tijdsverschil tussen de begintijden van de metingen moet tenminste vier uur bedragen. In geval van RTK GPS-metingen gebeurt elke controlemeting op basis van een nieuwe en onafhankelijke initialisatie. Alle metingen die gebeuren op basis van eenzelfde initialisatie kunnen immers onderhevig zijn aan eenzelfde afwijking.

4.2.1.2 Planning van de GNSS-metingen

De planning is geslaagd wanneer twee of meer ontvangers tegelijkertijd registreren in één meet sessie. Dit is afhankelijk van het gekozen configuratieplan, aangezien het kringnet heel wat logistieke problemen met zich meebrengt. Verder bepalen de onderlinge afstand (tijd tussen de sessies), beschikbare GNSS-apparatuur (mono- of dubbelfrequentie-ontvangers), de beschikbare mensen, de meetmethode (meetijd per sessie) en de lengte van de basislijn (verwachte invloed van de ionosfeer) eveneens het aantal punten dat kan ingemeten worden per dag. De beschikbaarheid van GNSS-signalen in de project-regio is doorgaans beschikbaar voor elke GNSS-gebruiker via zijn verwerkingssoftware en een recente almanac⁸. Het geeft een overzicht van de variatie van de satellietconstellatie en de bijhorende GDOP⁹-waarde voor die dag. Over het algemeen is deze waarde lager dan 6, omdat er, zonder rekening te houden met de topografie van het landschap, altijd minstens vijf satellieten aan de horizon zichtbaar zijn in Vlaanderen. Belangrijk is de eis dat elke gebruikte satelliet een minimale elevatie heeft van 10°. Raadpleeg steeds online de beschikbaarheid van GPS/Glonass-signalen per FLEPOS-station via www.flepos.be.

De overige eisen zijn gebonden aan de gekozen meetmethode en worden in de volgende paragraaf behandeld.

4.2.2 Meet-aanbevelingen

Er wordt hieronder een overzicht van de aanbevolen meetmethoden gegeven. Vooreerst worden enkele aanbevelingen geformuleerd die onafhankelijk zijn van de gebruikte meetmethode en gelden voor alle FLEPOS-gebruikers:

- de ontvanger wordt ingesteld op de juiste parameterwaarden die beschreven zijn in het meetplan;
- ijkingspunten zijn gekende punten die voldoen aan de aanbevelingen m.b.t. het ontwerp van het net. Bij de aanvang en het afsluiten van elke meting wordt aanbevolen een aantal representatieve ijkingspunten op te meten. De uitvoerder krijgt zo een indicatie over het goed functioneren van het 'systeem' als geheel van FLEPOS-dienstverlening en ontvanger. Een voorbeeld van dankbare en goed gedocumenteerde ijkingspunten zijn met GPS hermeten NGI-punten;

⁸ Almanac data geven informatie over de zichtbaarheid van satellieten op een bepaald punt op het aardoppervlak. Deze gegevens kunnen gebruikt worden in de planning van GPS-metingen met het oog op een optimaal rendement.

⁹ GDOP staat voor *Geometric Diffusion of Precision* zijnde een maat voor de kwaliteit van de satellietconstellatie. Hoe kleiner de GDOP-waarde, hoe beter de spreiding van de satellieten en insnijding. PDOP is een indicatie voor de kwaliteit van de horizontale coördinaatcomponenten en de VDOP-waarde is een maat voor de kwaliteit van verticale coördinaatcomponent.

- er wordt enkel gebruik gemaakt van dubbelfrequentie ontvangers. Deze hebben het voordeel dat een betere precisie bereikt wordt naarmate de basislijn langer wordt. Een bijkomend voordeel van de dubbelfrequentie-ontvangers is dat algemeen genomen een kortere meettijd volstaat;
- de GNSS-antenne van de rover wordt naar het noorden gericht;
- op de rover wordt het type antenne van de referentie (FLEPOS) ingesteld als 'onbekend';
- de rover wordt zo ingesteld dat het aansluiten op de FLEPOS-dienstverlening in beide modi mogelijk is (voor meer info zie www.flepos.be) ;
- de ontvanger wordt indien mogelijk zo ingesteld dat bij het gebruik van de FLEPOS-netwerkoplossing ondanks de kortere basislijn toch de in de rover voorhanden correctiemodellen voor ionosfeer en troposfeer worden betrokken bij de berekening van de coördinaat van het punt;
- elk-punt wordt ingemeten met gedwongen centrering zodat de centreerafwijking beperkt wordt tot het minimum. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een statief met stelschroevenblok of een metalen driehoek met schroeftang. Beide zijn voorzien van een gekalibreerd doosniveau;
- de antennehoogte wordt dubbel gemeten voor en na de meting, rekening houdende met de instructies van de fabrikant. In het geval van een vaste valstoklengte vervalt het nut van deze aanbeveling;
- volg de instructies van de fabrikant m.b.t. het berekenen van de coördinaat van het eigenlijke punt. Bepaalde type ontvangers berekenen immers de positie van het 'zwevende' fasecentrum van de antenne terwijl andere ontvangers in real-time de antennehoogte in de berekening betrekken.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen snelstatische en real-time kinematische plaatsbepaling. De statische plaatsbepaling zal, gelet op de dichtheid van de FLEPOS-stations, minder frequent worden toegepast.

Snel-statische plaatsbepaling

Er wordt aanbevolen de geschatte meettijd (aangegeven door de voortgangsindicator) stevast te verlengen tot 140%. De duur van de meetsessie hangt af van de hieronder opgesomde factoren:

- lengte basislijn: tot maximaal 15km;
- aantal gebruikte satellieten: minimaal 5 (masker 10°);
- goede constellatie van deze satellieten (PDOP -waarde ≤ 6) ;
- SNR (signal to noise ratio) van de gebruikte satelliet signalen > 45 dB;
- ingesteld tijdsinterval voor opeenvolgende registraties (van 1 tot 60 seconden);
- invloed van ionosfeer (I95-index ≤ 4).

Indien de PDOP-waarde toch groter is dan 6 binnen een bepaalde periode, wordt aanbevolen de meetduur te verlengen.

Real-time kinematische plaatsbepaling

Volgende aanbevelingen worden geformuleerd:

- aantal gebruikte satellieten: minimaal 6 (masker 10°);
- goede constellatie van deze satellieten (PDOP-waarde ≤ 4);
- SNR (signal to noise ratio) van de gebruikte satelliet signalen > 45 dB;
- invloed van ionosfeer (I95-index ≤ 4).

De maximale afstand tot het dichtstbijzijnde FLEPOS-referentiestation wordt bepaald door

- gebruikte FLEPOS-oplossing:
 - netwerkoplossing;
 - single reference oplossing (nearest station).
- gewenste precisie in hoogte:
 - A: gebruiker wenst een precieze positiebepaling in planimetrie en hoogte (bv. Aquafin-toepassing, watermanagement, Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen,...);
 - B: gebruiker wenst enkel precieze positiebepaling in planimetrie (bv. GRB, leidingregistratie, vastgoed,...).

De volgende tabel geeft een overzicht van de aanbevelingen omtrent de maximale lengte van de basislijn tussen de rover en het dichtstbijzijnde reële FLEPOS-referentiestation.

	toepassing A (planimetrie en precieze H)	toepassing B (enkel planimetrie)
VRS	onbeperkt (binnen convex hull)	onbeperkt (binnen convex hull)
SRS - NS	max. 5km	max. 15km

Tabel 3: aanbevelingen omtrent max. afstand tot dichtstbijzijnde referentie

In 5.5 Kwaliteitsbeschrijving wordt uitgebreid aandacht besteed aan de precisie van RTK GNSS-metingen in planimetrie en altimetrie.

4.2.3 Verwerking, vereffening en berekening

Indien mogelijk worden GNSS-metingen steeds integraal vereffend met andere afstandswaarnemingen, richtingen en geometrische relaties op basis van een ellipsoïdaal model. De gezamenlijke toetsing van alle waarnemingen en gekende punten maakt een betrouwbaar resultaat mogelijk.

4.2.3.1 Snel-statische plaatsbepaling

Er worden drie onderdelen onderscheiden:

Verwerking van de ruwe GNSS-metingen tot basislijnen

De verwerking geschiedt het best zo snel mogelijk na de uitvoering van de meting, om eventuele problemen snel aan te geven.

De input voor deze processtap is

- gelijktijdige fasemetingen;
- broadcast of indien mogelijk precieze loopbaanparameters;
- ETRS89-coördinaten van de gebruikte FLEPOS-referentie.

De berekening van de basislijn kent een aantal aspecten:

- gebruik de door de fabrikant van de hardware aangeleverde software;
- de volledige variantiematrix van de drie basislijncomponenten wordt berekend. Deze geeft een indicatie van de ruis op de meting (mate van spreiding van de stochastische variabele) en de omgevingsfactoren. Foutenbronnen zoals ionosferische en troposferische verstoringen, multipath-effecten en verstrooiing worden hierbij in rekening genomen. De variantiematrix dient als kansmodel voor de toetsing;
- per meet sessie worden de kortste onafhankelijk basislijnen berekend; dit aantal is altijd één kleiner dan de som van het aantal tezelfdertijd ontvangers (langs gebruikerszijde). De berekeningen gebeuren per basislijn of per sessie;

- De basislijnberekening is gebaseerd op de double difference fixed¹⁰ oplossing.

De beoordeling van de kwaliteit van de oplossing kan gebeuren aan de hand van de volgende indicatoren:

- de geschatte standaardafwijking (RMS) van de best-fixed oplossing van de fasemeting is kleiner dan 1cm;
- verhouding van
 - geschatte standaardafwijking van de best-fixed oplossing en de float-oplossing: verhouding is kleiner dan 2;
 - variantie van de op-één-na beste fixed oplossing en de variantie van de beste fixed-oplossing: verhouding is groter dan 2.

Toetsing en vereffening van de basislijnen

Dit onderdeel van de verwerking bepaalt of de basislijncomponenten voldoende precies werden bepaald. Dit kan getoetst worden als elke basislijncomponent op twee of meerdere onafhankelijke manieren kan bepaald worden. Het gebruikte FLEPOS-station wordt als bekende rekenoorsprong genomen. Aanvullende afstands- en richtingswaarnemingen zoals bijvoorbeeld veelhoeksmetingen kunnen toegevoegd worden om het netwerk te versterken. De ETRS89-coördinaten van de overige punten van het netwerk zijn de onbekenden. Er wordt uitgegaan van een absolute en relatieve standaardafwijking: 5mm + 1ppm. Voor een basislijn met lengte 5km betekent dit een standaardafwijking van 10mm.

Gelet op de speciale eigenschappen van basislijncomponenten is een specifieke vereffeningssoftware noodzakelijk gebaseerd op de methode van de kleinste kwadraten. Voor de toetsing bedraagt de onbetrouwbaarheidsdrempel 5% en het onderscheidingsvermogen 80%.

Na aanvaarding zijn de basislijncomponenten voldoende precies en betrouwbaar.

Coördinaatberekening

De waarnemingsgrootheden zijn de basislijncomponenten (coördinaatverschillen in WGS84) en de ETRS89-coördinaten van het gebruikte FLEPOS-station. De onbekenden zijn de ETRS89-coördinaten van de punten van het netwerk. De aansluiting aan Lambert 72/TAW wordt beschreven in 7.

4.2.3.2 *Real-time kinematische plaatsbepaling*

Coördinaatberekening

Voor de berekening in real-time van basislijncomponenten en coördinaten van punten wordt de software van de fabrikant gebruikt. De inputgegevens zijn dezelfde als bij snel-statische methode. Afhankelijk van de software van de fabrikant wordt uit de variantiematrix een kwaliteitsindicator gedistilleerd. Deze houdt meestal rekening met empirische veronderstellingen zodat onrealistisch kleine waarden vermeden worden. Voor de interpretatie van deze kwaliteitsindicator wordt verwezen naar de handleiding van de fabrikant. In de regel kan deze geïnterpreteerd worden als de kans dat de 67% van de berekende coördinaten binnen een afstand vallen van de ideale positie die gelijk is aan de waarde van de betrokken indicator.

Toetsing en vereffening van RTK GNSS-gegevens

Het gevaar bestaat dat RTK GNSS-gebruikers veronderstellen dat het traditioneel inbouwen van controles op fouten niet meer nodig is. Er zijn verschillende manieren om met RTK GNSS-gegevens om te gaan.

¹⁰ Dit betekent dat de verschillen tussen twee single differences m.b.t. twee verschillende satellieten gebruikt worden voor de eigenlijk basislijnberekening als de single differences de faseverschillen van twee ontvangers voorstellen, m.b.t. op dezelfde satelliet.

Er wordt aanbevolen de RTK GNSS-gegevens om te zetten naar basislijncomponenten. Het puntenveld wordt dan opgebouwd uit basislijnen. Zo kan dezelfde weg gevolgd worden als beschreven onder 'Toetsing en vereffening van de basislijnen'. Het voordeel van deze aanpak is dat het puntenveld door middel van basislijnen gecorreleerd is. Wanneer RTK GNSS-gegevens als coördinaten benaderd worden, bestaan er enkel losse ongecorreleerde punten.

Een tweede manier is te werken met coördinaten als waarnemingstype. In dit geval is het sterk aangewezen extra waarnemingen en bekende punten in het netwerk op te nemen. Er gebeurt dan een toetsing en vereffening op basis van de methode van de kleinste kwadraten. Voor de toetsing bedraagt de onbetrouwbaarheidsdrempel 5% en het onderscheidingsvermogen 80%. De standaardafwijkingen die van toepassing zijn op RTK GNSS-gegevens worden beschreven in 5.

5 Kwaliteitsbeschrijving RTK GPS-metingen

Het AGIV heeft in samenwerking met Netmanagement (voorheen Electrabel) en Aquafin diverse proefprojecten uitgevoerd om de kwaliteit van RTK GPS-metingen gebaseerd op de FLEPOS-dienstverlening beter te beschrijven. Volgende vaststellingen kunnen gemaakt worden en slaan enkel op de ETRS89-coördinaten. De fout door transformatie wordt niet in rekening gebracht.

De precisie van de plaatsbepaling hangt af van de gebruikte FLEPOS-modus en werd hier uitgedrukt t.o.v. de plaatsbepaling via de snel-statische meetmethode met een max. basislijn van 10km. Deze resultaten werden bekomen na respectievelijk 157 VRS-metingen en 154 NS-metingen.

- netwerkoplossing (VRS)

PLANIMETRIE	67% (cm)	99,9% (cm)
0-5km basislijn	0,9	2,2
5-10km basislijn	0,9	2,3
10-15km basislijn	1,1	2,9

ALTIMETRIE	67% (cm)	99,9% (cm)
0-5km basislijn	1,3	3,4
5-10km basislijn	1,9	4,9
10-15km basislijn	2,5	6,3

Tabel 4: Precisie van RTK-metingen uitgevoerd m.b.v. FLEPOS-netwerkoplossing

- single reference oplossing (SRS) / nearest station (NS)

PLANIMETRIE	67% (cm)	99,9% (cm)
0-5km basislijn	0,8	2,0
5-10km basislijn	1,2	3,1
10-15km basislijn	1,3	3,2

ALTIMETRIE	67% (cm)	99,9% (cm)
0-5km basislijn	1,6	4,0
5-10km basislijn	2,3	6,4
10-15km basislijn	3,4	8,6

Tabel 5: Precisie van RTK-metingen uitgevoerd m.b.v. FLEPOS-single reference oplossing

Niet alle SRS-metingen uit de testopstelling werden weerhouden bij het berekenen van deze beschrijvende parameters. Zo werd er voor 3 van de 157 metingen verondersteld dat ze niet tot de normaalverdeling behoren.

6 Referentiesystemen en transformaties

6.1 Belangrijke opmerking

In 2007 heeft de Raad van Beheer van het Nationaal Geografisch Instituut (NGI) beslist om een nieuw officieel coördinatenstelsel (Lambert 2008) in te voeren voor België. Dit nieuw stelsel levert ondermeer voordeel op voor organisaties die hun data-inwinningsprocessen op GPS-metingen baseren. Het betekent dat de zeer hoge nauwkeurigheid van GPS-metingen bewaard kan blijven bij de voorstelling van de resultaten op een kaart. Bij de overgang naar het Lambert 72-coördinatenstelsel ondergaan GNSS-metingen een datumtransformatie met een bijhorende (kleine) afwijking in x- en y-coördinaten op de kaart als gevolg.

De beide coördinatenstelsels Lambert 2008 en Lambert 72 blijven door deze beslissing naast elkaar bestaan. Het Lambert 72-coördinatenstelsel wordt dus niet afgeschaft.

Op de website van het NGI (link: <http://www.ngi.be/NL/NL2-1-7.shtm>) vindt u meer informatie over het Lambert 2008-coördinatenstelsel.

Het GIS-Vlaanderen samenwerkingsverband houdt tot nader bericht vast aan Lambert 72 (BEREF2003) als het coördinatenstelsel voor de producten en diensten die geleverd worden.

6.2 Transformatie van ETRS89 naar Lambert 72 (BEREF2003) en TAW

De overgang tussen ETRS89-bolcoördinaten en de coördinaten van de nationale referentiesystemen Lambert 72 en Tweede Algemene Waterpassing (TAW) verloopt sinds begin 2005 in twee fasen. Meer informatie over deze overgang is beschikbaar via deze link <http://www.ngi.be/agn/NL/NL3.shtm>.

- 6.2.1 Overgang van ETRS89-coördinaten (X,Y,Z) naar Lambert 72 (BE-REF2003) -coördinaten (x,y)
Deze overgang gebeurt in verschillende stappen (zie ook figuur 5). Na de omzetting (1) van (X,Y,Z)ETRS89 naar (X,Y,Z)BD72 (Hayford 24) via zeven transformatieparameters (Bursa Wolf) die geldig zijn voor het gehele Belgische grondgebied. Nadien worden de geocentrische coördinaten (X,Y,Z) omgezet (2) naar geografische coördinaten (φ, λ, h). Het projecteren (3) van deze coördinaten naar vlakke Lambert 72-coördinaten (x',y') gebeurt met de officiële Lambert 72-projectieparameters. Hier treden nog afwijkingen op die kunnen oplopen tot 30cm. Via de toepassing (4) van correcties op beide coördinaatcomponenten worden de uiteindelijke (x,y) BD72 verkregen. De correcties worden via interpolatie verkregen uit het regelmatig correctiegrid. Dit werd afgeleid uit de globale vereffening van ruim 4000 geodetische grondpunten, uitgevoerd in 2004. De coördinaten van deze grondpunten en alle andere huidige geodetische punten zijn vrij beschikbaar via de volgende link http://www.ngi.be/gdoc/default_nl.htm.

De coördinaten die bekomen worden uit deze bewerking worden voorzien van de notatie 'Lambert 72 (BEREF2003)'.

De fout op deze transformatie wordt gekenmerkt door $\sigma_x = \sigma_y = 1.2$ cm.

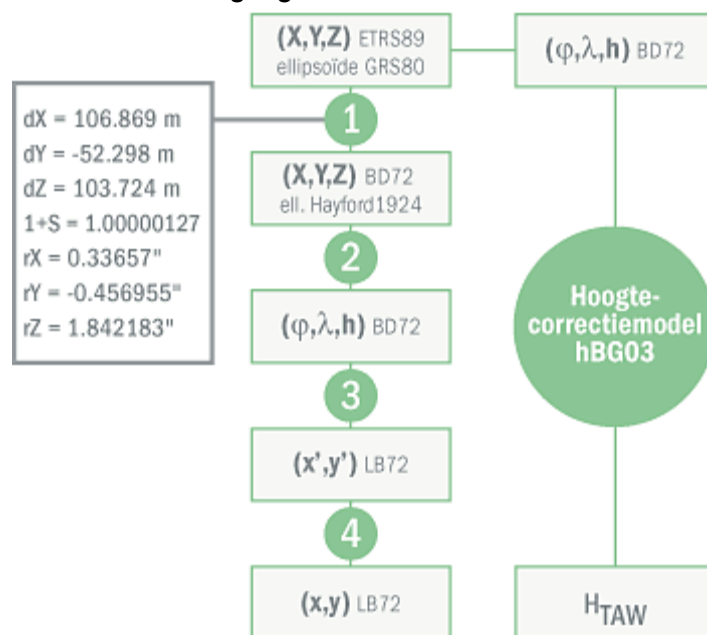
- 6.2.2 Overgang van ETRS89-gebaseerde ellipsoïdale hoogtewaarden (h) naar TAW-hoogtewaarden (H)
Deze overgang gebeurt onafhankelijk van de procedure beschreven in 7.1 maar wordt doorgaans wel terzelfder tijd uitgevoerd (zie ook figuur 5). Het verschil tussen de orthometrische hoogte H op basis van TAW en de ellipsoïdale hoogte h op basis van de GRS80-ellipsoïde is de 'N'-waarde. Deze waarde wordt in de nieuwe overgang vanaf begin 2005 voor elk punt in België afgeleid op basis van interpolatie op een regelmatig grid hBG03 dat werd bepaald door 30000 punten waar zwaartekrachtmetingen werden uitgevoerd en door 4000 punten waarvan de h-waarde bepaald werd via GPS-metingen alsook de H-waarde gekend is via waterpassing.

Uitgaande van de hETRS89(GRS80)-waarde voor een bepaalde positie kan hierdoor de overeenkomstige HTAW-waarde rechtstreeks berekend worden. De TAW-waarden worden dus niet langer via een klassieke 3D-transformatie bepaald.

De hoogtewaarden die bekomen worden uit deze bewerking worden voorzien van de notatie 'TAW'.

De fout op deze transformatie wordt gekenmerkt door $\sigma_H = 2$ cm.

6.3 Schematisch overzicht nieuwe overgang



Figuur 6: Nieuwe overgang tussen ETRS89 en Lambert 72 (BEREF2003) en TAW geldig vanaf begin 2005 (© NGI)

6.4 Gebruik van de 'oude' overgang tussen ETRS89 en Lambert 72 (BEREF1994) -TAW

Vanaf begin 2005 vervalt het gebruik van de oude overgang met behulp van de 39 transformatiezones (overeenstemmend met grenzen van gemeenten) ten voordele van de nieuwe overgang zoals beschreven in 7.1 en 7.2. De homogeniteit van de coördinaten in het kader van een lopend project dient steeds gegarandeerd te worden. Hierdoor kan het tijdelijk verder zetten van het gebruik van de oude overgang voor lopende projecten noodzakelijk zijn. U neemt hiervoor best contact op met uw opdrachtgever. Er wordt tevens aanbevolen om tot eind 2005 bij elke levering van geografische informatie expliciet te vermelden welke overgang gebruikt werd bij de bepaling van Lambert 72-coördinaten en TAW-waarden:

- "Lambert 72 (BEREF1994)" voor de oude overgang
- "Lambert 72 (BEREF2003)" voor de nieuwe overgang

6.5 Hoe omgaan met metingen uitgevoerd volgens de 'oude' overgang?

Volgens het NGI blijven de verschillen tussen Lambert-coördinaten en TAW-waarden die volgens beide overgangen werden bepaald gemiddeld genomen beperkt tot maximaal 3cm per transformatiezone, uitgezonderd enkele uitschieters. Lokaal kunnen echter grotere afwijkingen optreden.

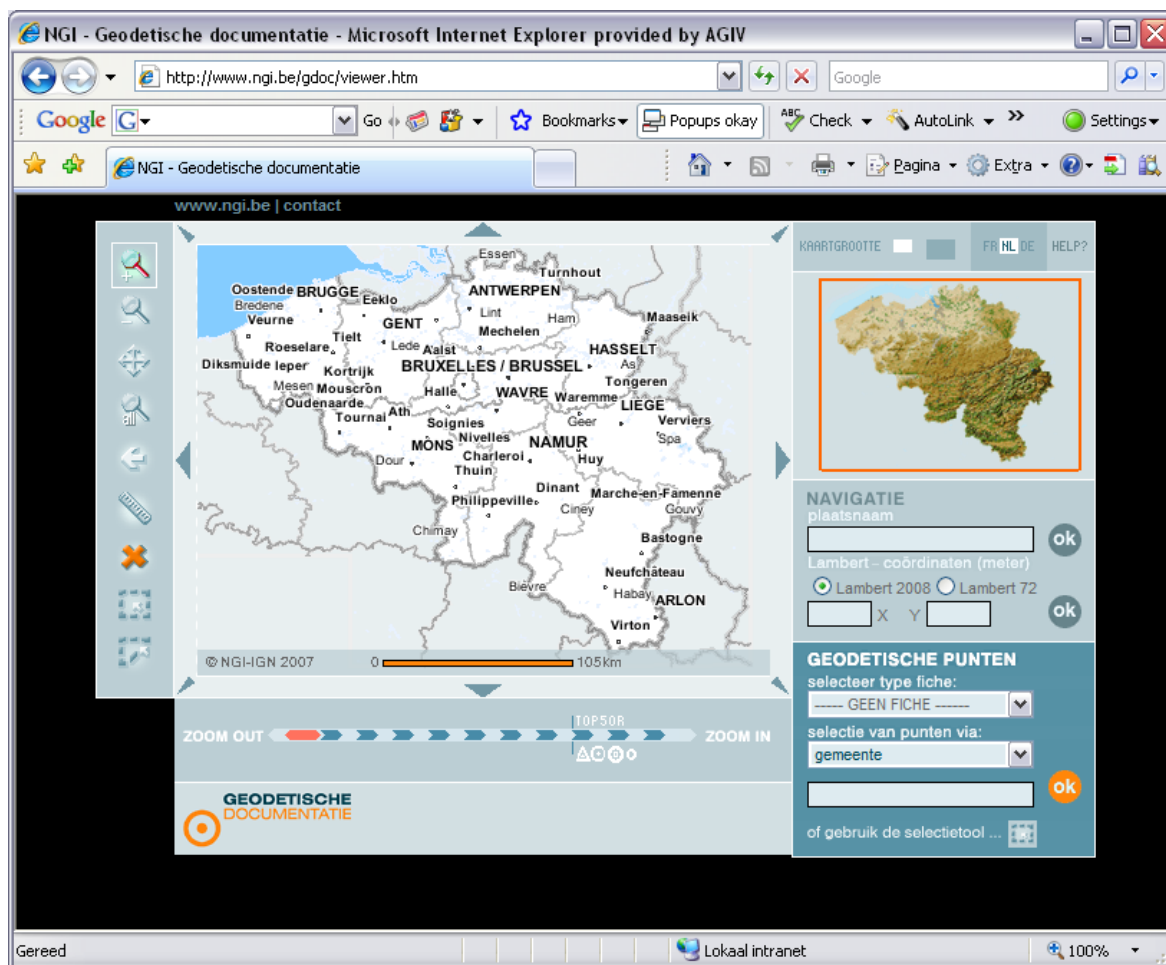
In de volgende tabel worden de gemiddelde verschillen, zoals vastgesteld door het NGI, na transformatie met beide overgangen, per transformatiezone weergegeven:

zone	dx	dy	dH
1	-0,02	-0,02	0,00
2	-0,02	-0,02	0,01
3	0,00	-0,01	0,01
4	-0,02	-0,02	0,01
5	-0,02	-0,02	0,00
6	0,01	-0,04	0,01
7	-0,03	-0,01	0,00
8	-0,01	-0,02	0,04
9	-0,01	-0,02	0,00
10	-0,02	0,00	-0,01
11	-0,02	-0,04	-0,01
12	-0,04	-0,03	0,01
13	-0,01	0,00	-0,02
14	-0,02	-0,02	0,01
15	-0,04	-0,03	-0,02
16	0,00	-0,01	-0,02
17	0,00	0,01	0,00
18	0,00	0,00	-0,02
19	-0,01	0,00	-0,02
20	-0,03	-0,02	-0,05
21	0,02	-0,03	-0,01
22	-0,01	-0,04	-0,02
23	-0,02	-0,01	0,01
24	-0,01	-0,01	-0,01
25	-0,02	-0,01	0,00
26	0,00	-0,02	-0,03
27	-0,02	-0,01	0,00
28	-0,02	-0,02	0,00
29	-0,01	0,04	0,00
30	-0,02	0,00	0,00
31	0,01	-0,02	0,00
32	0,02	-0,03	0,02
33	0,03	0,00	0,01
34	-0,02	0,00	-0,01
35	-0,01	-0,01	0,01
36	0,03	0,01	-0,04
37	0,00	0,01	-0,02
38	0,00	-0,01	0,00
39	-0,03	-0,01	0,06

Tabel 6: Verschillen op niveau van Lambert 72—coördinaten en TAW-waarden berekend via oude en nieuwe overgang (© NGI)

7 Omgaan met NGI-punten

Door de beschikbaarheid van gebiedsdekkende gestandaardiseerde transformatieparametersets, is het opmeten van een aantal NGI-punten voor het aansluiten op het Lambert 72-stelsel of Lambert 2008-stelsel niet meer nodig. Er wordt echter aanbevolen de NGI-punten, hermeten met GPS, te gebruiken als ijkingspunt om een indicatie te verkrijgen over het goed functioneren van de FLEPOS-dienstverlening en over de diverse instellingen in de ontvanger van de gebruiker. Dit gebruik wordt geoptimaliseerd doordat sinds begin 2005 voor vrijwel elk NGI-punt de ETRS89-coördinaten gratis beschikbaar zijn. Voor meer informatie over deze geodetische punten zie volgende link: http://www.ngi.be/gdoc/default_nl.htm



Figuur 7: Toepassing voor het afhalen van geodetische en altimetrische NGI-punten

8 Referenties

- "Onderzoek naar correcties voor geodetische GPS-metingen", Brondeel, M., AM/FM seminarie GISc: Geo-Information Science, 15 maart 2000, Brussel
- "Eindrapport: studieopdracht in verband met de implementatie van een netwerk van RTK GPS-referentiestations", Brondeel, M., Ondersteunend Centrum GIS-Vlaanderen, september 2000, Brussel.
- "Handleiding technische werkzaamheden van het Kadaster", Kadaster, 1996, Apeldoorn
- "Topografie, in het kader van het Grootschalig Referentie Bestand", De Vidts, B., Ondersteunend Centrum GIS-Vlaanderen, mei 2001, Brussel.
- "Handleiding toepassing GPS, versie 2.0", van Buren, J., Kadaster, januari 2003, Apeldoorn
- "Transformatie tussen ETRS89 en Lambert 72 / TAW", Voet, P., Nationaal Geografisch Instituut, 25 maart 2005, infosessie 'FLEPOS en de nieuwe transformatieprocedure', Gent.

9 Lijst van gebruikte afkortingen

- DGPS: Differential GPS
- ETRFxy: European Terrestrial Reference Framework van het jaar xy, staat voor het kader waarin coördinaten kunnen bepaald worden, gebaseerd op het ETRS89-systeem. Dit betekent dat de gebruiker steeds werkt in ETRF. Er zijn verschillende realisaties waarvan ETRF97 de meest precieze is. ETRF-coördinaten worden uitgedrukt in geografische coördinaten (breedte, lengte en ellipsoïdale hoogte) of in geocentrische coördinaten (X,Y,Z). FLEPOS wordt gerealiseerd in ETRF93.
- ETRS: European Terrestrial Reference System, Europees referentiesysteem gebaseerd op ITRS maar gerefereerd op de Europese continentale plaat. De Europese plaat verplaatst zich gemiddeld 2.5cm per jaar t.o.v. gekende ITRS-punten. Transformaties tussen beide systemen zijn op elk ogenblik gekend. Om praktische redenen wordt steeds gerefereerd naar de positie van de Europese continentale plaat in 1989. Men spreekt dan ook van ETRS89.
- GPS: Global Positioning System
- GNSS: Global Navigation Satellite System
- IGS: International GPS Service verzamelt, archiveert en verspreidt GPS-observatiebestanden van voldoende kwaliteit met het oog op gebruik door diverse toepassingen die gebruik maken van GPS enerzijds en experimenteel onderzoek anderzijds.
- ITRFuv: International Terrestrial Reference Frame van het jaar uv staat voor het kader waarin coördinaten kunnen bepaald worden, gebaseerd op het ITRS-systeem.
- ITRS: International Terrestrial Reference System, een preciezer referentiesysteem dan WGS84, geschikt voor geodetische en landmeetkundige toepassingen. De continenten-drift (onderlinge verplaatsingen tot 12cm/jaar) staat het gebruik van een wereldwijd systeem voor landmeetkundige toepassingen echter in de weg.
- Lambert 72: het Belgische nationale cartesische en vlakke coördinatenstelsel, zoals gedefinieerd door het Nationaal Geografisch Instituut (NGI). In afwijking van de voorgaande coördinaatsystemen is dit geschikt voor 2D-toepassingen. De coördinaten worden uitgedrukt in x en y in meter. Overal in België hebben de coördinaten een positieve waarde. In 2004 vond een eerste globale vereffening plaats, op basis van 4200 geodetische grondpunten.
- Lambert 2008¹¹: Lambert-2008 is de projectie van geografische coördinaten bepaald op de GRS80 ellipsoïde. Met GPS metingen bepaalt men coördinaten op de GRS80 ellipsoïde.

¹¹ Bron: <http://www.ngi.be/NL/NL2-1-7.shtm>

Om GPS resultaten om te zetten naar Lambert2008 coördinaten is geen transformatie meer nodig, enkel een projectie. Daardoor wordt de nauwkeurigheid van de GPS metingen volledig behouden.

- NMEA: National Marine Electronics Association is verantwoordelijk voor de mariene elektronische industrie en de markt waarop deze industrie zich richt.
- NS: Nearest Station
- NTRIP: Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, een standaard voor het verspreiden van GNSS-data via het internet.
- PP: Post Processing
- SRS: Single Reference Station
- RINEX: Receiver Independent Exchange format, een ontvanger onafhankelijk dataformaat (Ascii) om GPS-data uit te wisselen.
- RTK: Real Time Kinematic
- RTCM: Radio Technical Commission for Maritime Services stelt de standaarden van de RTCM-boodschappen vast, het gestandaardiseerd dataformaat om GNSS-correcties uit te wisselen.
- Rover: RTK GPS ontvanger, geschikt voor mobiel gebruik en het inmeten van (grote) puntenvelden.
- TAW: Tweede Algemene Waterpassing als Belgisch referentiesysteem voor orthometrische hoogte gerealiseerd door hoge-precisiewaterpassing. Het nulpunt werd bepaald als het gemiddeld zeeniveau laagwater zoals waargenomen te Oostende. De orthometrische hoogte verschilt van de ellipsoïdale GPS-hoogte mede doordat ze rekening houdt met de zwaartekracht.
- TID: Travelling Ionospheric Disturbances
- VRS: Virtual Reference Station
- WGS84: World Geodetic System 1984, globaal en ruimtelijk referentiesysteem voor wereldwijde navigatietoepassingen met een vereiste precisie van 1m. De coördinaten worden uitgedrukt in breedte, lengte en ellipsoïdale hoogte (normaalhoogte) of in geocentrische coördinaten (X, Y, Z).