



Galileo

BeiDou

GLONASS

GPS



Hans.Visser@fugro.com

Galileo wereldwijde positionering.

NIN, GRC , Noordwijk 11-Oktober-2019

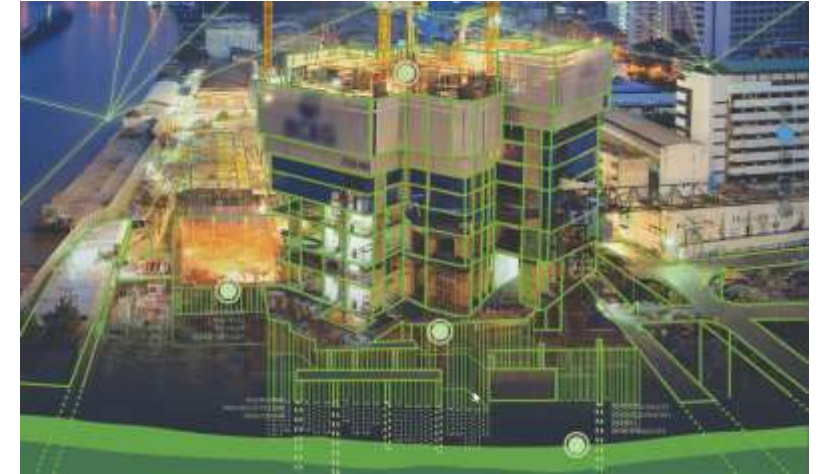
Fugro focus

"Site Characterisation"
Lokatie Metingen

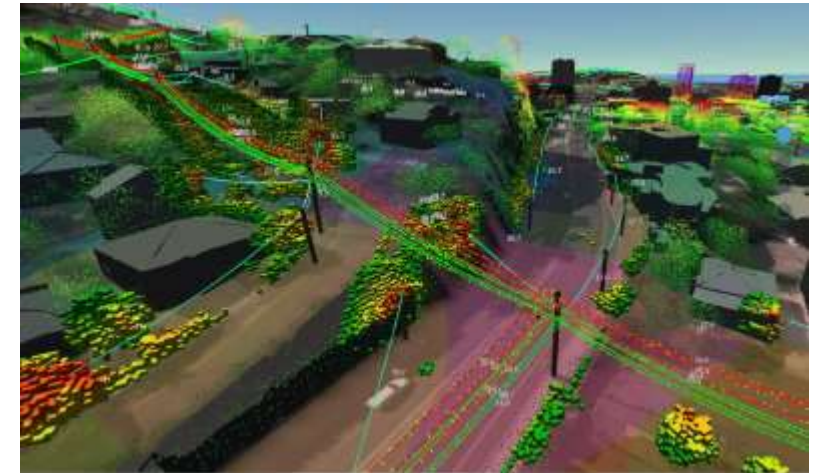
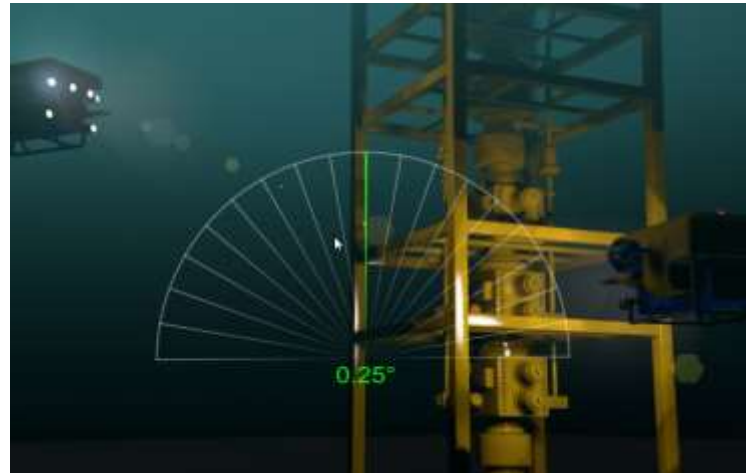
Zee



Land



"Asset Integrity"
Object Integriteit



Fugro mensen en materiaal



11.000 Medewerkers



~40 Schepen



~80 CPT Trucks



Laboratoria



Jack-Up Platforms



400 Onderzoekers



Boorwagens



**Onder Water
(ROV)**



**Automatic
Unmanned
Vehicles**



2 Onbemande vaartuigen

Fugro GNSS gebruik



Landmeten



GIS



Raildata RILA



ARAN Wegen



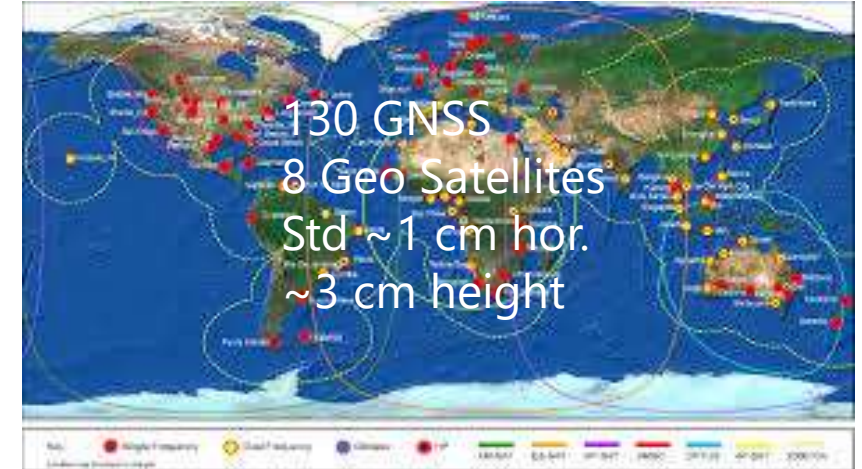
Drive-Map 3D Omgeving



Boormetingen voor fundatie



Offshore Surveying



Fugro Network

Fugro Satelliet plaatsbepaling

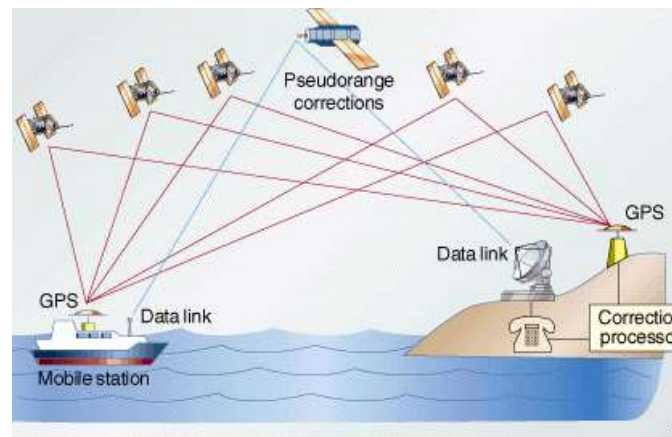
Transit



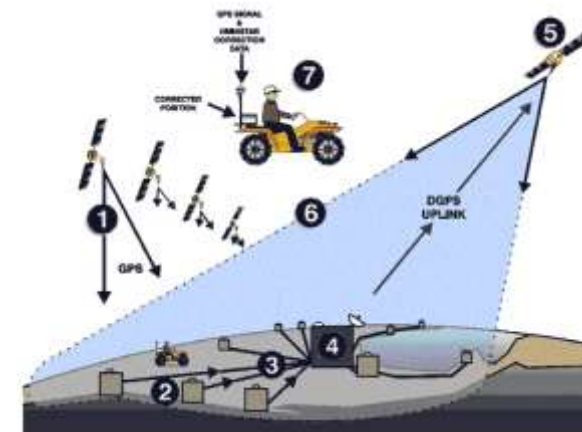
Starfix



HF DGPS



Omnistar



1974 Transit

1984 – 1993 Starfix

1986 DGPS HF

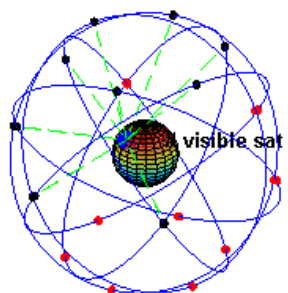
1996-2011

2001



HP L1/L2

2006



GPS

2009



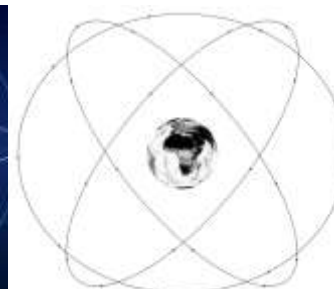
GLONASS

2014

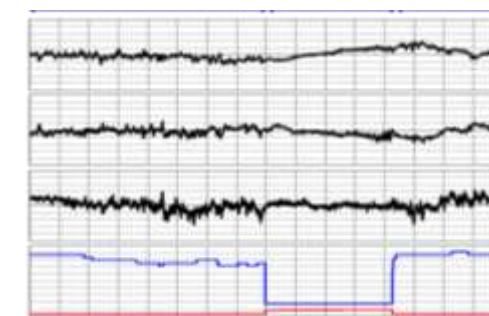


BeiDou

2016



Galileo



2016 Fugro PPP

Precise real-time banen en klokken voor:



Markten



Baggeren



Hydrografie



Onderzoek



Marine en Kustwacht



Windmolenparken



Kabelleggen

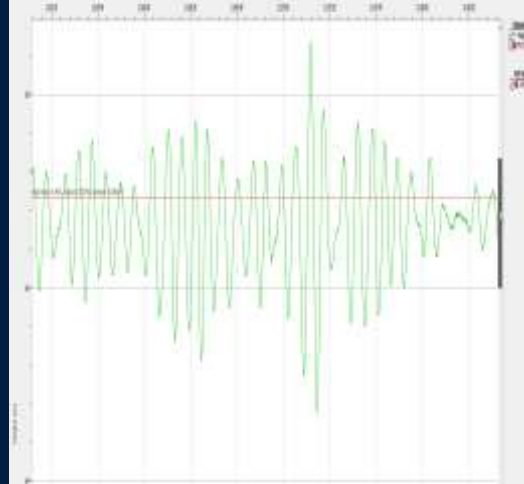


Reddingen op zee

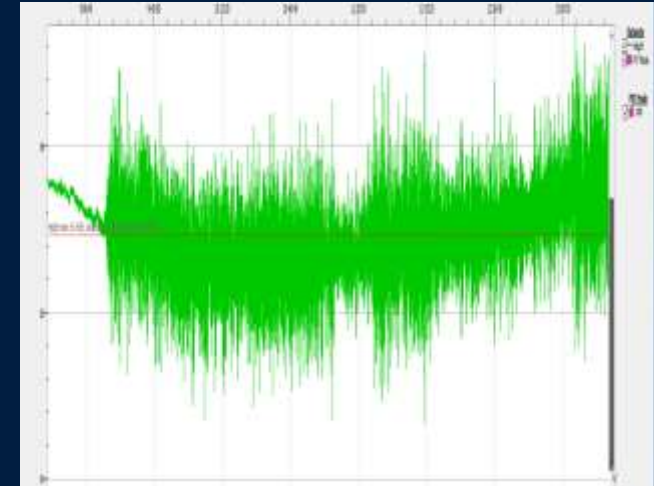
Toepassingen



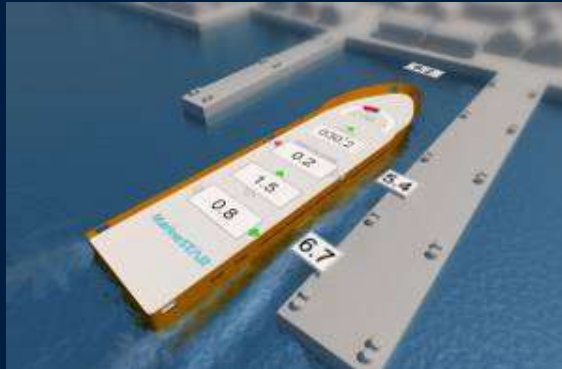
Multibeam Diepte metingen



Golfhoogte



Getijde



Aanmeren

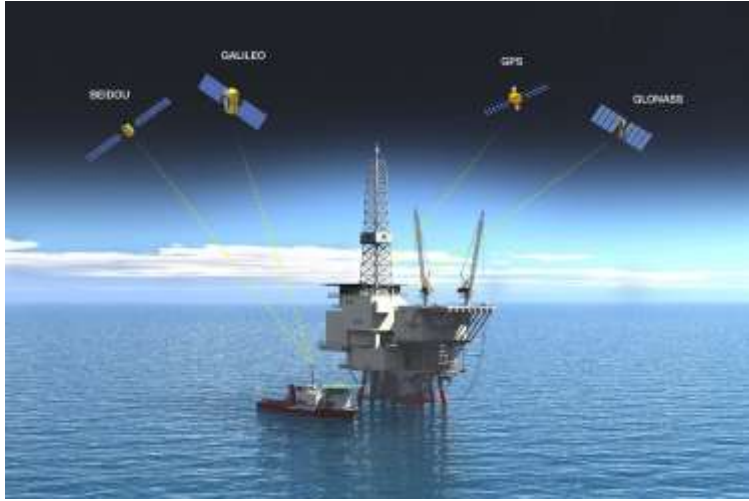


Boeien



Autonome vaartuigen
Drix Ixblue voorbeeld

Dynamische Plaatsbepaling



Drijvende booreilanden
DP Boorschepen
Anker en Support Schepen



Starfix Suite Positionering



Schepen gedurende een verplaatsing van een Olieplatform

Starfix Suite Software



Oceanstar



- G4 (+Galileo)
- 2-5 Antennes
- Aanmeren
- Kompas
- Trim schip
- Diepte
- Scheepsvorm

<https://www.youtube.com/watch?v=Sqels7Bb7yA> www.fugro.com/oceanstar

Vaardiepte

Oceanstar+OMC

Vaardiepte

Optimalisatie

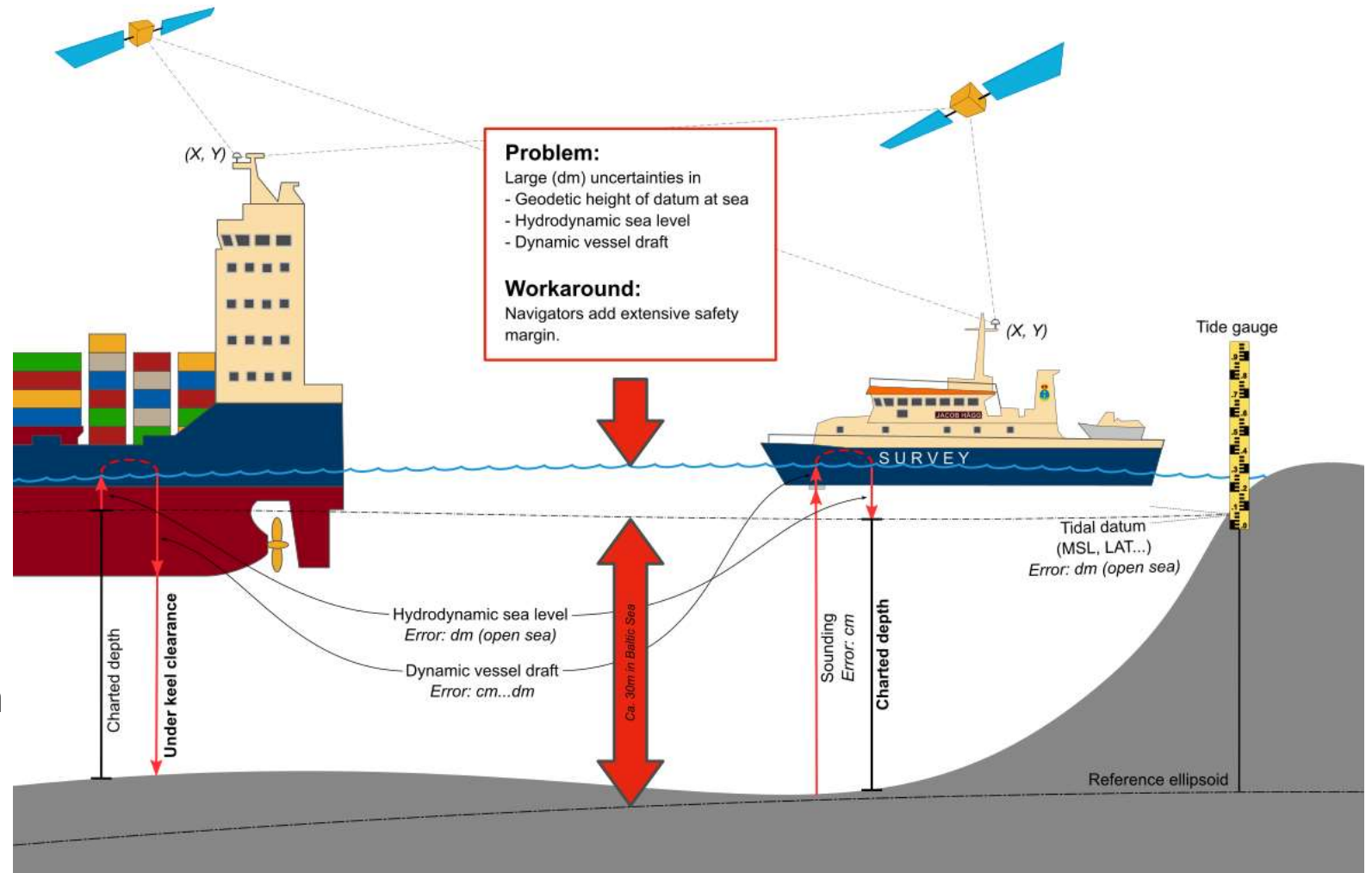
vrachtschepen in Australië

OMC gebruikt de preciese hoogte van Oceanstar om de toekomstige vaardiepte te bepalen.

Under keel Clearance=

Hoogte Schip-Diepte zeebodem

Beiden in ITRF



<http://www.famosproject.eu/activities/future-navigation/>

Spacestar GNSS correcties voor LEO

ESA NAVISP Onderzoek

Element 1

"Space GNSS Receiver for In-Orbit Demonstration of PPP"

Deimos Leider

Subcontractors:

Fugro, Gomspace, Nottingham Un.
Gebruik van GPS+ Galileo

Doel: 10 cm voor LEO Satellieten



Proprietary global reference network supporting GPS, GLONASS, BEIDOU, & Galileo



Orbit & Clock, Real time

Positie: < 10 cm

Snelheid: < 5 mm/s

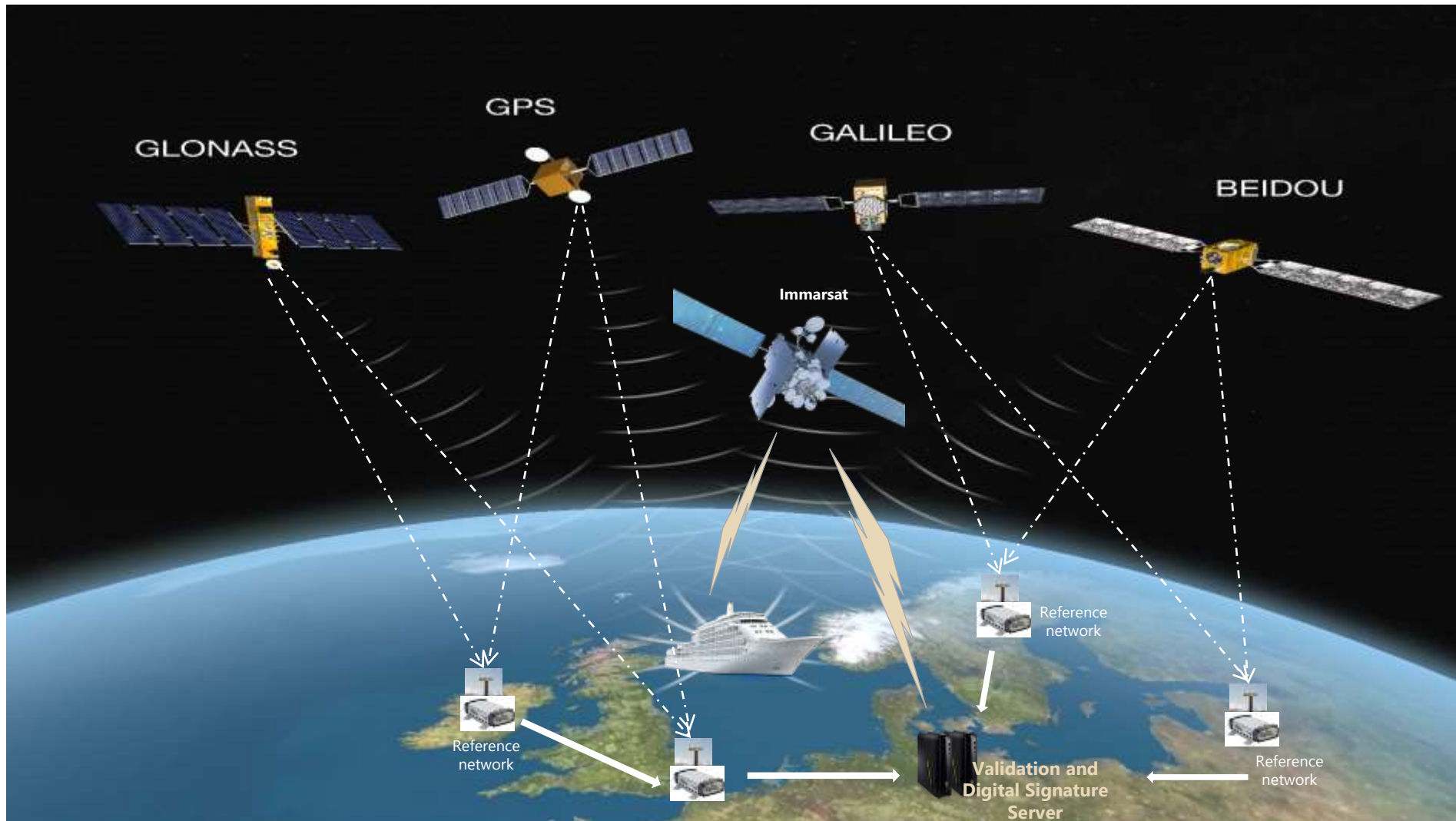
Tijd: < 5 ns



Grote beschikbaarheid & redundantie

Track record & SLA's

Satguard: Spoofing bescherming



GNSS Navigatie Message Authenticatie (NMA)

Via Lband

Versleutelde
Checksum op
Ephemeriden

- GPS
- GLONASS
- Galileo
- BeiDou
- Correcties

Tegen Spoofen.

GNSS ontvangers met Fugro G4+

- ❑ 9205, 3610
- ❑ Trimble SPS series, Alloy
- ❑ Trimble OEM BD9xx, BX9xx
- ❑ Applanix POSMV series
- ❑ Advanced Navigation Spatial Dual
- ❑ SBG Splitbox GNSS
- ❑ Kongsberg DPS 110/112
- ❑ Kongsberg Seapath 3xx
- ❑ Septentrio AsteRx-u-Fg



Allen
Galileo
Geschikt

Fugro GNSS Positioning Services

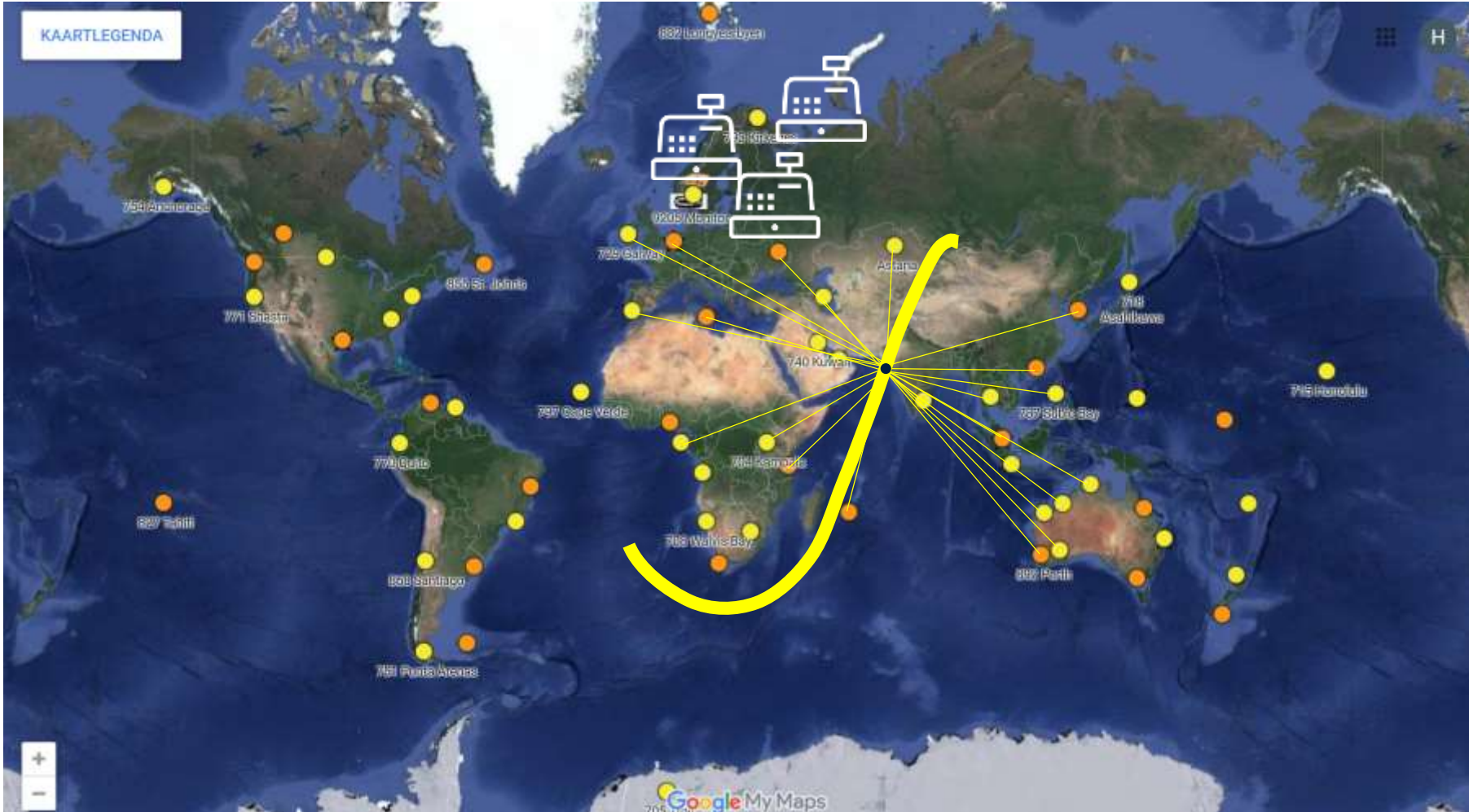
Dienst	Sinds	Nauwkeurigheid	Methode	Systeem	Frequentie	Techniek	Afstand
VBS	1996	Meter	Sites	GPS/ GLONASS	Single	Differential	1000 km 2000 Km
HP	2000	Decimeter	Sites	GPS	Dual	Differential	500 km 1000 km
G2	2009	Decimeter	Orbit1 Clock1	GPS GLONASS	Dual	PPP	Global
XP2	2014	Decimeter	Orbit2 Clock2		Dual	PPP	Global
G4	2015	Decimeter	Orbit2 Clock2	GPS Galileo GLONASS BeiDou-2	Dual	PPP	Global
G2+	2016/ 2017	Centimeter	OC2 &UPD GPS UPD GLO		Dual	PPP-RTK	Global
SatGuard	2019+		NMA	G4	Lband	Checksum	Global

G4 Baanberekening (1/4)



- 60 GNSS Referentiestations
- Twee Ontvangers
- Meten:
- GPS
 - L1 C/A, P-Code
 - L2E, L2C
- GLONASS
 - L1P, L2P
- Galileo
 - E1, E5
- BeiDou-2
 - B1, B2, B3

G4 Baanberekening (2/4)



- 3 Rekencentra
- Elk ~10 Computers

G4 Baanberekening (3/4)

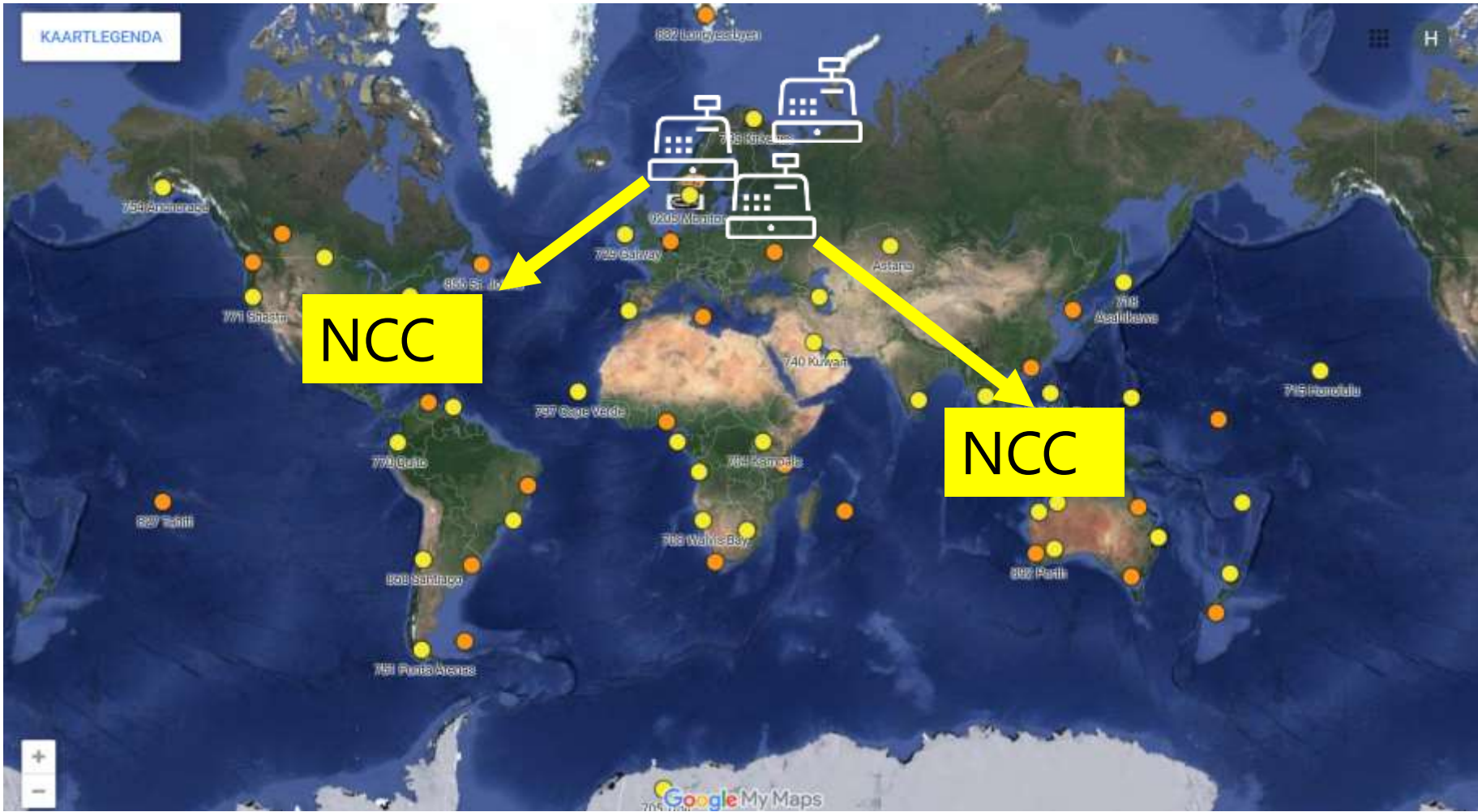


- Baan Integratie

G4 Baanberekening (3/4)



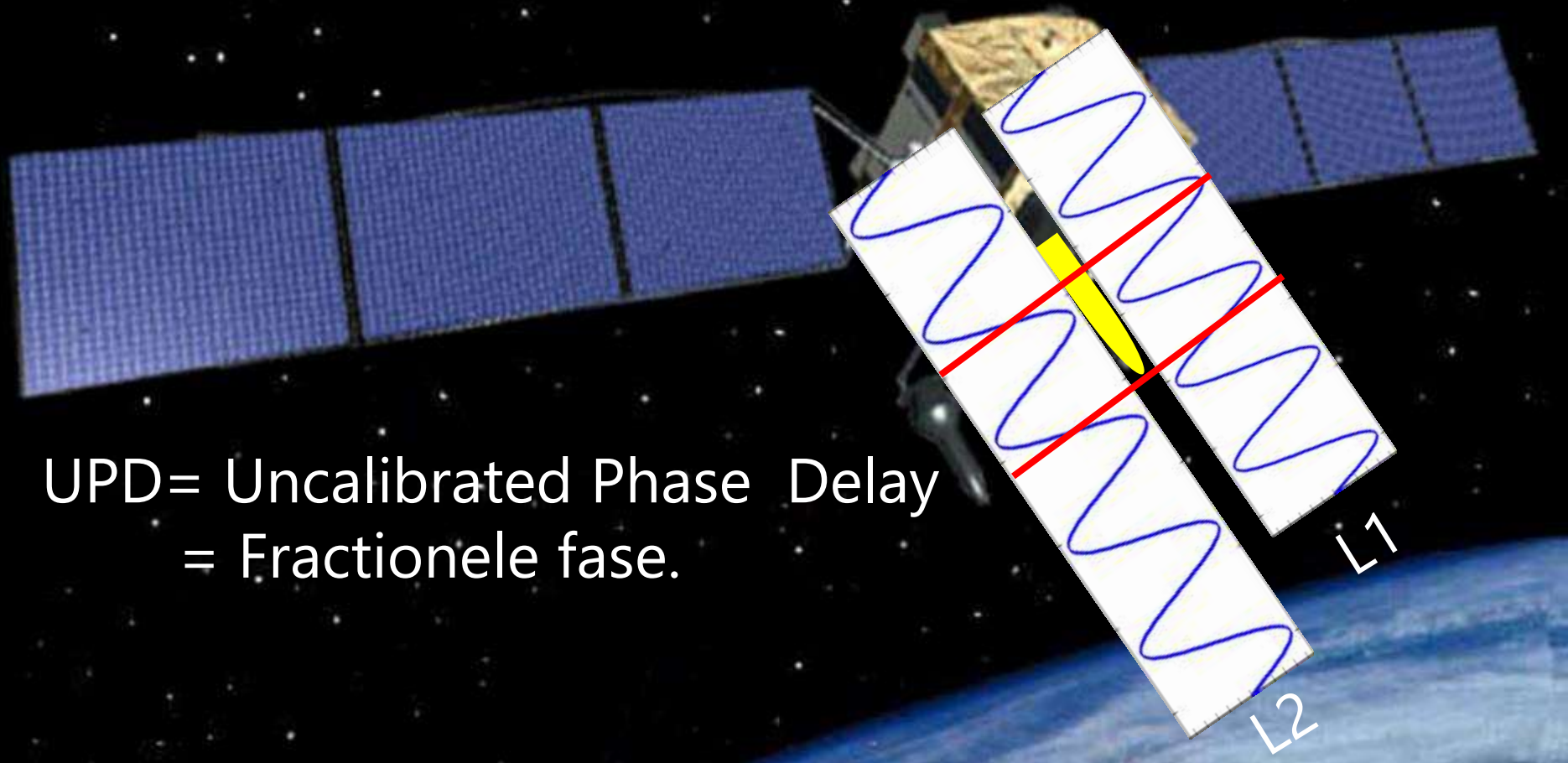
Klokfout meten
10-15
Referentiestations.



- Network Control Centers(NCC)
- Combineer data
- Zip data
- Check Data
- Uplink
- Check Uplink
- Check Data

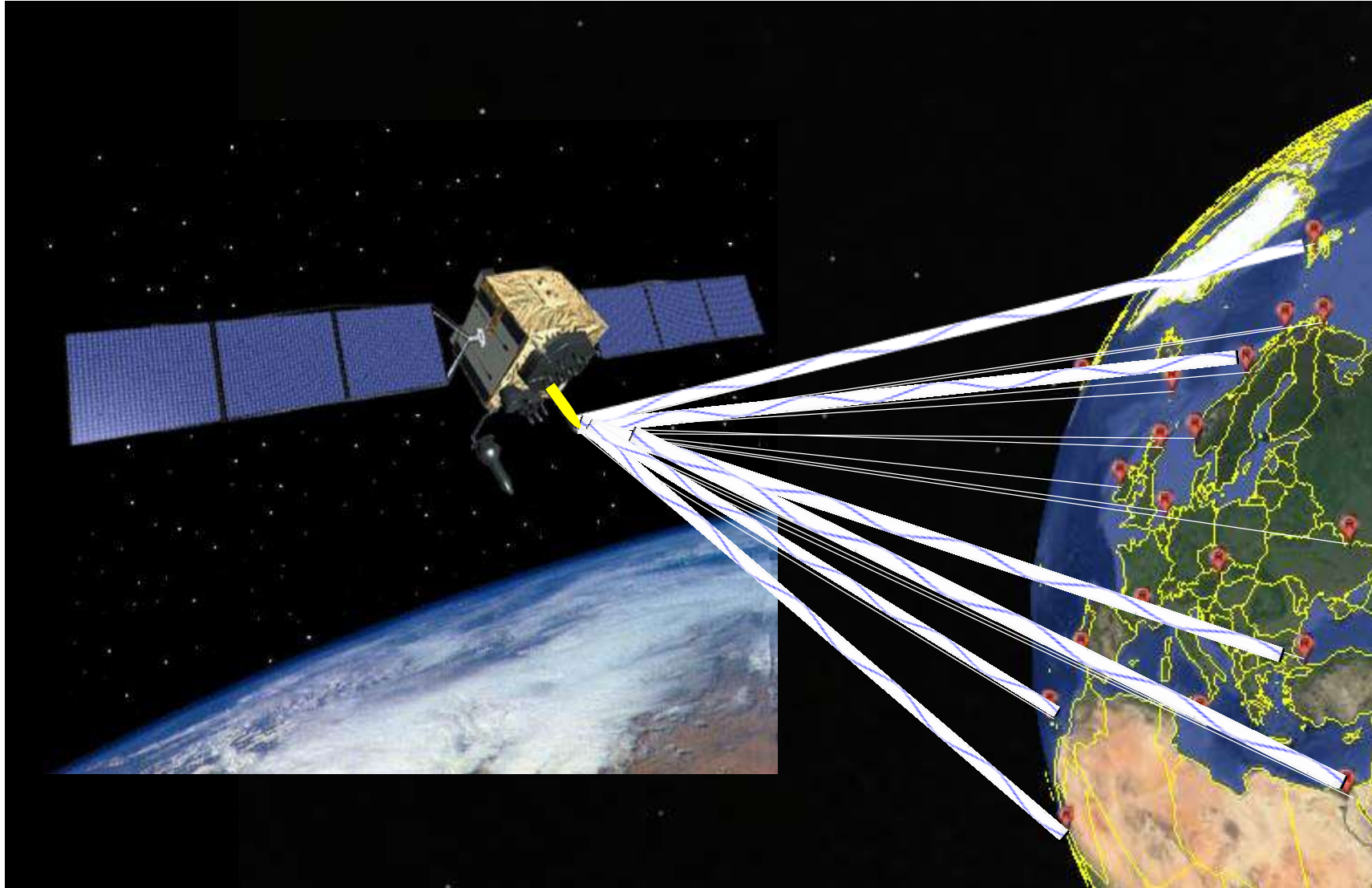
Satelliet Hardware Vertraging. (UPD).

Hardware vertraging =
Afstand Antenna phase centre – Signaal generatie.



UPD= Uncalibrated Phase Delay
= Fractionele fase.

GNSS Hardware vertraging schatting (UPD)



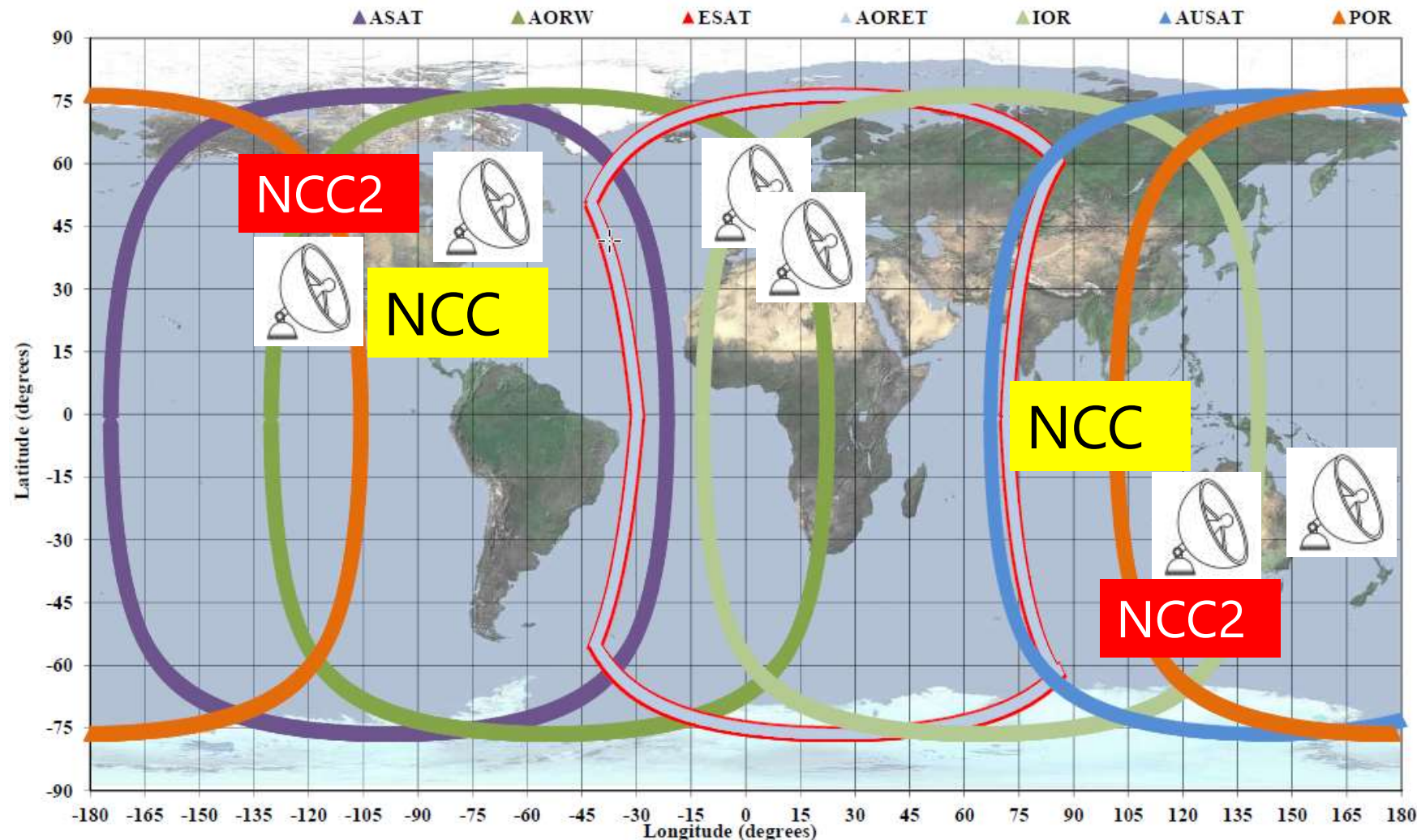
Gebruik ~100
Referentiestations.

Schatten
L1,
L1-L2
L1+L2

Zenden over 7 Geostationaire Satellieten (+ Internet)

Updated 24 April 2019

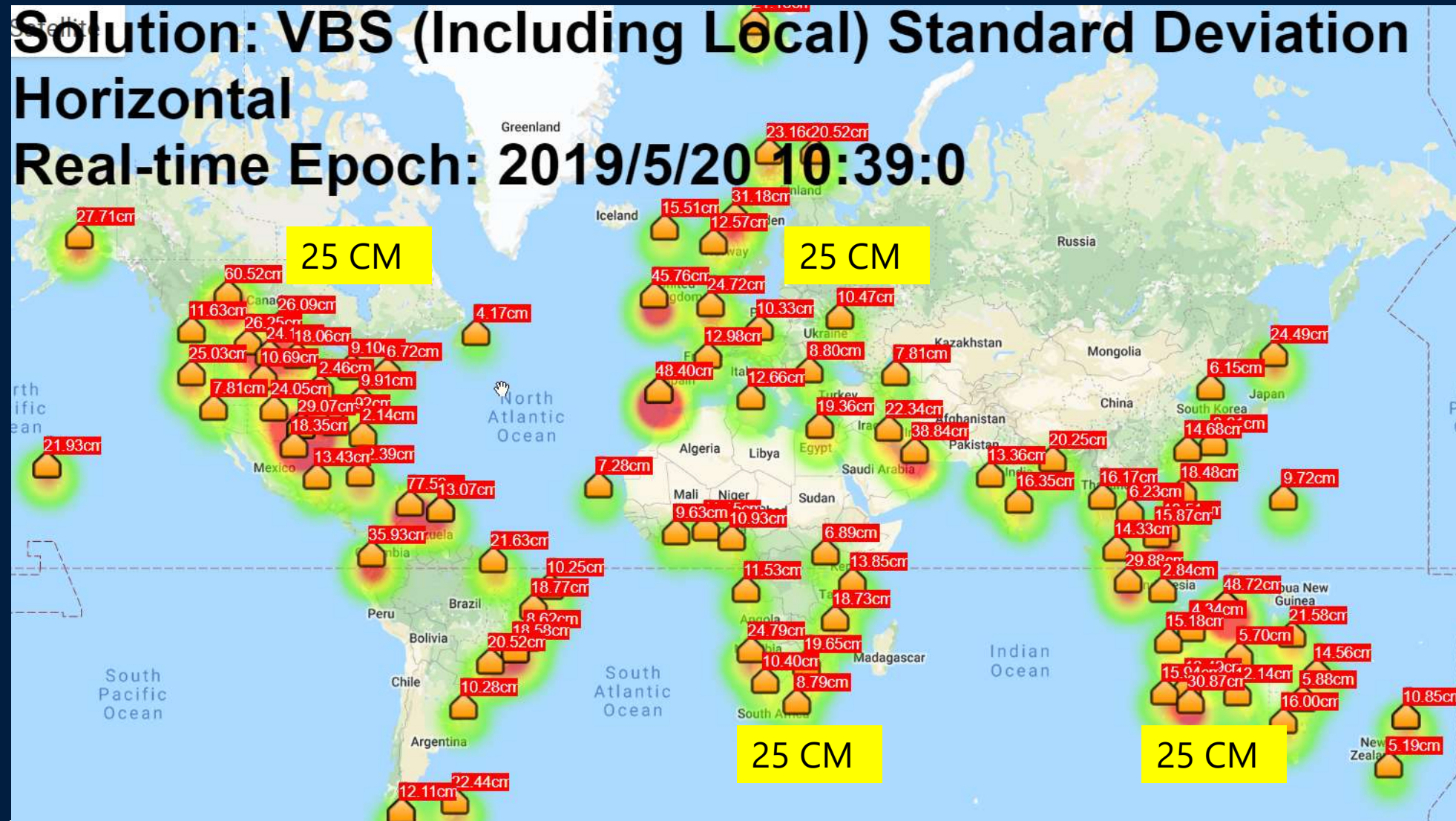
Fugro World Wide Beams

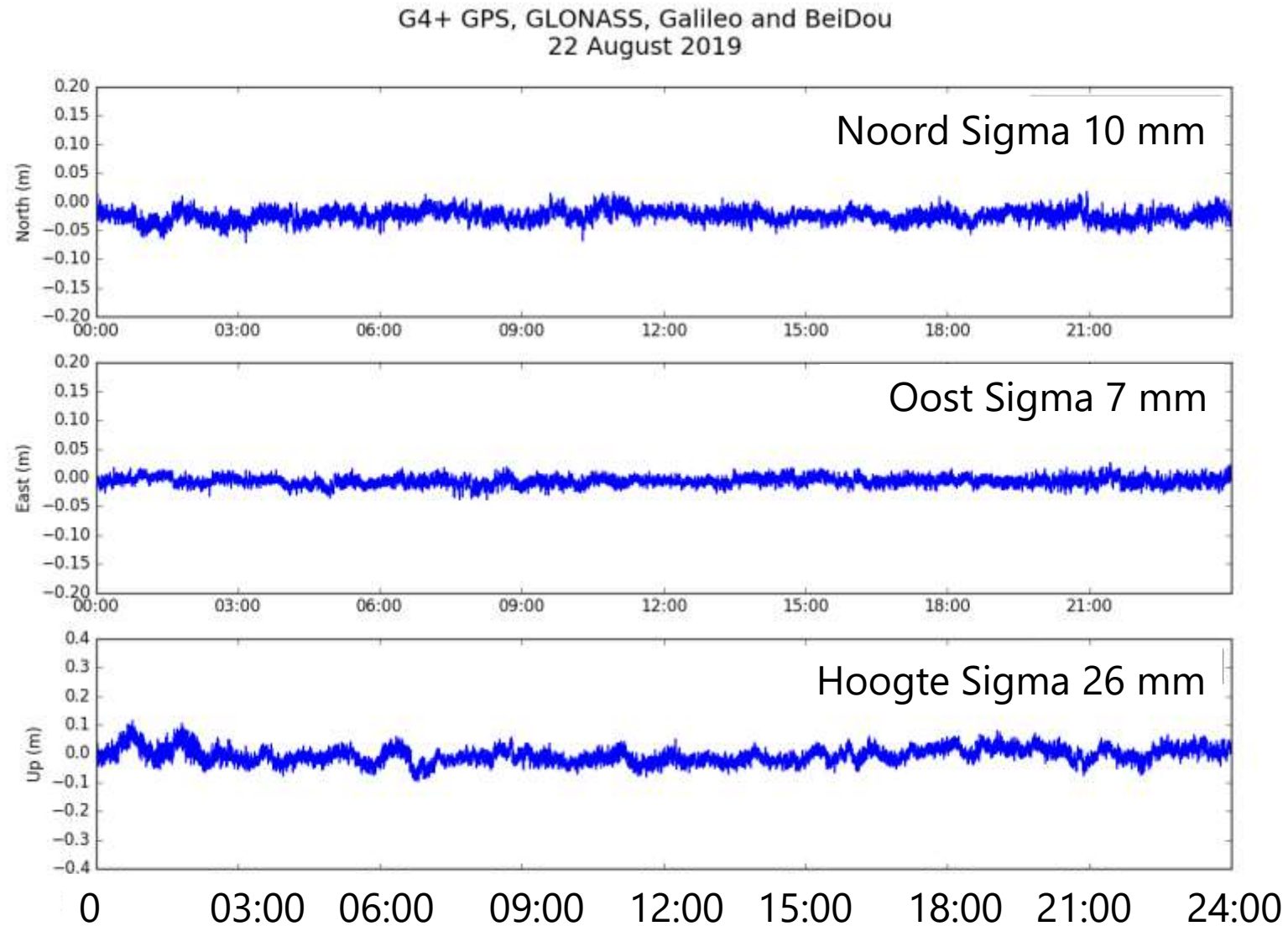


1. L-band is zeer Betrouwbaar
2. Uptime 99.9998%
3. Weinig regen signaal demping.
4. 1200 and 600 Bits per Seconde
5. Globaal dubbele Dekking Coverage
6. Backup Uplinks
7. Backup NCC's

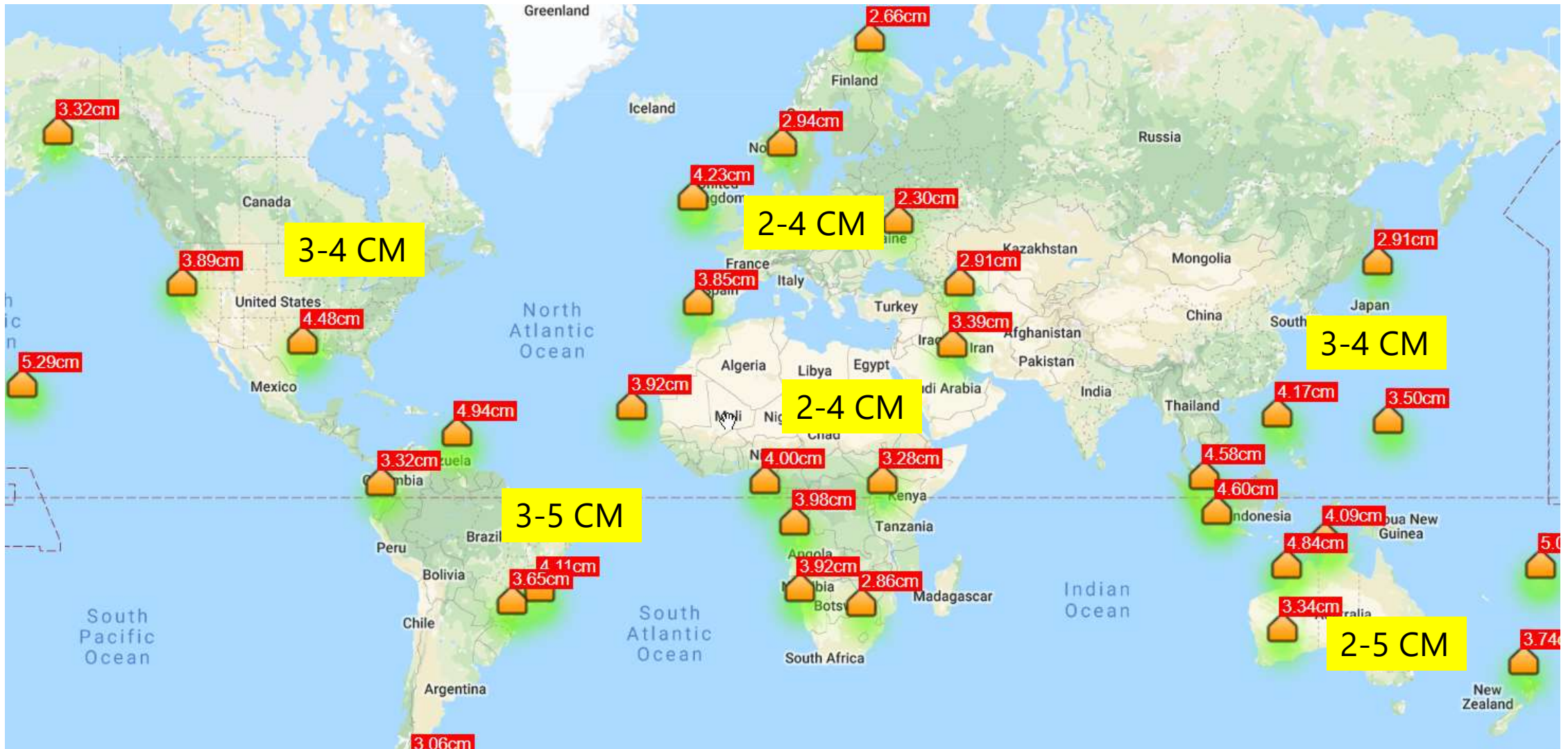
VBS: L1 Code 20-May-2019

Solution: VBS (Including Local) Standard Deviation
Horizontal
Real-time Epoch: 2019/5/20 10:39:0



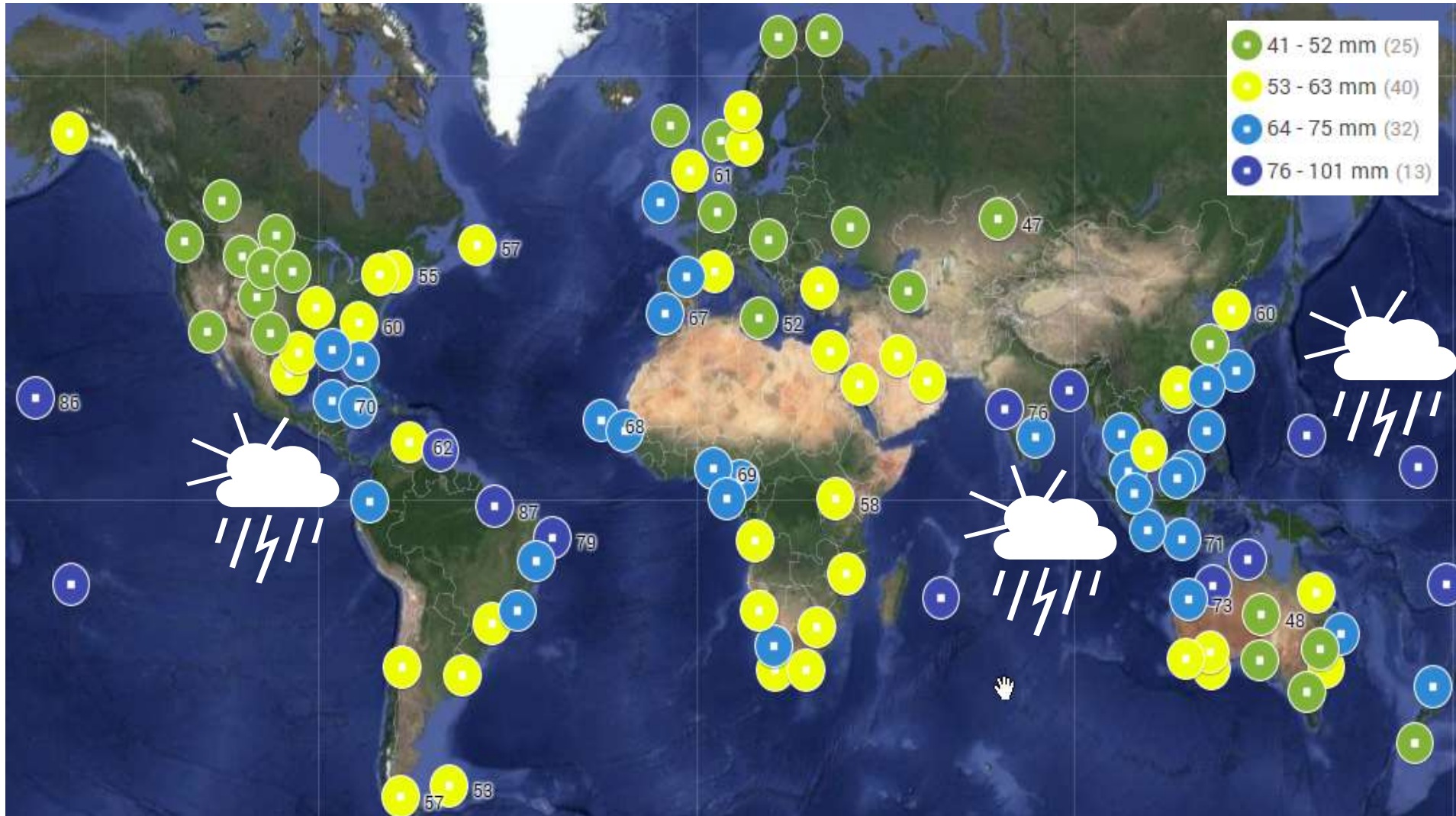


G4 Hoogte standaard Afwijking



Okt 2017- Okt 2018

G2+ 95% statistiek

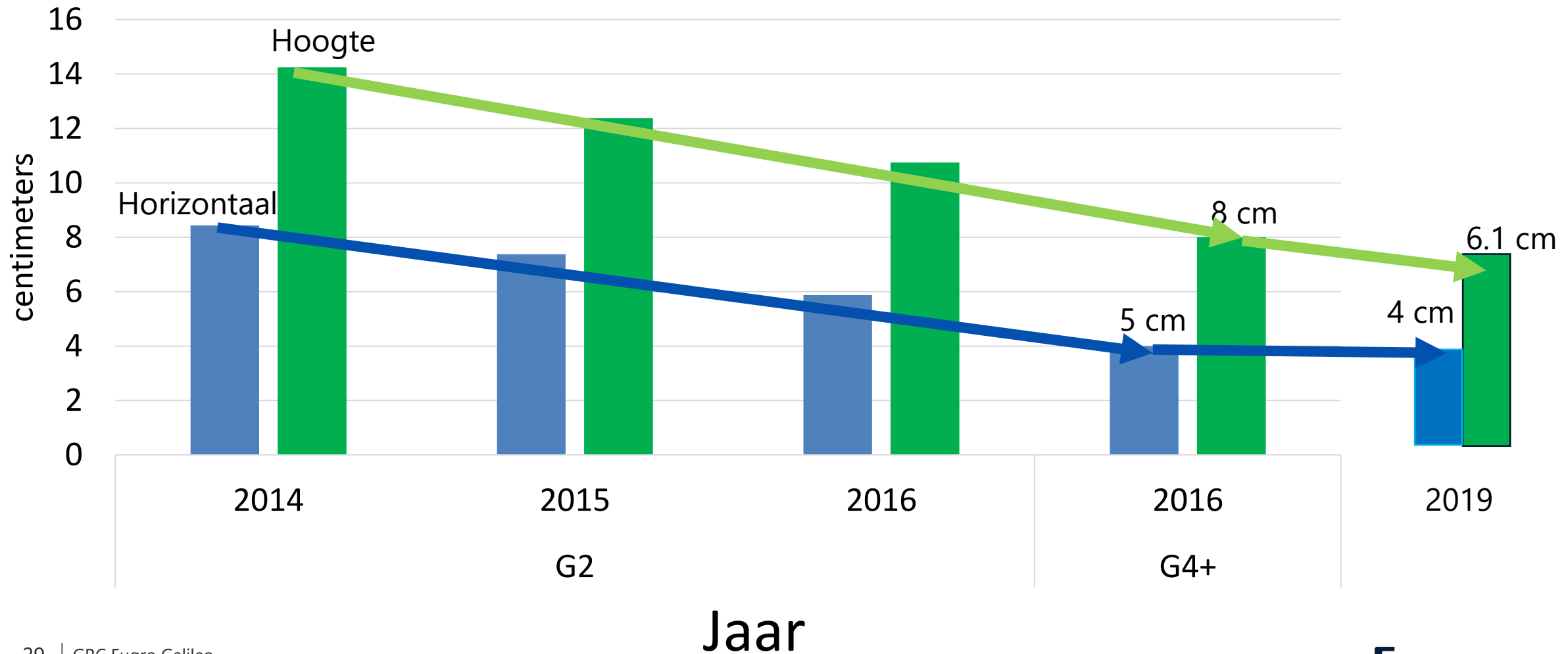


G2+	rms	95%
Noord	12 mm	21 mm
Oost	11 mm	20 mm
Hoogte	33 mm	61 mm

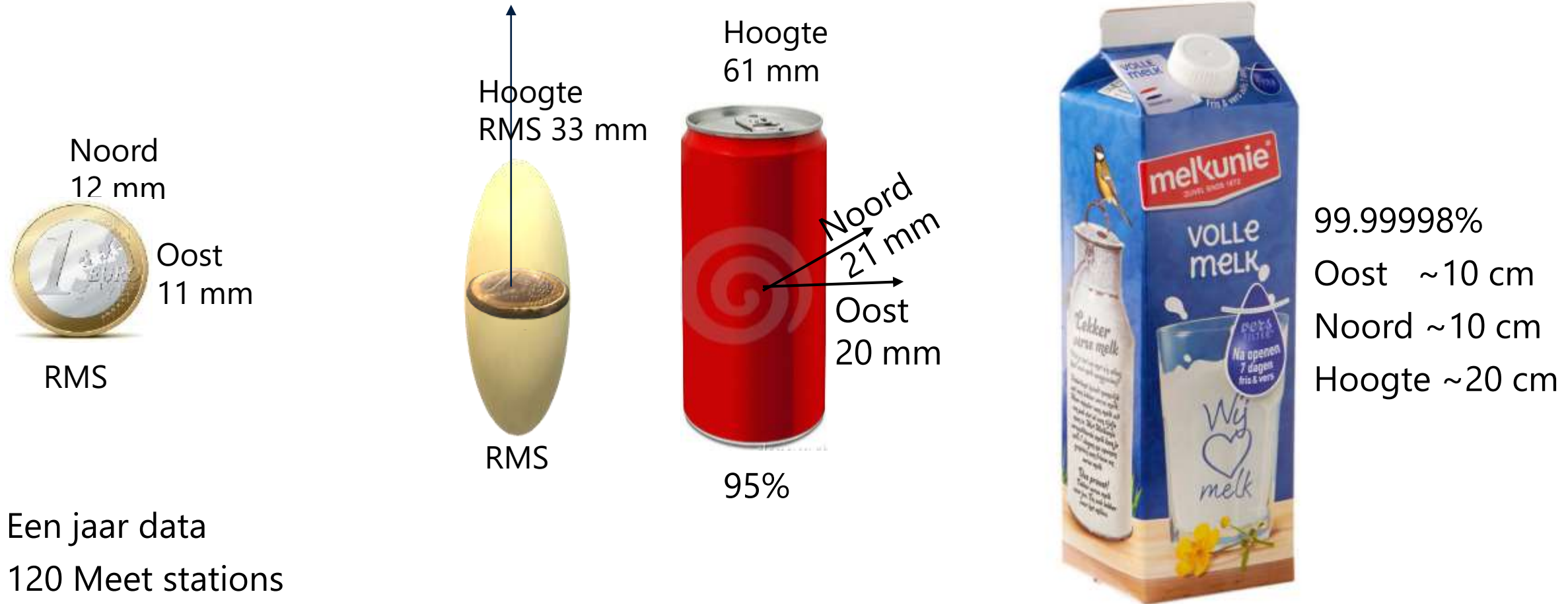
3 Sites met RF Interferentie verwijderd

Verbetering

95% globale nauwkeurigheid verbetering

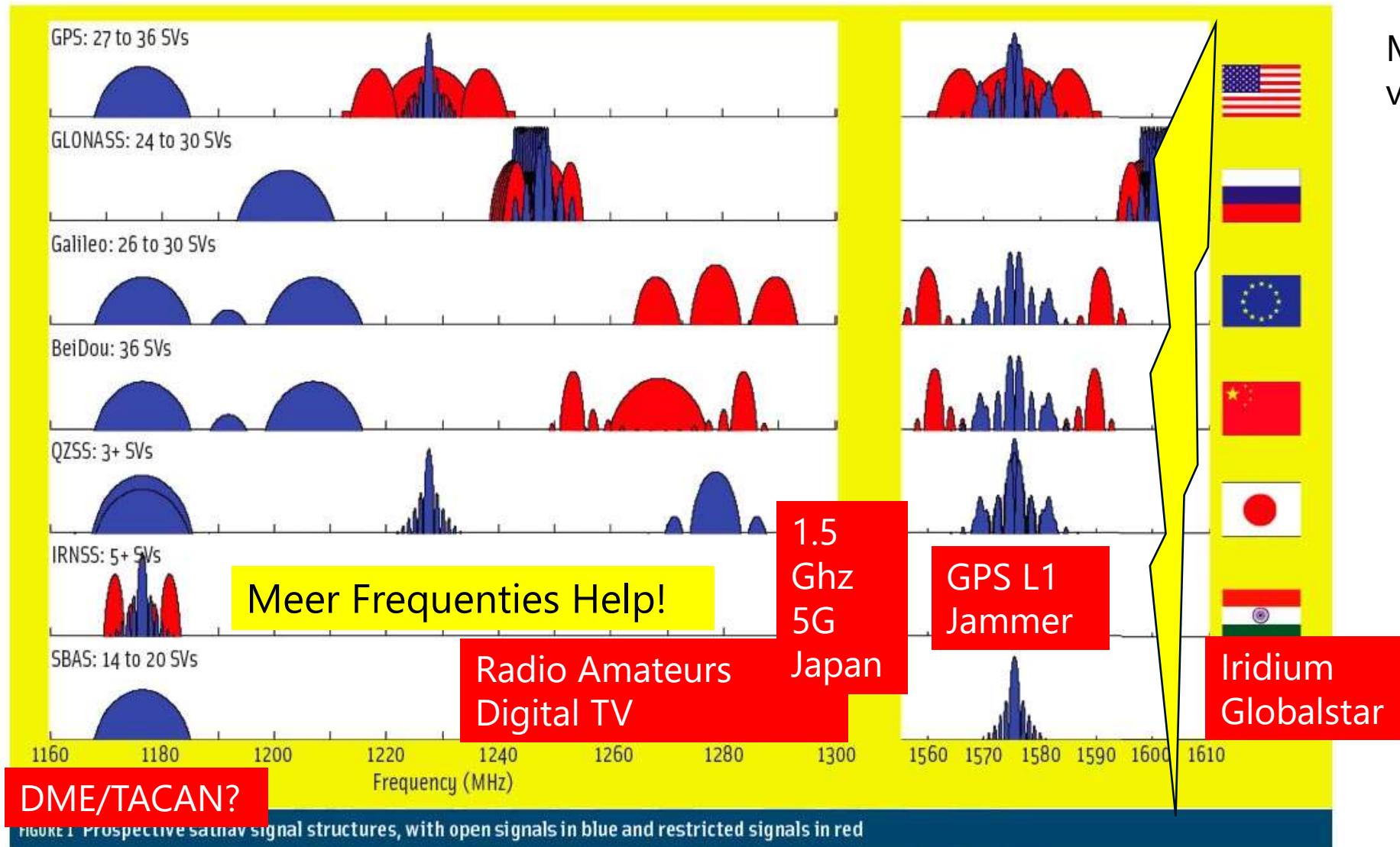


Fugro PPP-G2+ Positie Statistiek 2018



Een jaar data
120 Meet stations
GPS and GLONASS

GNSS Signalen.



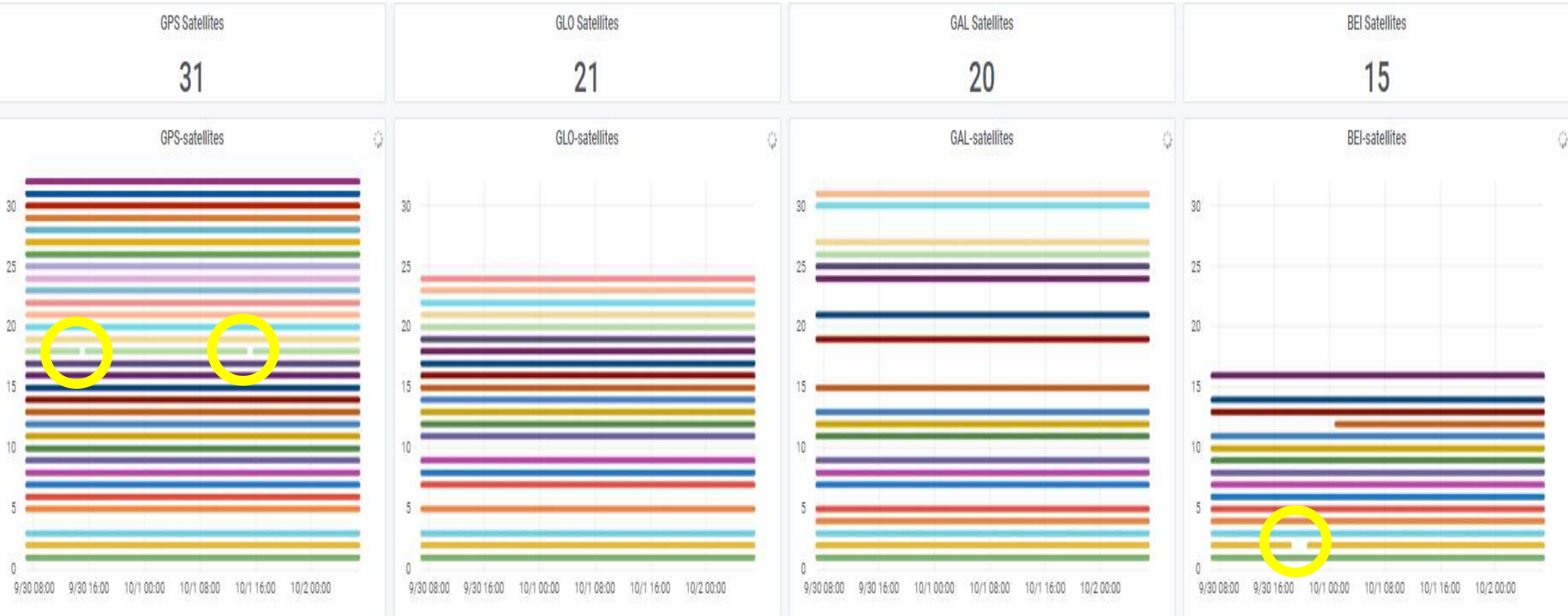
Meer Frequenties
vergroot Robuustheid

DME/TACAN?

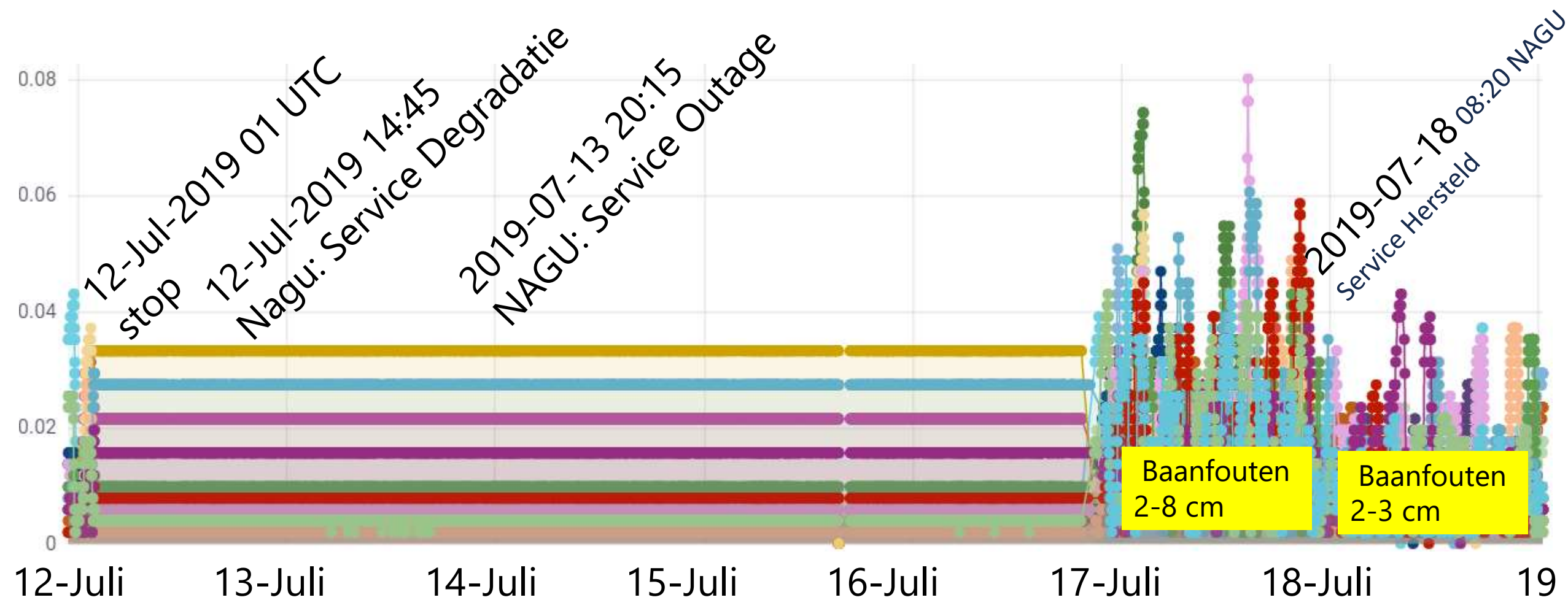
FIGURE 1 Prospective satnav signal structures, with open signals in blue and restricted signals in red

<http://insidengnss.com/figure-2-tables-1-2-something-old-something-new/> (2013!)

Aantal GNSS Satellieten ~87



Galileo uitval 12-Juli 01 UTC – 19-Juli

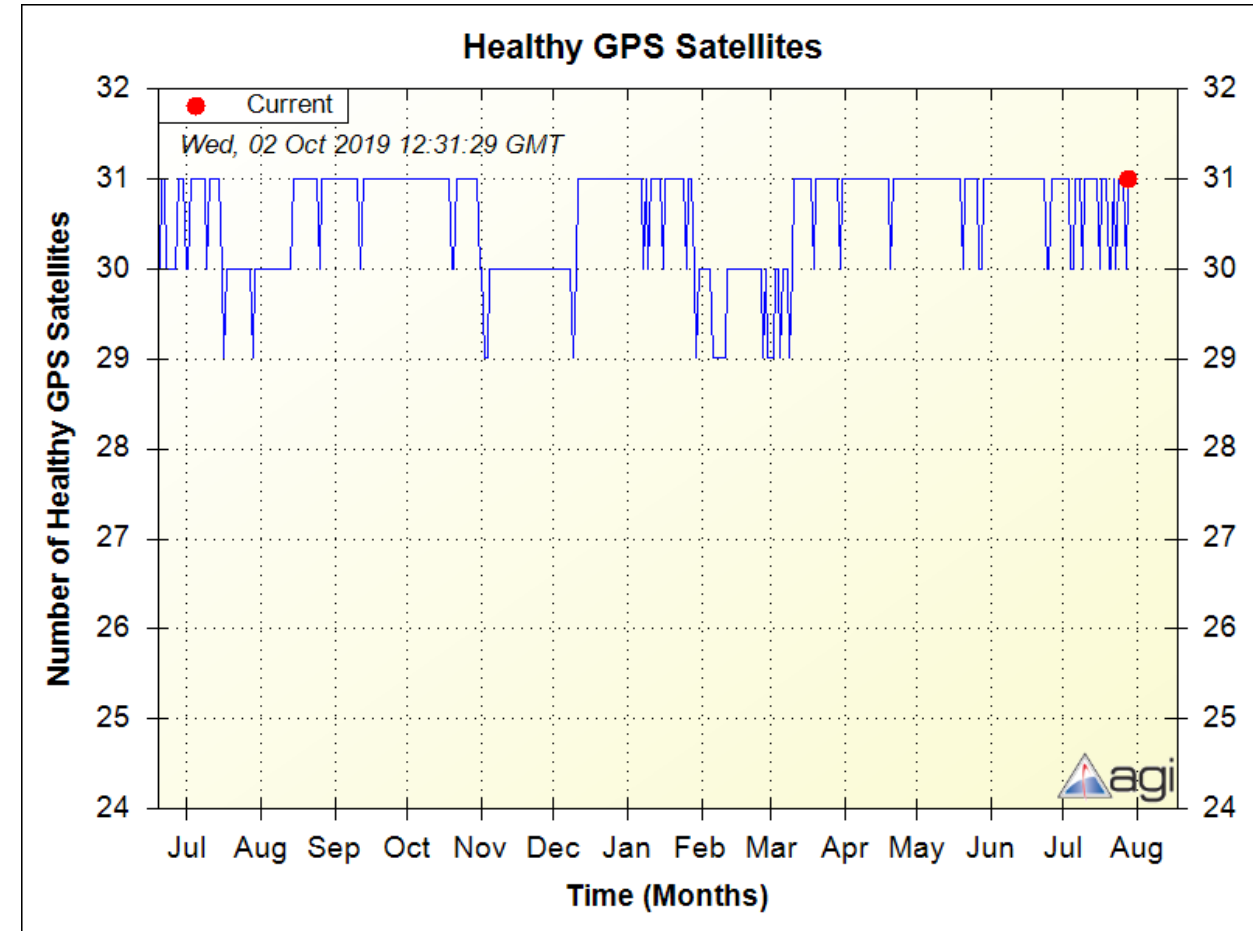
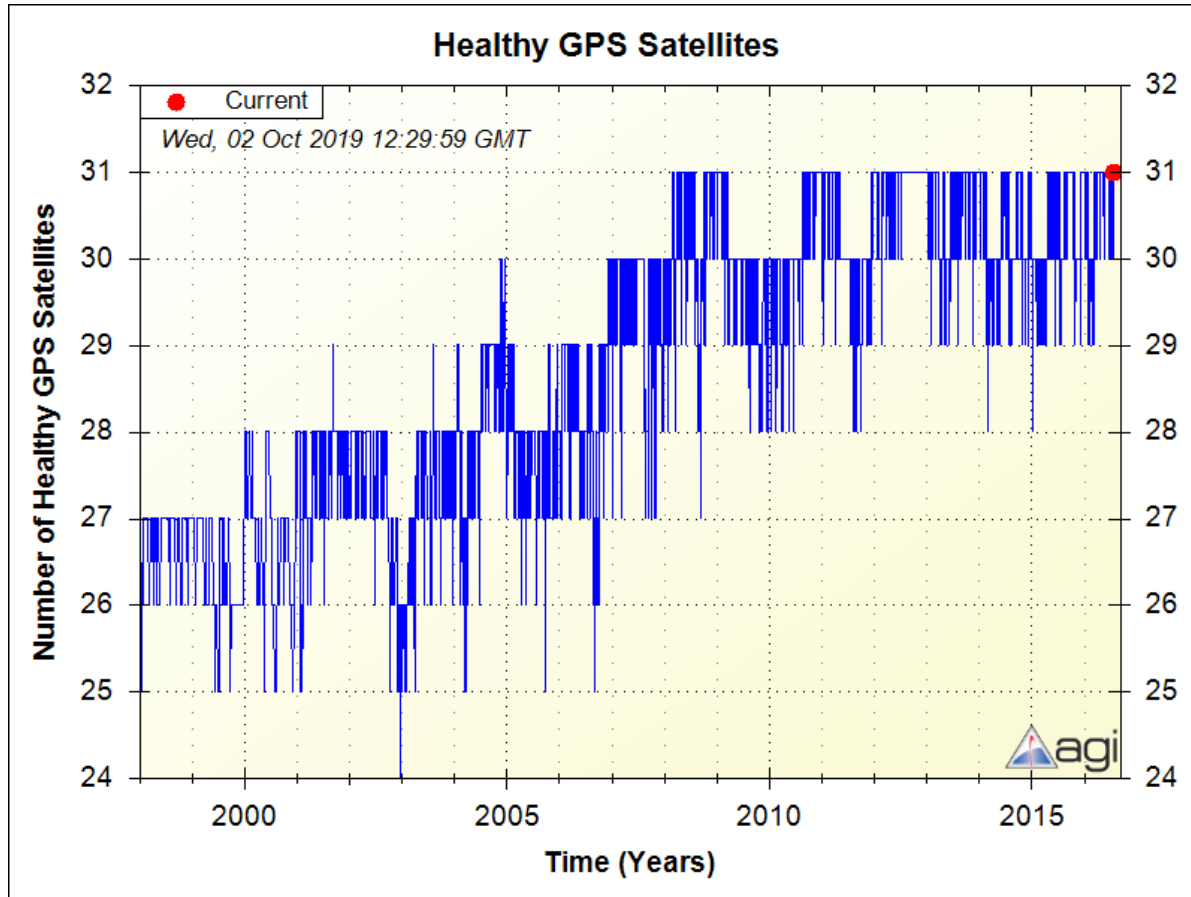


Constellatie/Firmware uitval: Geschiedenis

- | | | |
|------------------------------|---|----------------|
| • 1996 | GPS SVN 25 fout | |
| • 1999 2019, 2038 | GPS Week Rollover (Firmware ontvangers) | |
| • 2008 | GPS Satelliet fout | |
| • 2014 01-April | GLONASS 12 uur. | Constellatie |
| • ..,2012, 2016, 2020,... | GLONASS Week Rollover. | (Firmware) |
| • 2016, 2015, 2012, 2008,... | Schrikkelseconde | (Firmware) |
| • 2016 Feb | GPS SVN23 tijdfout. | |
| • 2018-Nov-11 | Galileo dag | (Constellatie) |
| • 2019-Juli | Galileo week uitval | (Constellatie) |

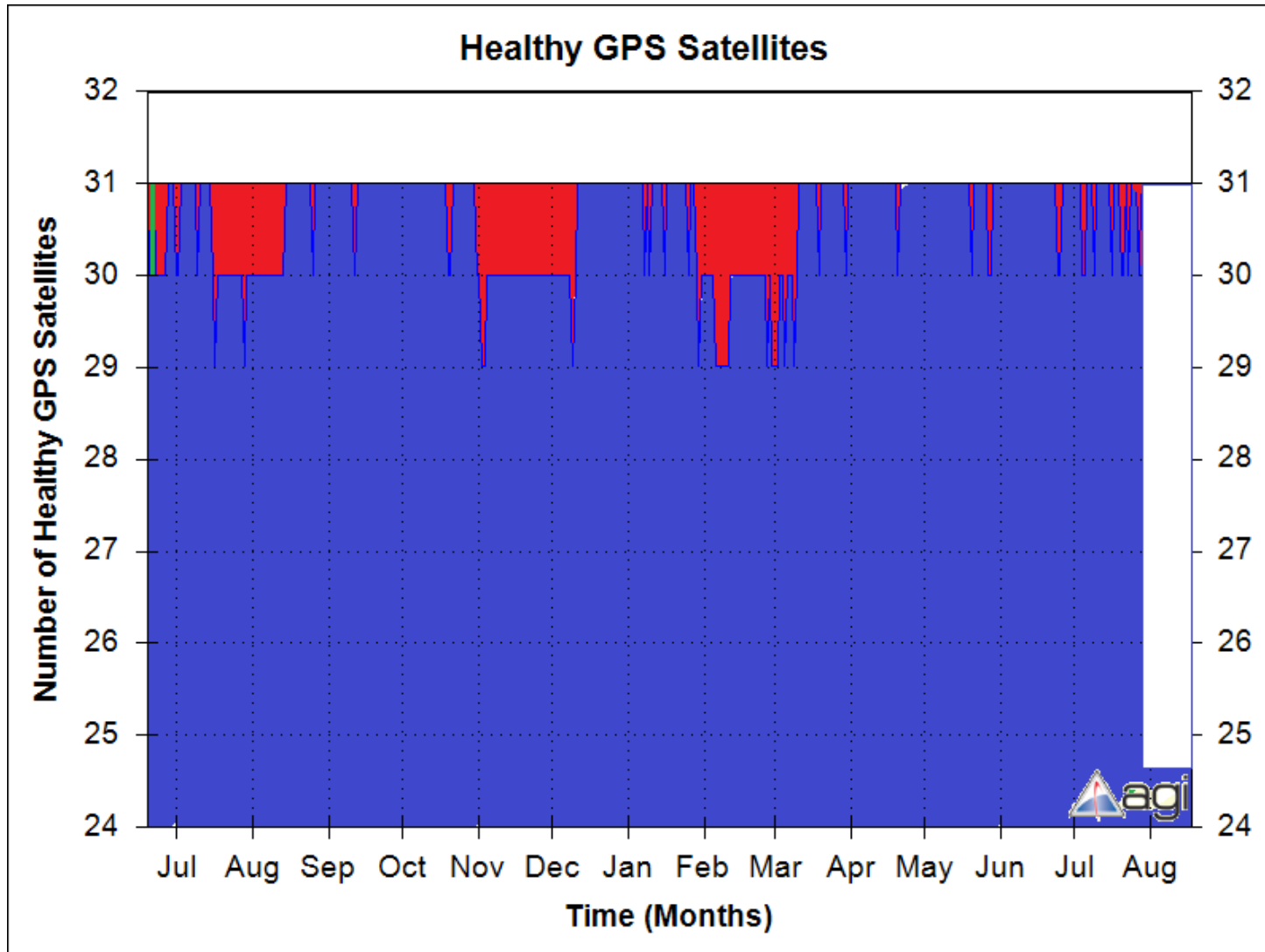
**Van fouten maken, leert men..
Mensen maken geen fouten, Systemen wel.
Meer Constellaties vergroot robuustheid!**

Gezonde GPS Satellieten



<http://navigation.services.agi.com/SatelliteOutageCalendar/SOFCalendar.aspx>

Gezonde GPS Satellieten 2019



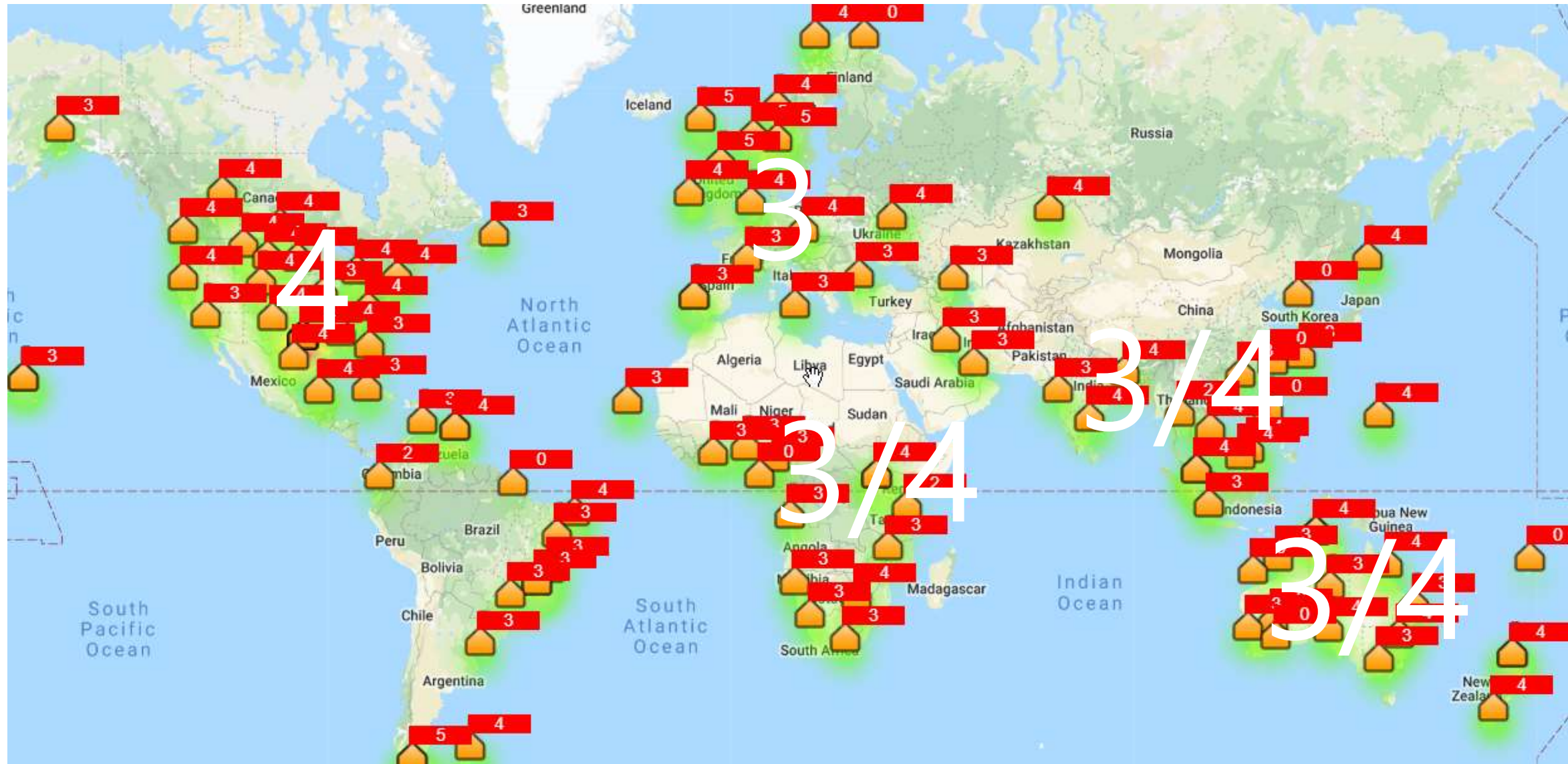
- PRN 04: Nu geen 32 GPS Satellieten
- Software beperking in AES.
- 2019? GPS III dus dan 32 Satellieten.
- SVN34-PRN18 Regelmatig Ongezond
- Soms 2 GPS tegelijk niet bruikbaar
- GPS Alleen is NIET voldoende.
- Meer constellaties zijn nodig!

GPS

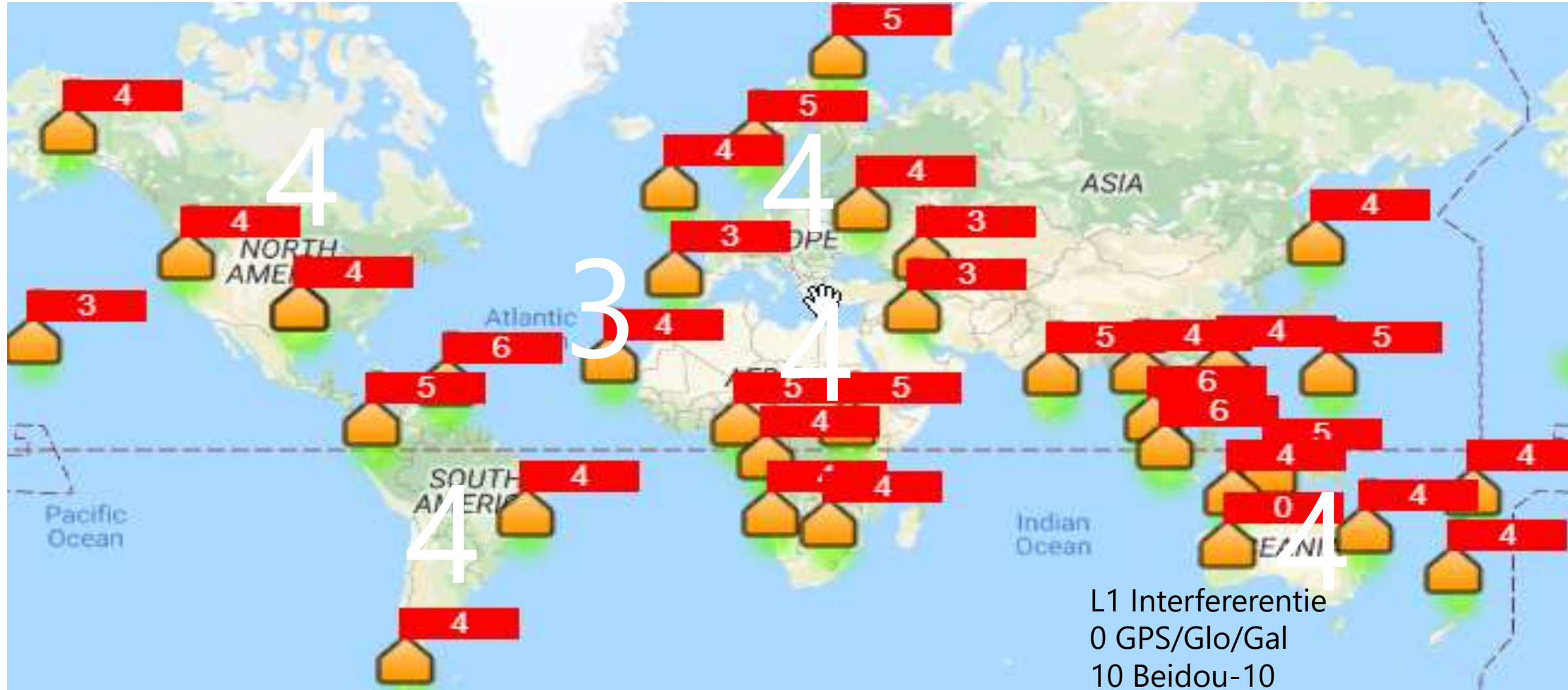
Minimum Satellieten: 01-Feb-2019



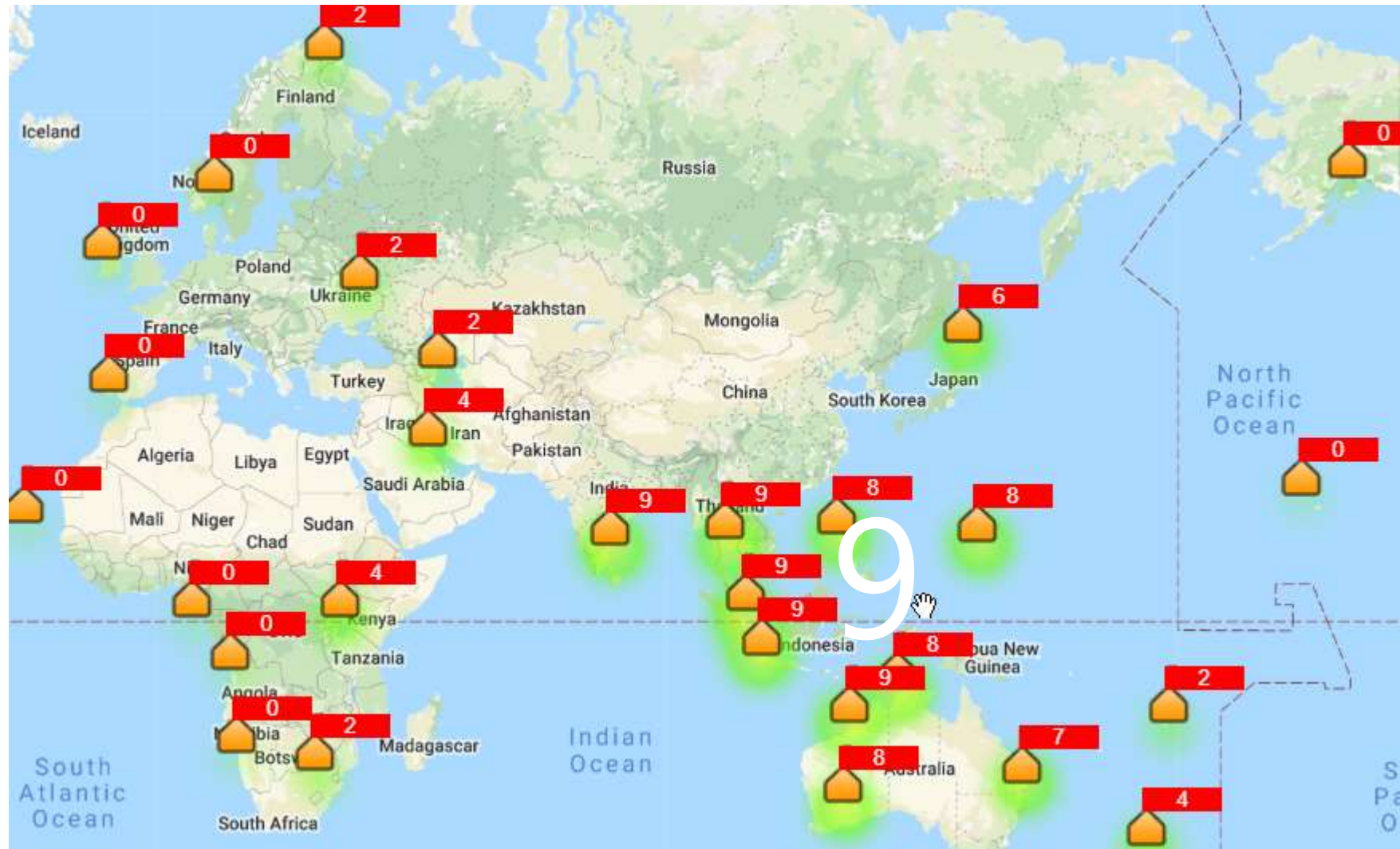
GLONASS Minimum Satellieten: 16-Sep-2019

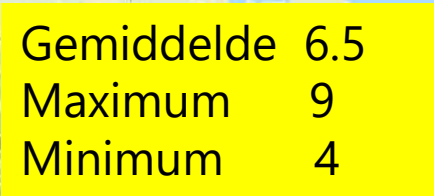


Galileo Minimum Satellieten: 02-Oct-2019

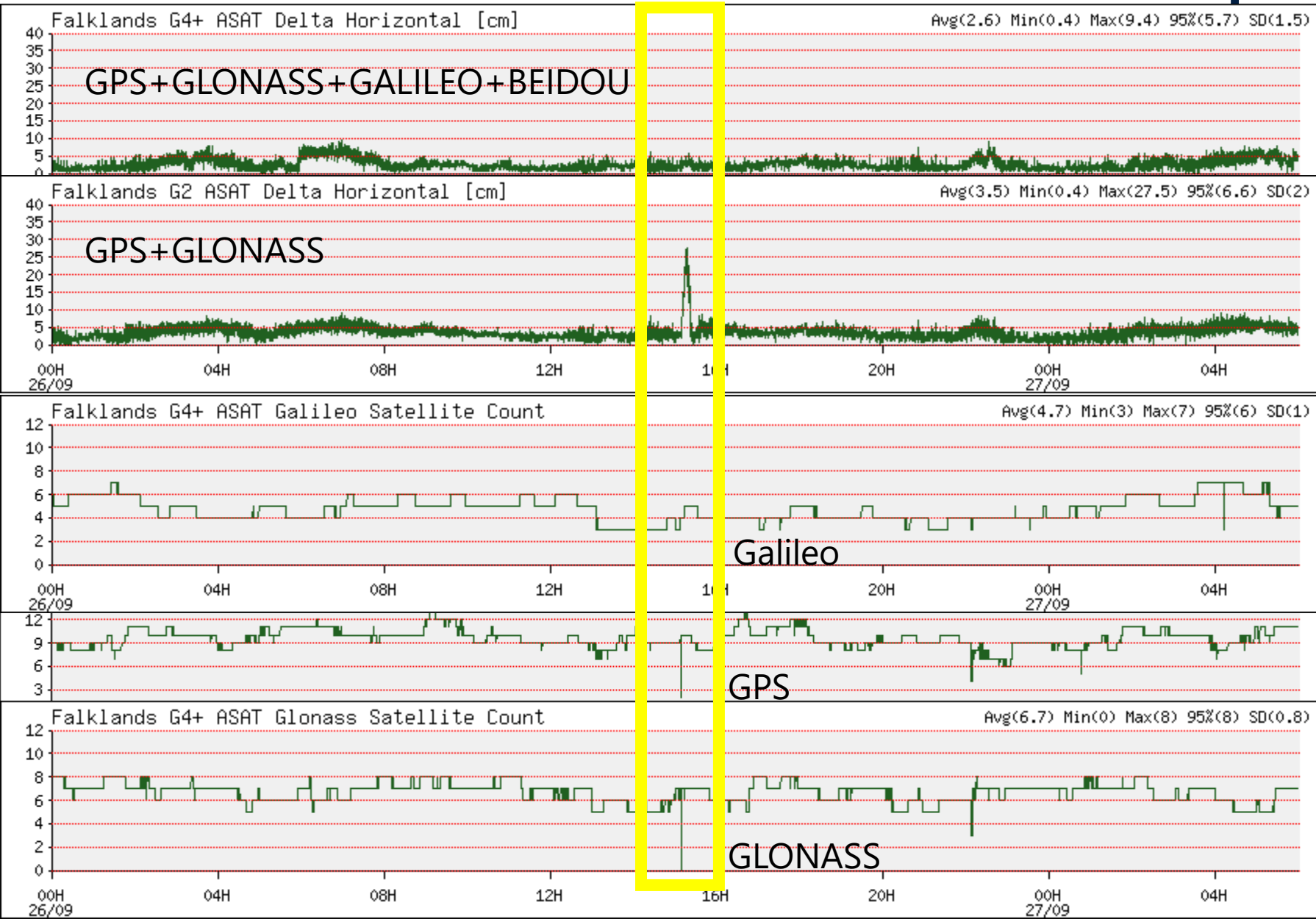


BeiDou-2 Minimum 2-Oct-2019





Radio Interferentie: G4 Galileo Helpt



G4 geen probleem
G2 Spike

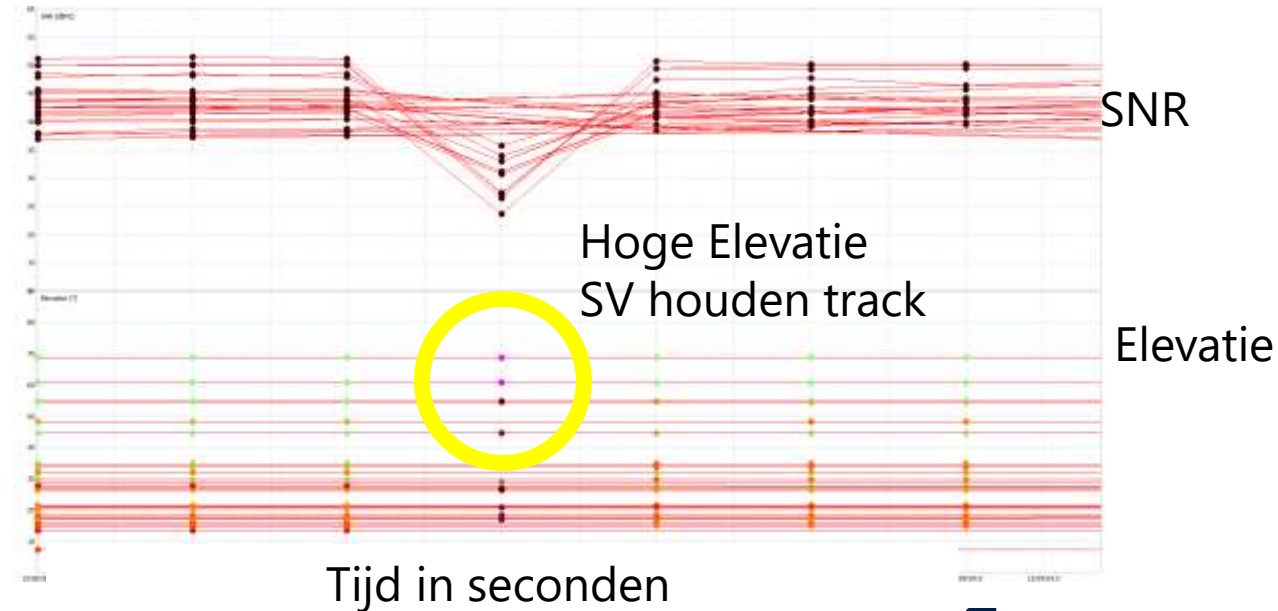
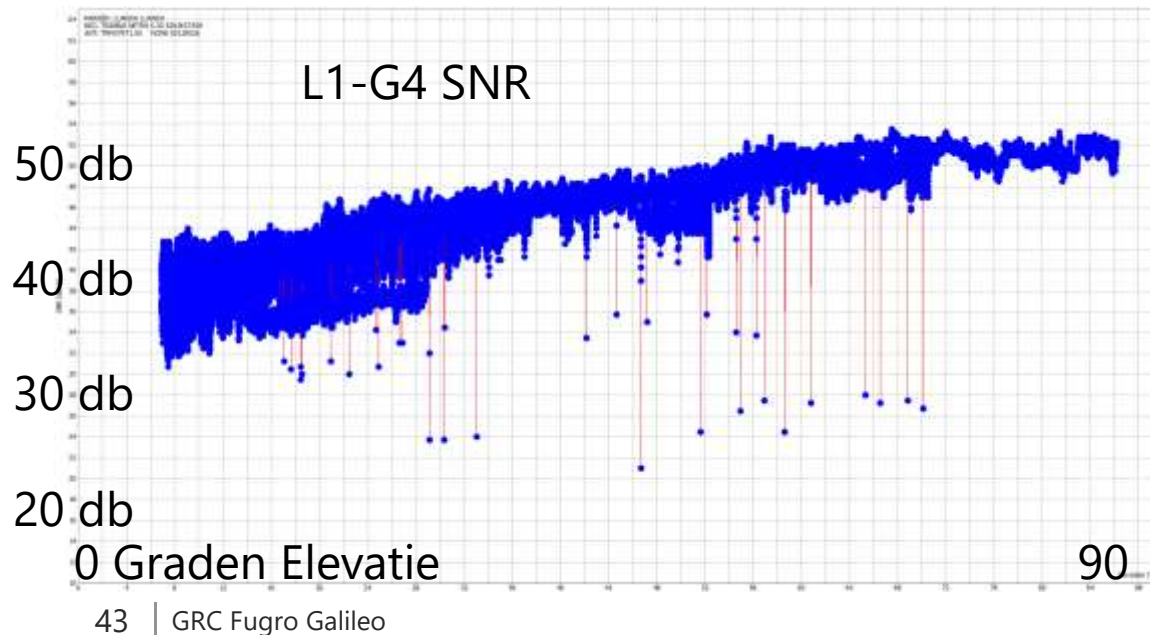
Galileo 3 SV
GPS 2 SV
BeiDou 2 SV
GLONASS 0 SV
Totaal 7 Sv

Er zijn veel van dit
soort voorbeelden.

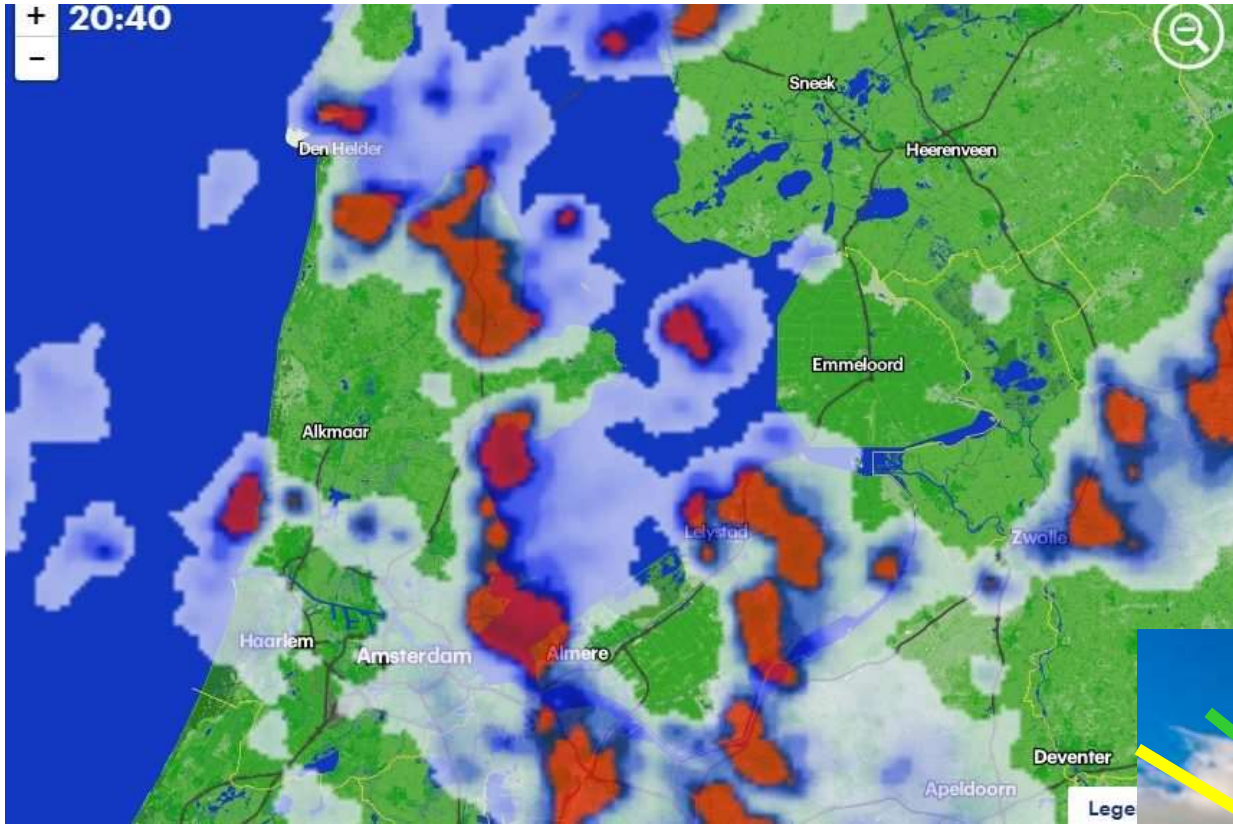
Data 2017

Radio Interferentie

- Satellieten laag aan de horizon hebben lagerer SNR.
- Bij radio Interferentie worden eerst satellieten laag aan de horizon verloren.
- Meer Satellieten met hogere elevatie hebben meer SNR
- Galileo L1, E5 hebben sterker signaal dan GPS IIF.
- Meer Satellieten geeft grotere kans om positie te bepalen met radio interferentie.

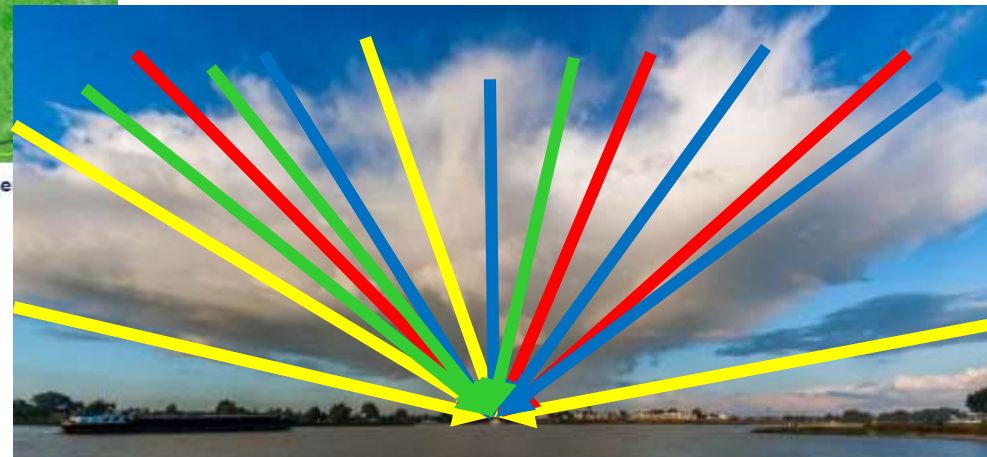


Zware Regenbuien verslechteren PPP



Meer satellieten vermindert positiefout.

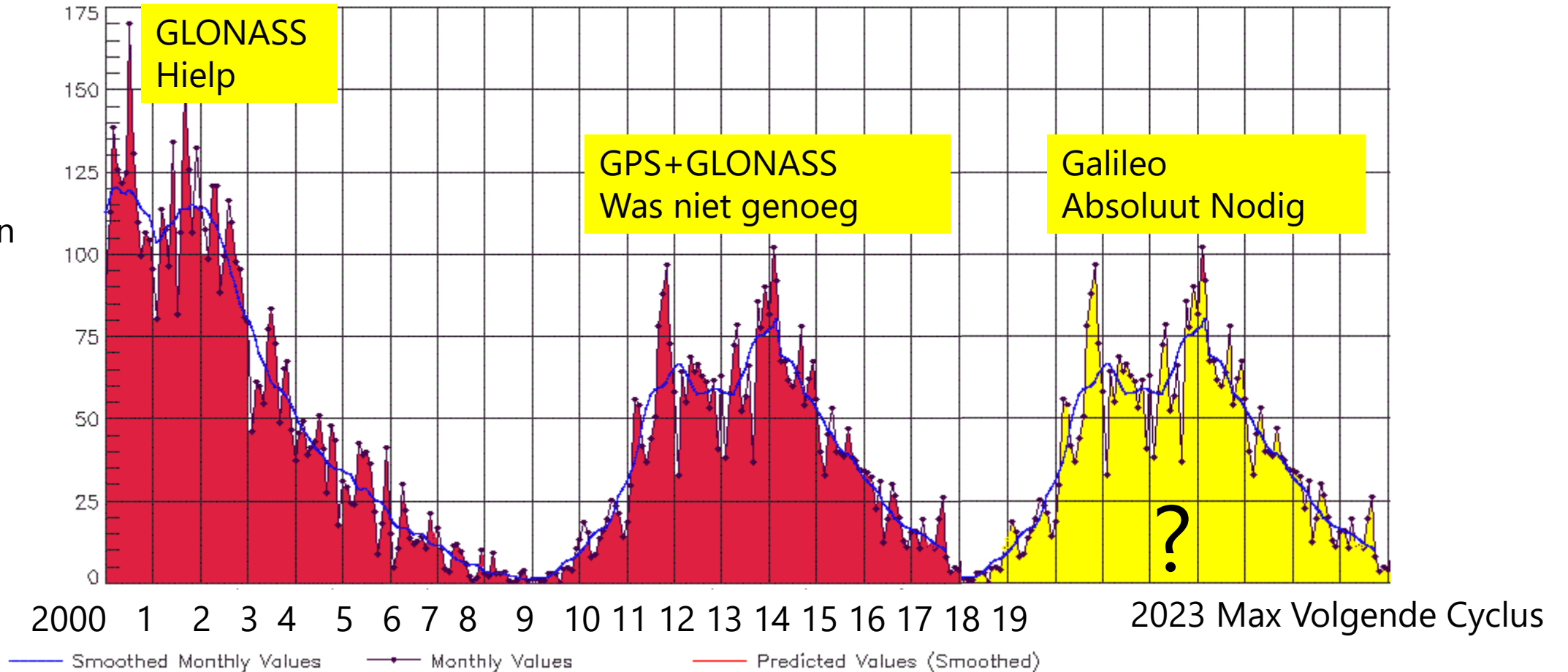
Mei, Juli Augustus 2018, 2019
Zware regenbuien over Nederland



Zonne Activiteit

ISES Zonne Cyclus Zonnenvlekken.

Aantal
Zonnenvlekken



Updated 2018 May 7

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

<https://www-swpc-noaa-gov/products/solar-cycle-progression>



GPS versus Galileo correctiefout versus Tijd.

+30 cm

0 cm

+30 cm

0 cm

+30 cm

0 cm

Correction propagation errors for GNSS satellites

Baan fout

Klok fout

Positie fout

GPS
20 cm na 20 minuten

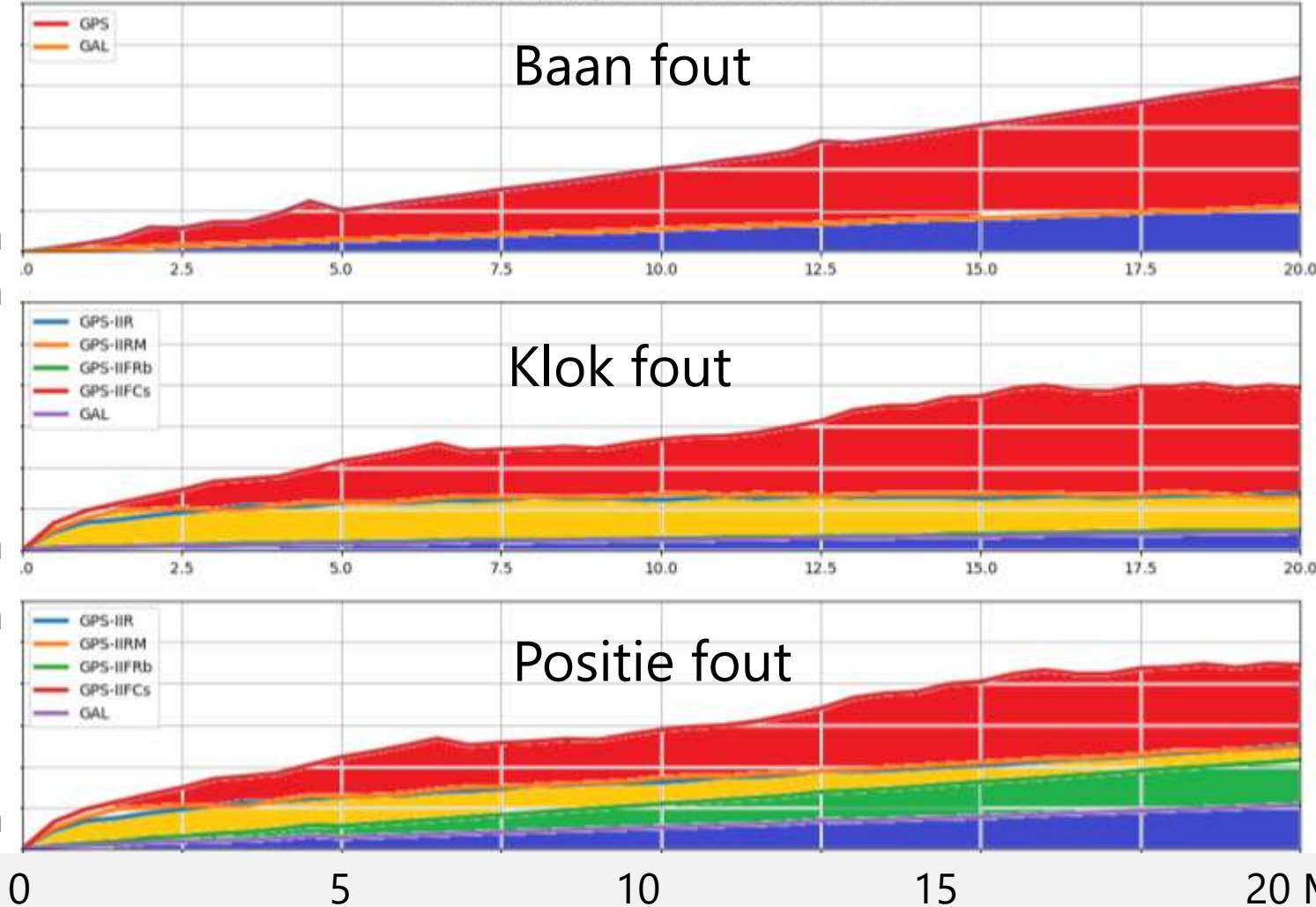
Galileo
5 cm na 20 minuten

GPS
20 cm na 20 minuten

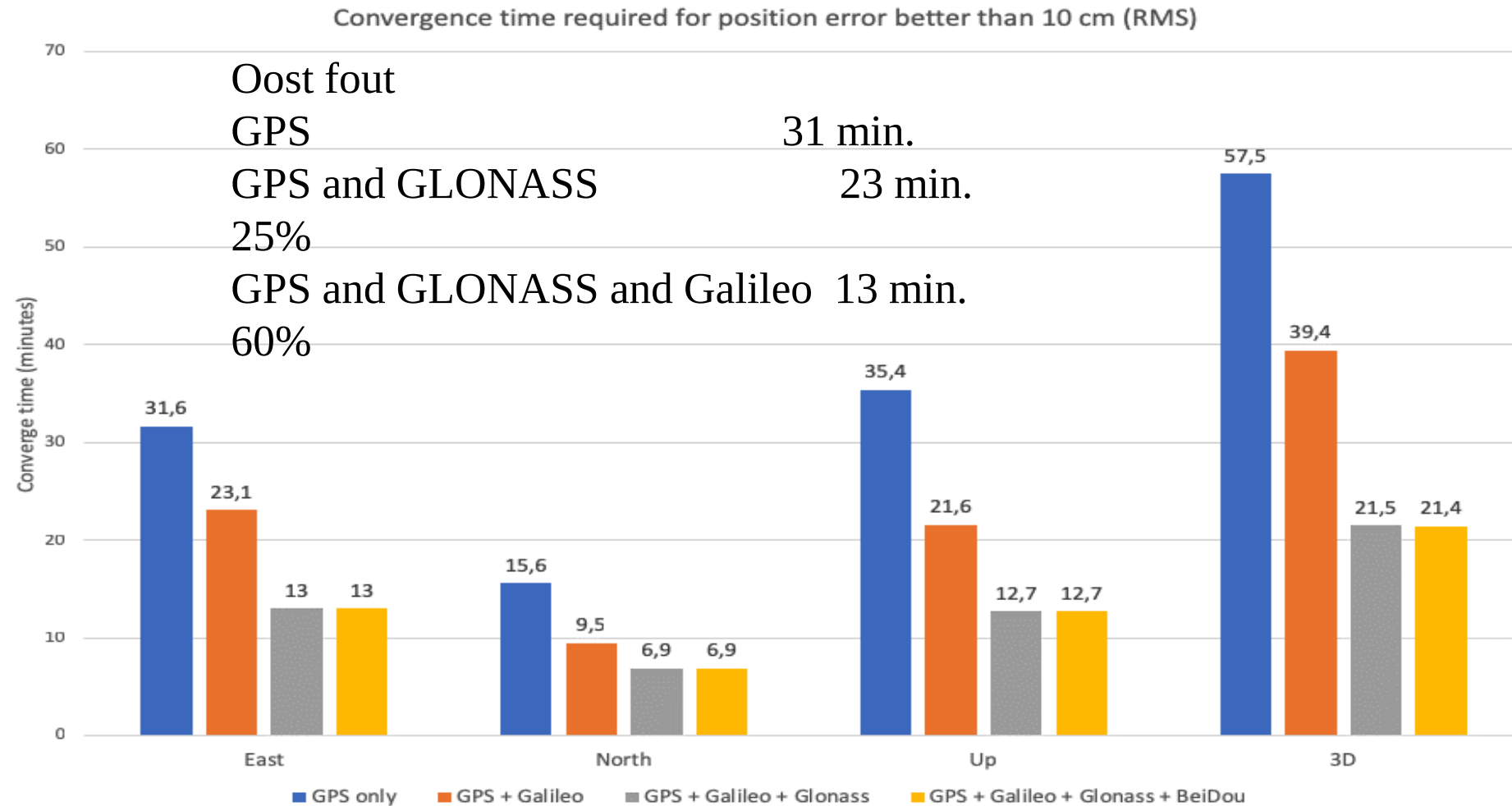
Galileo
~2 cm na 20 minuten

GPS
20 cm na 20 minuten

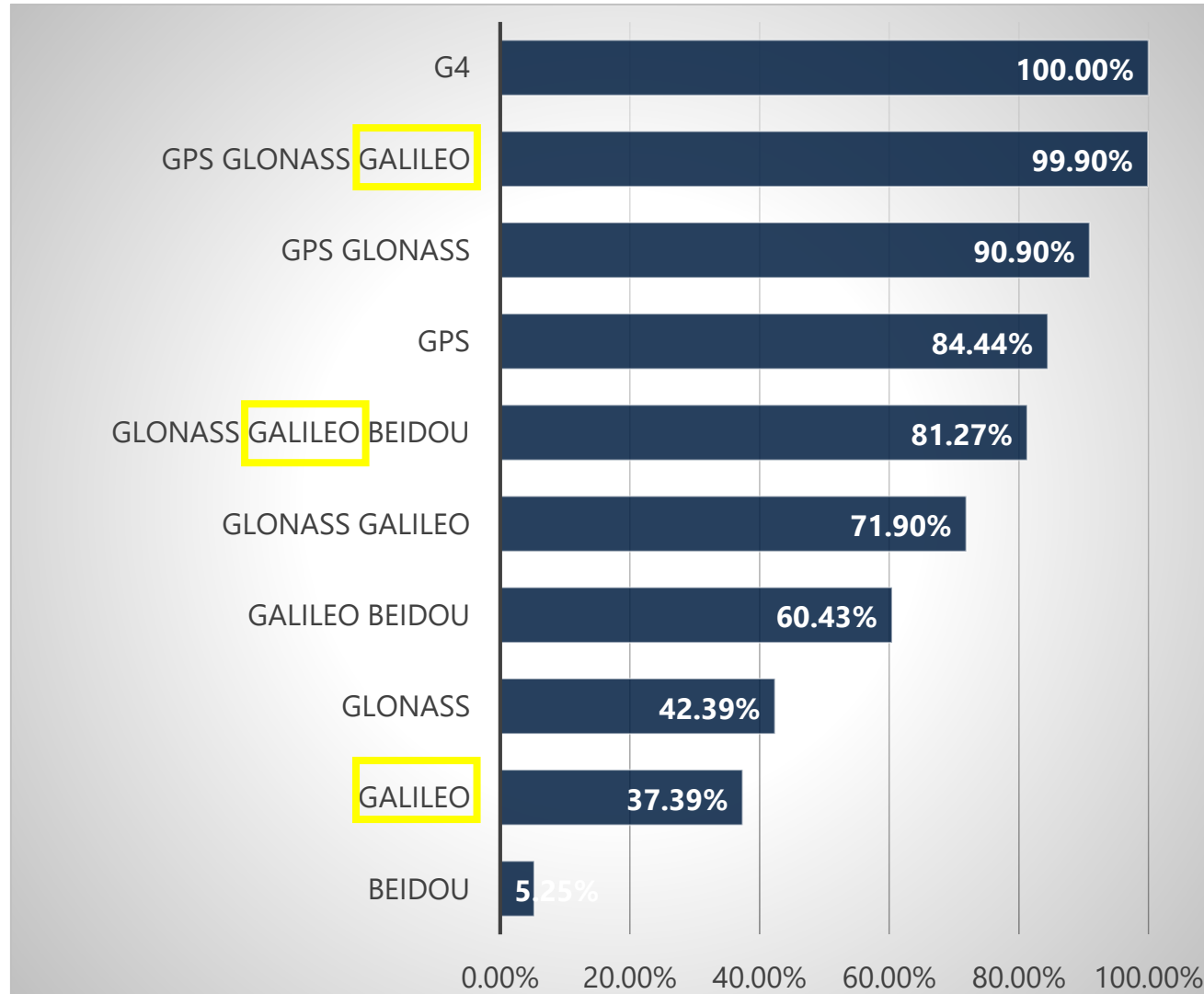
Galileo
5 cm na 20 minuten



Convergentie tijd



Beschikbaarheid Gx rijden Zoetermeer/Den haag



Utrechtse Baan



Haagse Bos



Gereden route 3 uur.

G4 Voordelen voor de gebruiker

- Galileo signalen zijn sterker
- Betere Galileo klokken,
- langer zonder GNSS Correcties
- Meer frequenties is robuuster
- Meer constellaties
 - snellere convergentie
 - Robuuster tegen constellatie uitval
 - Betere Integriteit voor autonome voertuigen.

Dank voor uw aandacht