

EN PPP-TJÄNST FÖR SVENSKA FÖRHÅLLANDEN

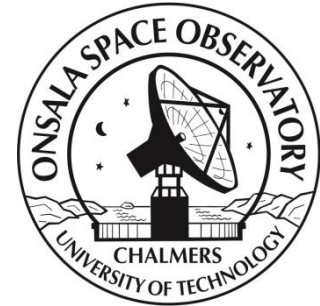


CHALMERS



Jan Johansson

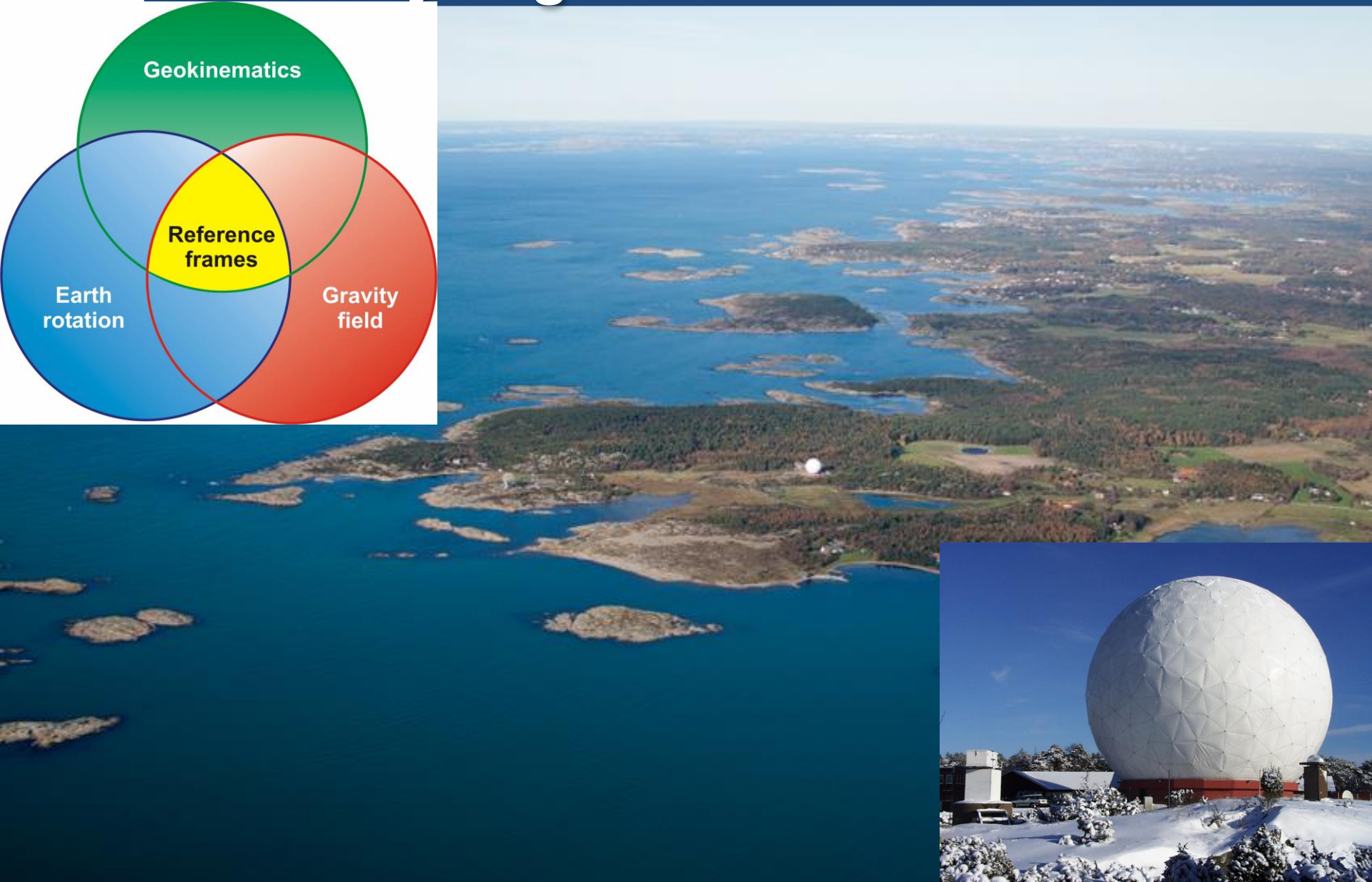
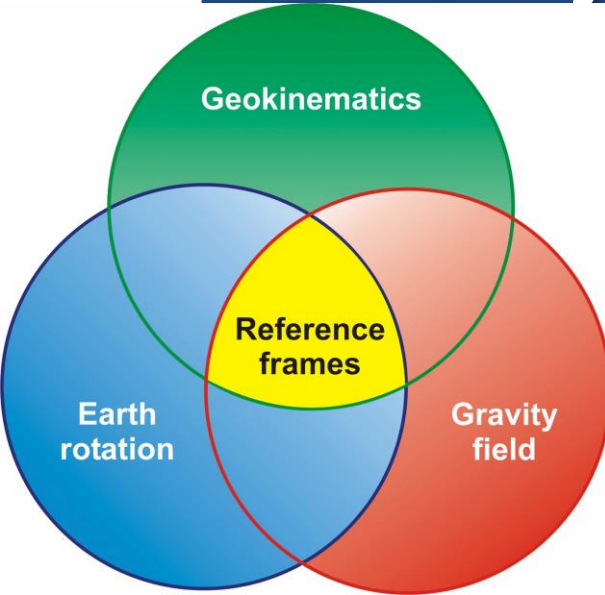
Chalmers Tekniska Högskola
Rymd och geovetenskap
Onsala rymdobservatorium, 439 92 Onsala
samt
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

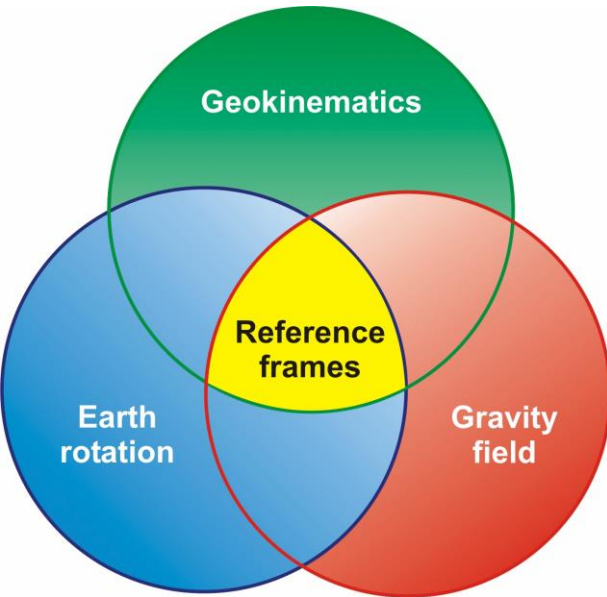


Kartdagarna, 28 april 2016



Onsala rymdobservatorium – en del av svensk rymdgeodisk infrastruktur



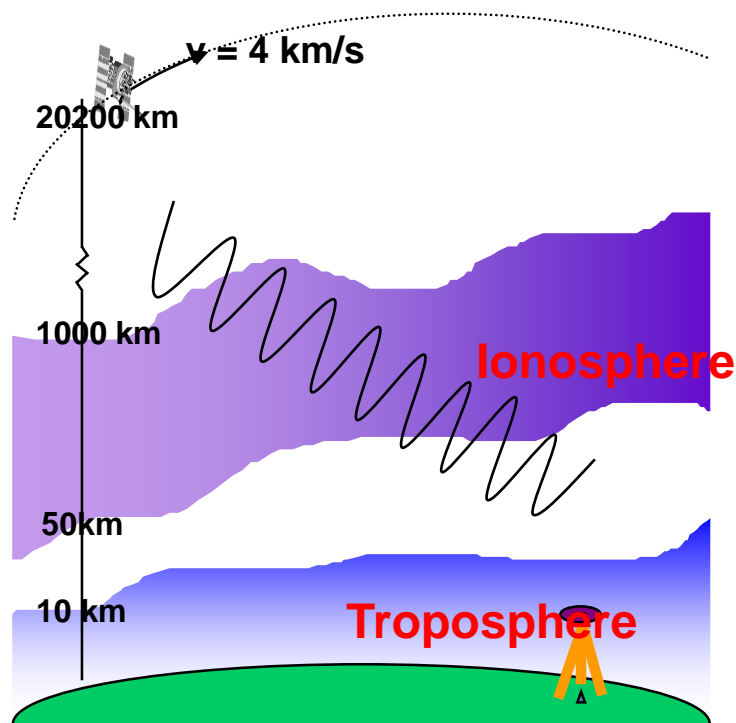


GNSS – teknik och felkällor
Högprecisionsmetoder för realtidsapplikationer
Precise Point Positioning (PPP)
Nya SWEPOS-tjänster för Östersjön?



Observations

$$R = r + c_0 (dt - dt) + I + Z + v_R + B$$



R = observed distance from satellite to receiver

ρ = true distance

t = apparent delay due to satellite clock offset

τ = apparent delay due to receiver clock offset

I = dispersive delay due to ionosphere

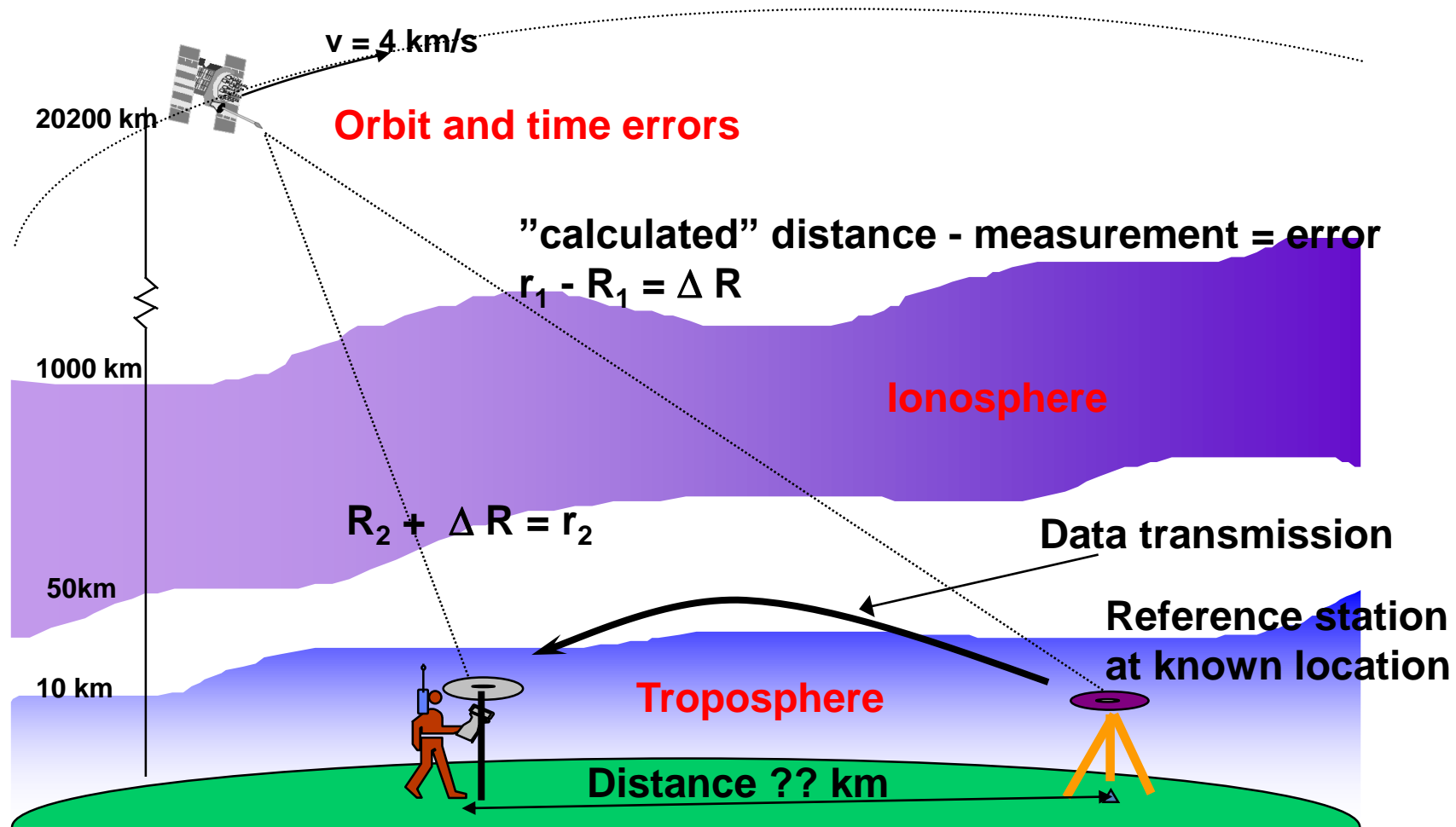
Z = delay due to troposphere

v_R = delay due to multipath, signal reflection, noise

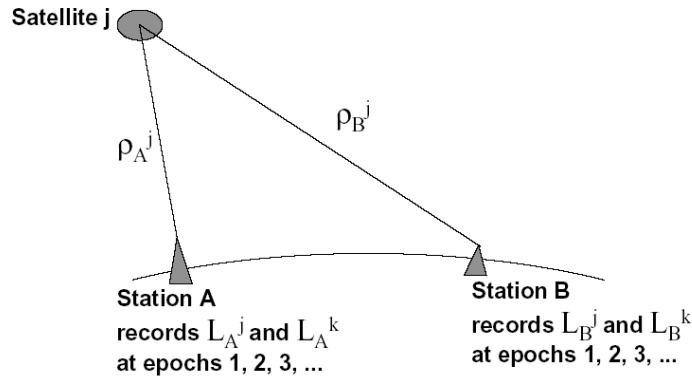
B = phase ambiguity

Differential Methods:

1. Differential GPS (DGPS) civil code
2. Real time kinematic (RTK) using the carrier phase



Single Differencing



$$L_A^j = \rho_A^j + c\tau_A - c\tau^j + Z_A^j - I_A^j + B_A^j$$

$$L_B^j = \rho_B^j + c\tau_B - c\tau^j + Z_B^j - I_B^j + B_B^j$$

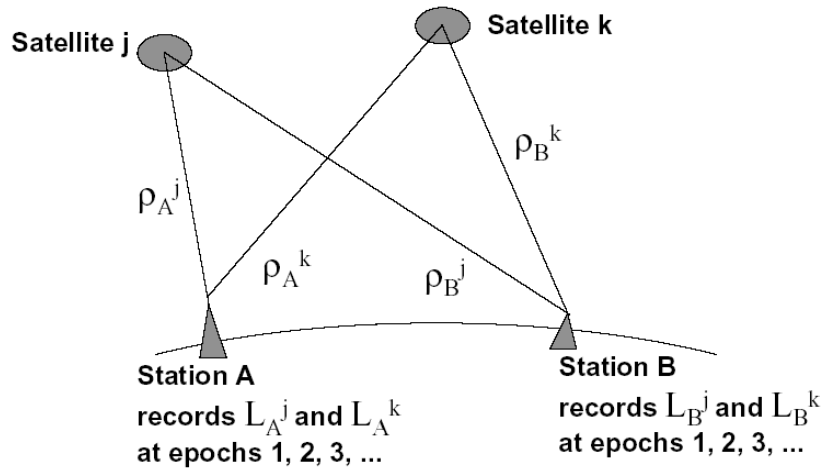
$$\Delta L_{AB}^j \equiv L_A^j - L_B^j$$

$$= (\rho_A^j + c\tau_A - c\tau^j + Z_A^j - I_A^j + B_A^j) - (\rho_B^j + c\tau_B - c\tau^j + Z_B^j - I_B^j + B_B^j)$$

$$= (\rho_A^j - \rho_B^j) + (c\tau_A - c\tau_B) - (c\tau^j - c\tau^j) + (Z_A^j - Z_B^j) - (I_A^j - I_B^j) - (B_A^j - B_B^j)$$

$$= \Delta\rho_{AB}^j + c\Delta\tau_{AB} + \Delta Z_{AB}^j - \Delta I_{AB}^j + \Delta B_{AB}^j$$

Double Differencing



$$\Delta L_{AB}^j = \Delta \rho_{AB}^j + c\Delta \tau_{AB} + \Delta Z_{AB}^j - \Delta I_{AB}^j + \Delta B_{AB}^j$$

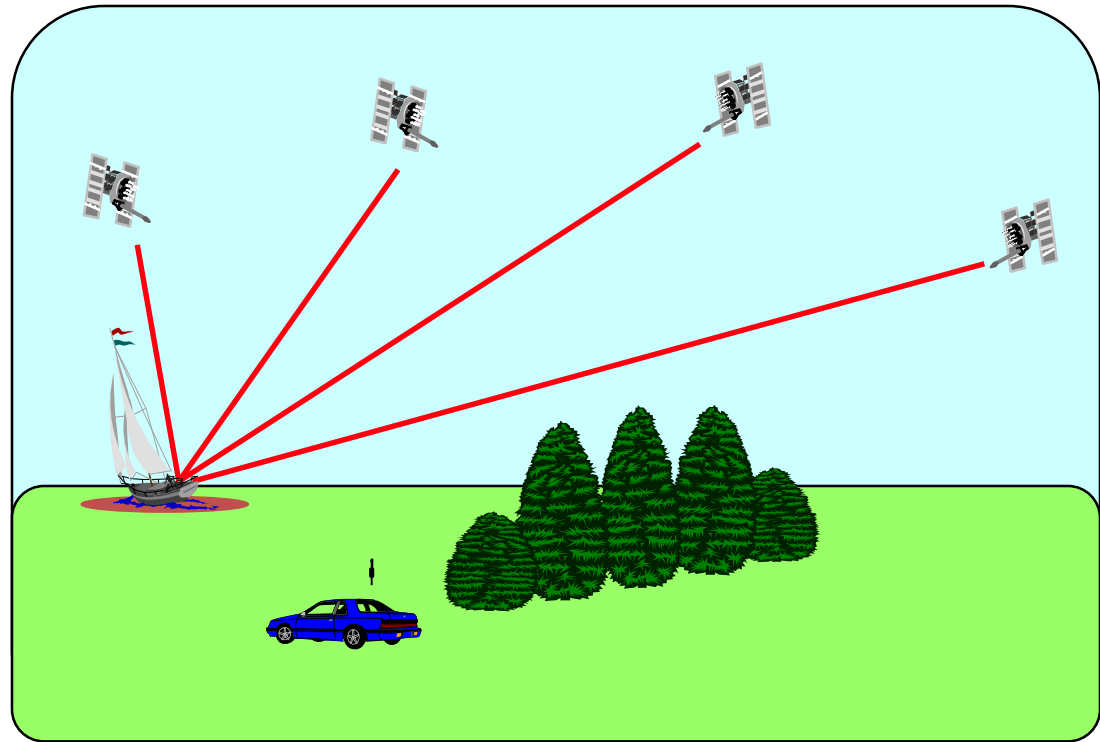
$$\Delta L_{AB}^k = \Delta \rho_{AB}^k + c\Delta \tau_{AB} + \Delta Z_{AB}^k - \Delta I_{AB}^k + \Delta B_{AB}^k$$

$$\begin{aligned} \nabla \Delta L_{AB}^{jk} &\equiv \Delta L_{AB}^j - \Delta L_{AB}^k \\ &= (\Delta \rho_{AB}^j + c\Delta \tau_{AB} + \Delta Z_{AB}^j - \Delta I_{AB}^j + \Delta B_{AB}^j) - (\Delta \rho_{AB}^k + c\Delta \tau_{AB} + \Delta Z_{AB}^k - \Delta I_{AB}^k + \Delta B_{AB}^k) \\ &= (\Delta \rho_{AB}^j - \Delta \rho_{AB}^k) + (c\Delta \tau_{AB} - c\Delta \tau_{AB}) + (\Delta Z_{AB}^j - \Delta Z_{AB}^k) - (\Delta I_{AB}^j - \Delta I_{AB}^k) - (\Delta B_{AB}^j - \Delta B_{AB}^k) \\ &= \nabla \Delta \rho_{AB}^{jk} + \nabla \Delta Z_{AB}^{jk} - \nabla \Delta I_{AB}^{jk} + \nabla \Delta B_{AB}^{jk} \end{aligned}$$

$$\nabla \Delta L_{AB}^{jk} = \nabla \Delta \rho_{AB}^{jk} + \nabla \Delta Z_{AB}^{jk} - \nabla \Delta I_{AB}^{jk} - \lambda_0 \nabla \Delta N_{AB}^{jk}$$

PPP – Precise Point Positioning

- Absolut positionering?
- För cm-nivå krävs god kännedom om
 - Satellitbanor
 - Satellitklockor
 - Troposfär
 - Jonosfär
 - Mottagare
 - Antenn
 - Omgivning



Kan all nödvändig information fås från SWEPOS?

BIFROST Core Network – FINNREF, SATREF, SWEPOS

FinnRef (Finland)



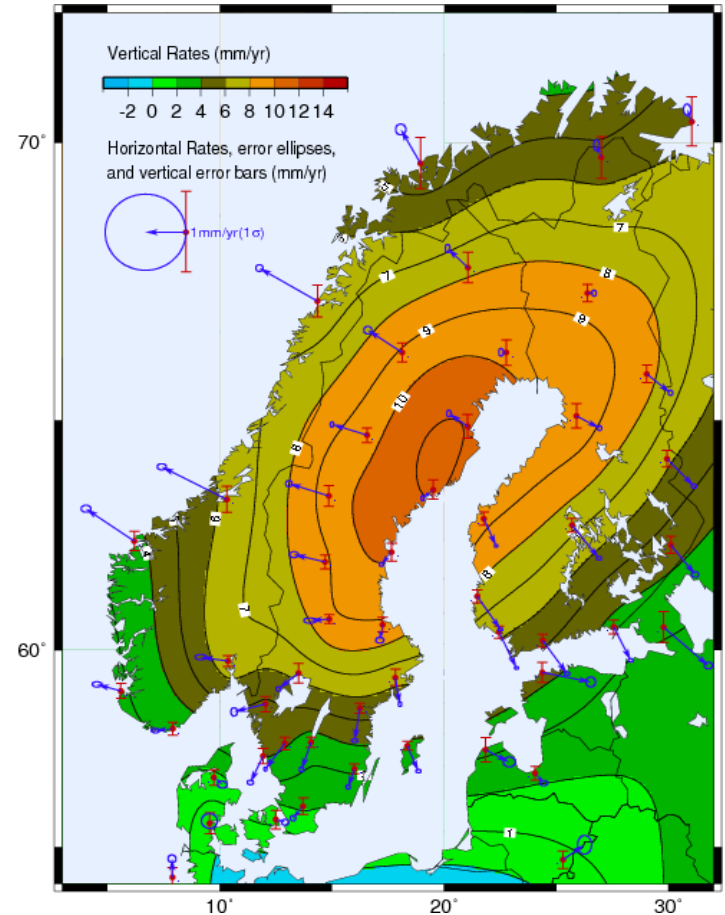
SatRef (Norway)



SWEPOS (Sweden)

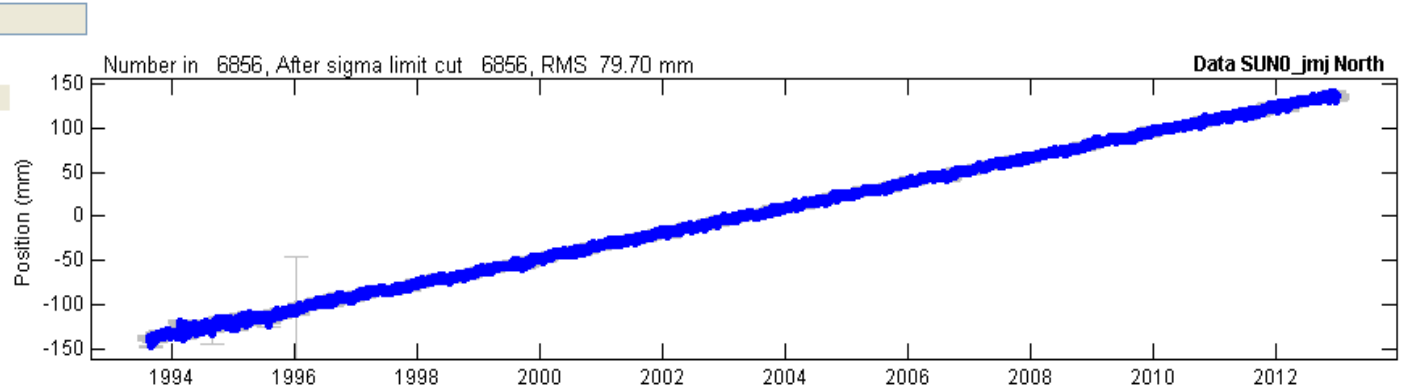


BIFROST
Core Network
1993-2016

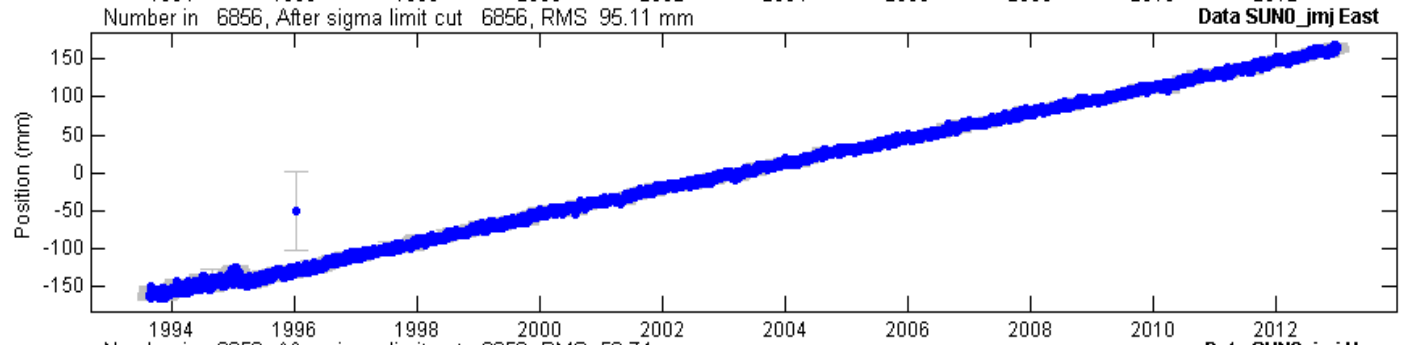


GPS tidsserieanalys av SWEPOS-stationen i Sundsvall

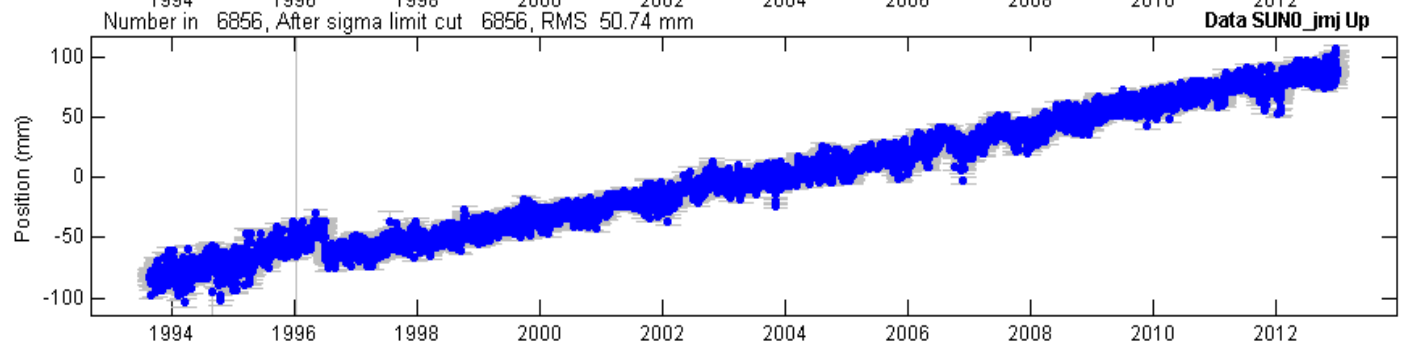
Nord-syd
 ± 150 mm



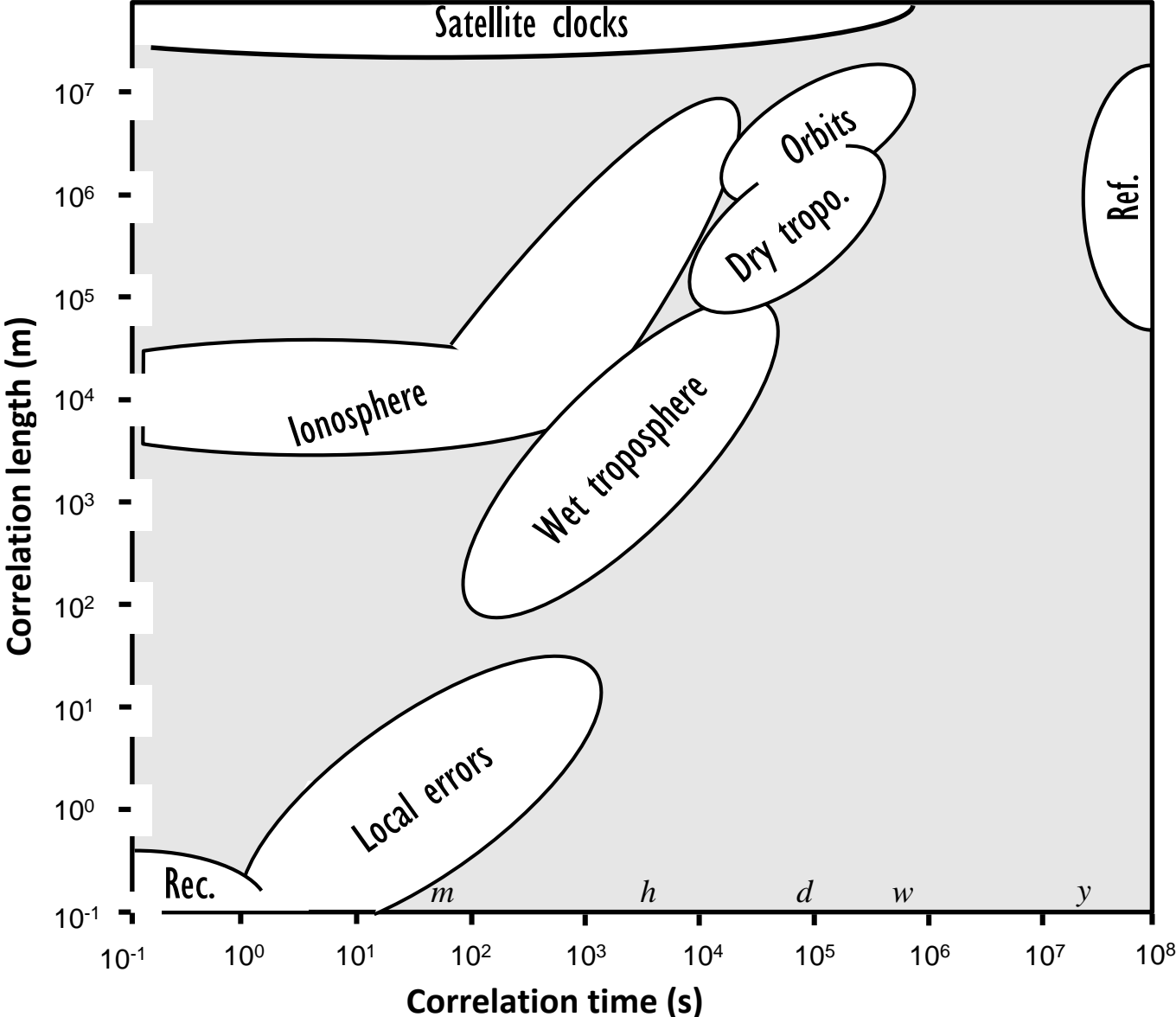
Öst-väst
 ± 150 mm



Höjd
 ± 100 mm



Felkällor i tid och rum



CLOSE-RTK 3

Nya SWEPOS-tjänster



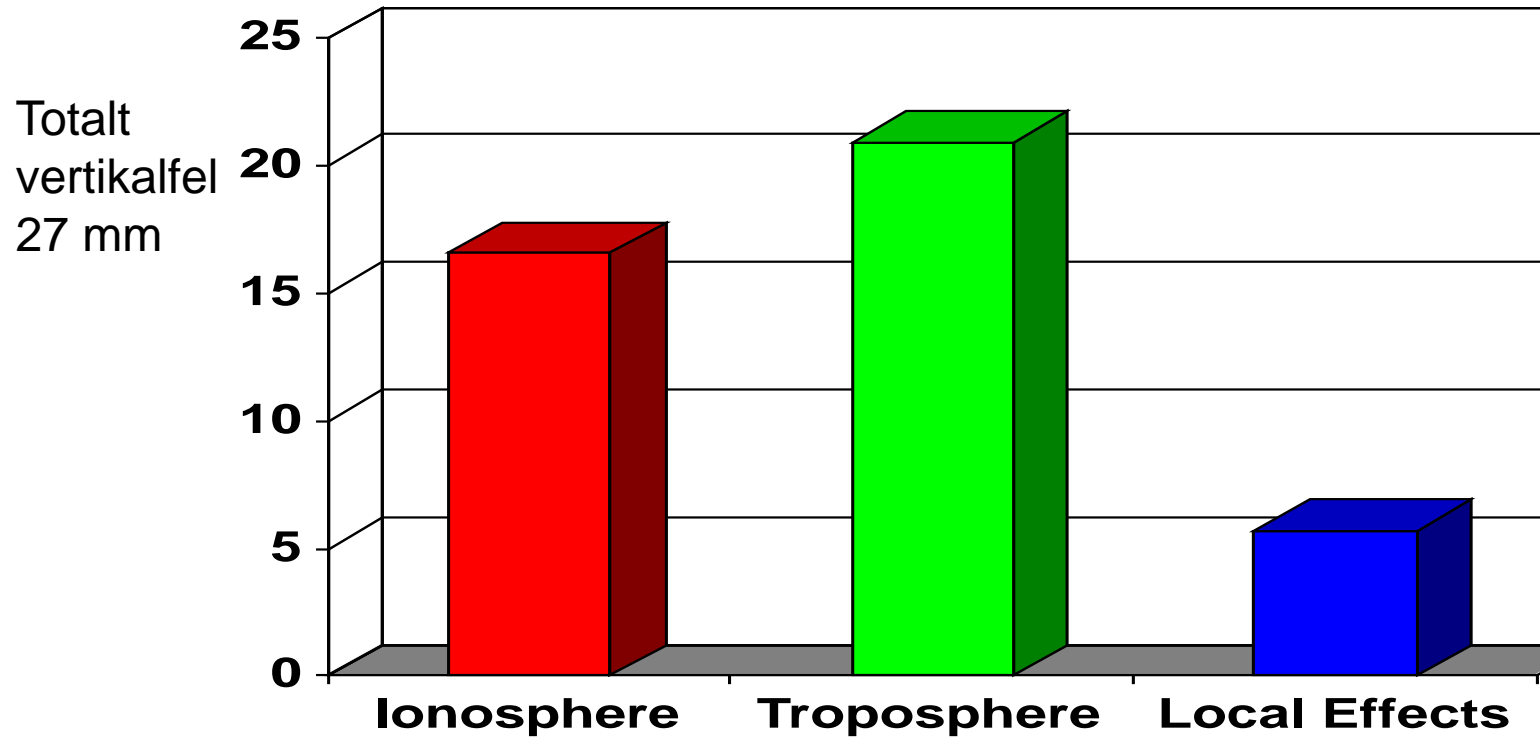
- NRTK genom VRS eller MAC
- PPP och PPP-RTK
- Ny realtidstjänst för Östersjön

Network-RTK

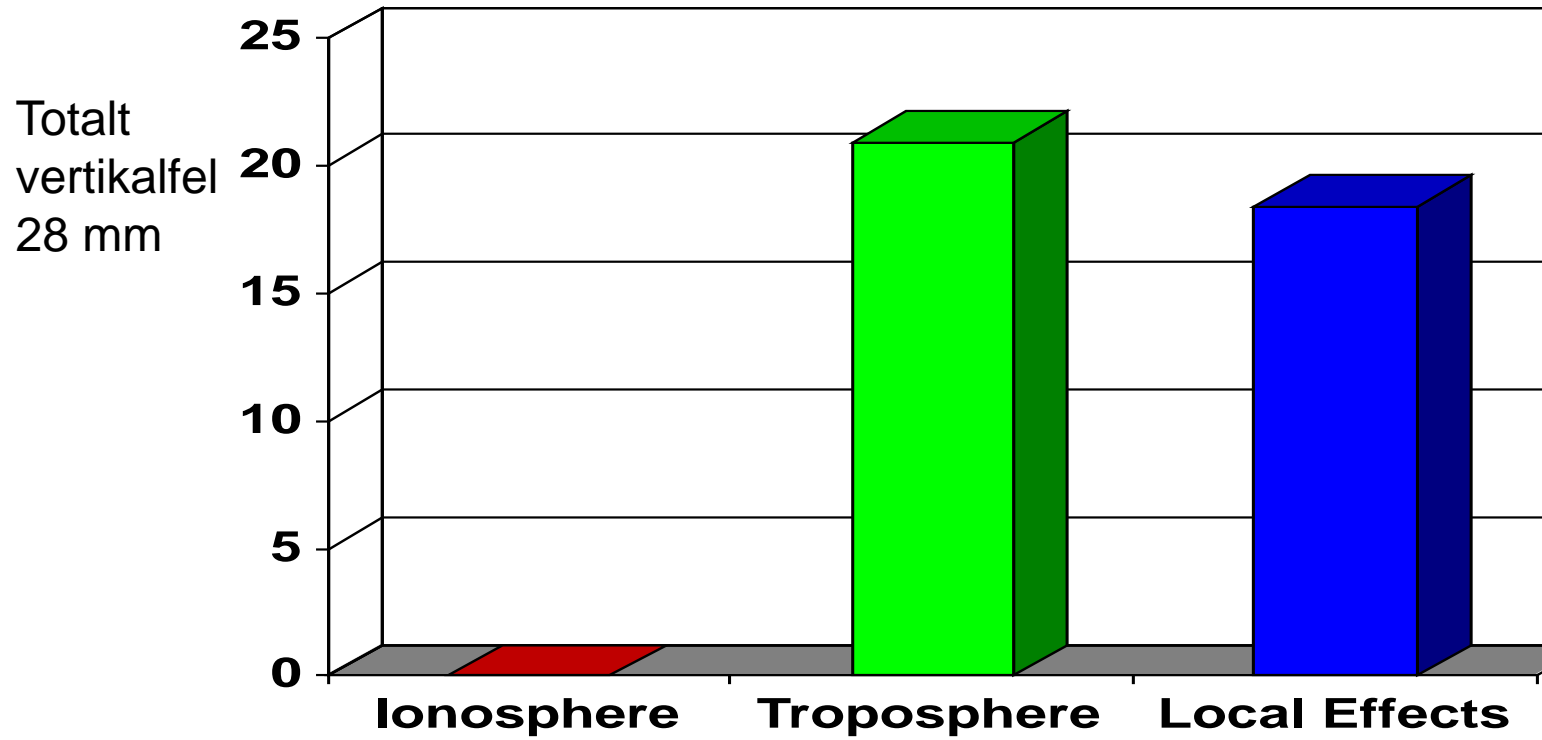
- Satellitklockor
- Satellitbanor
- Jonosfär
- Troposfär
- Utrustning
- Lokala effekter



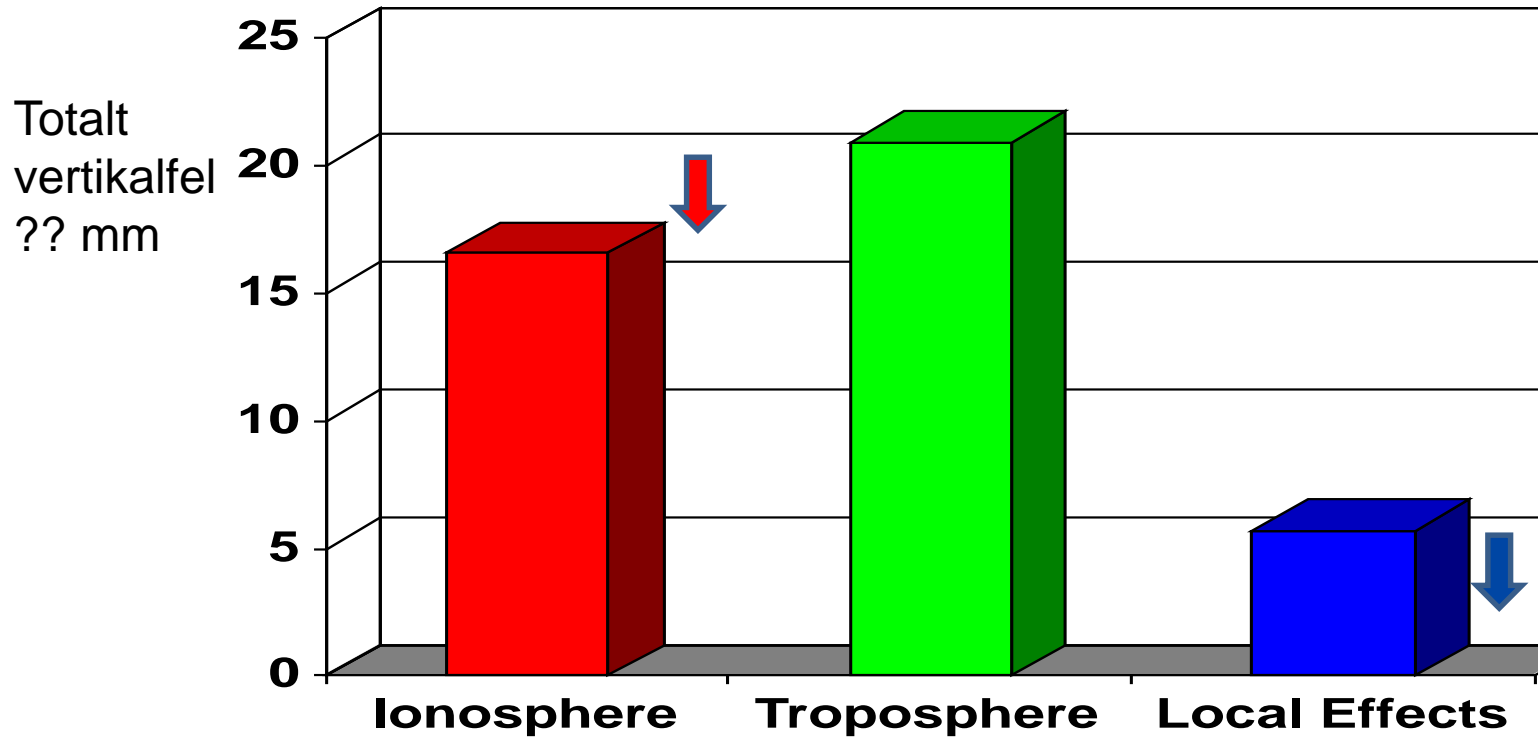
NRTK L1

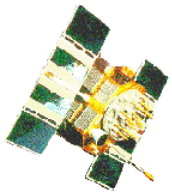


NRTK L3(L1+L2)



NRTK L1+L2+L5

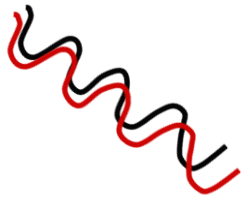




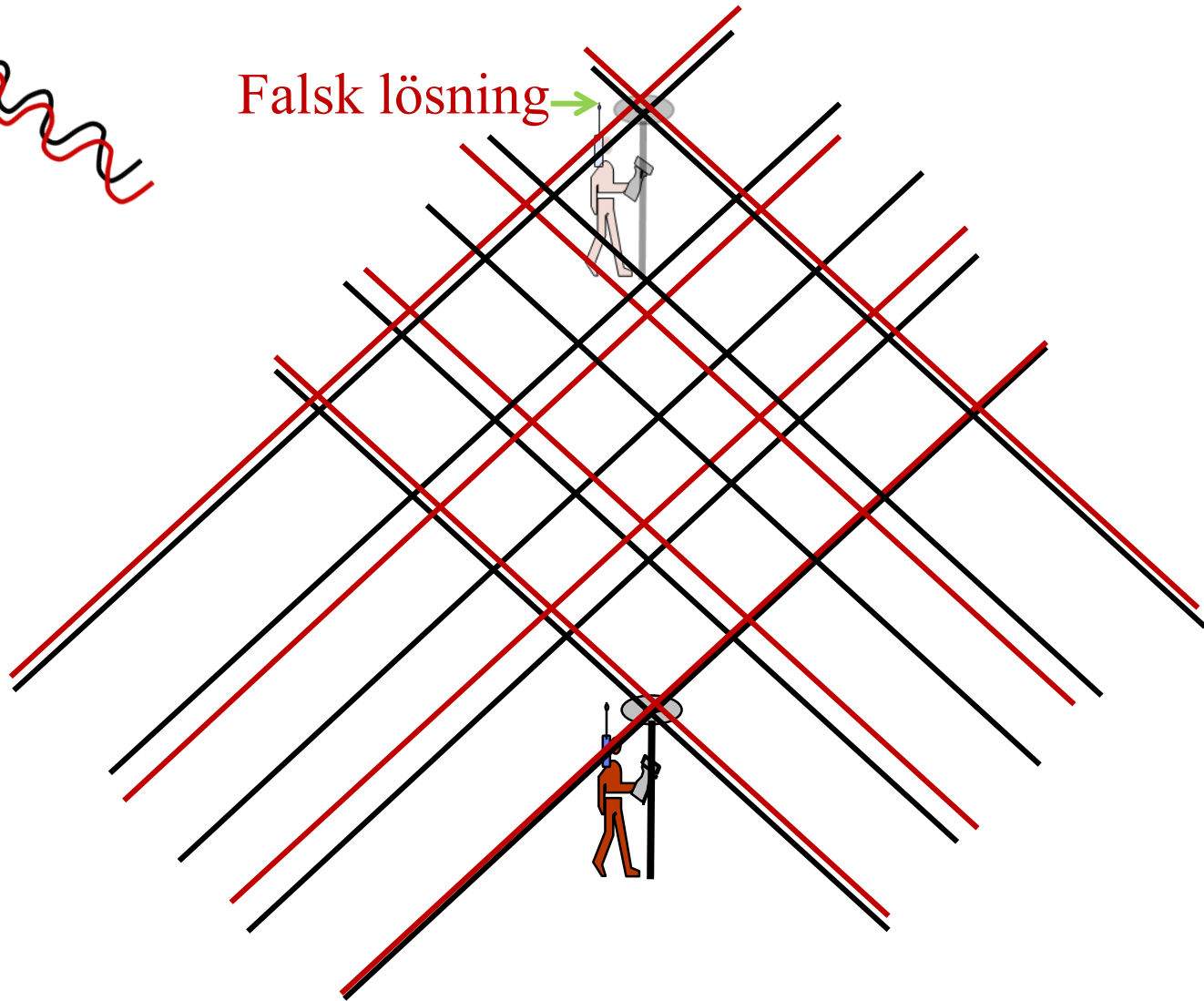
NRTK: Robusthet

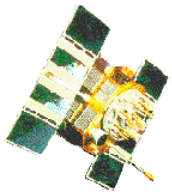


L1,L2



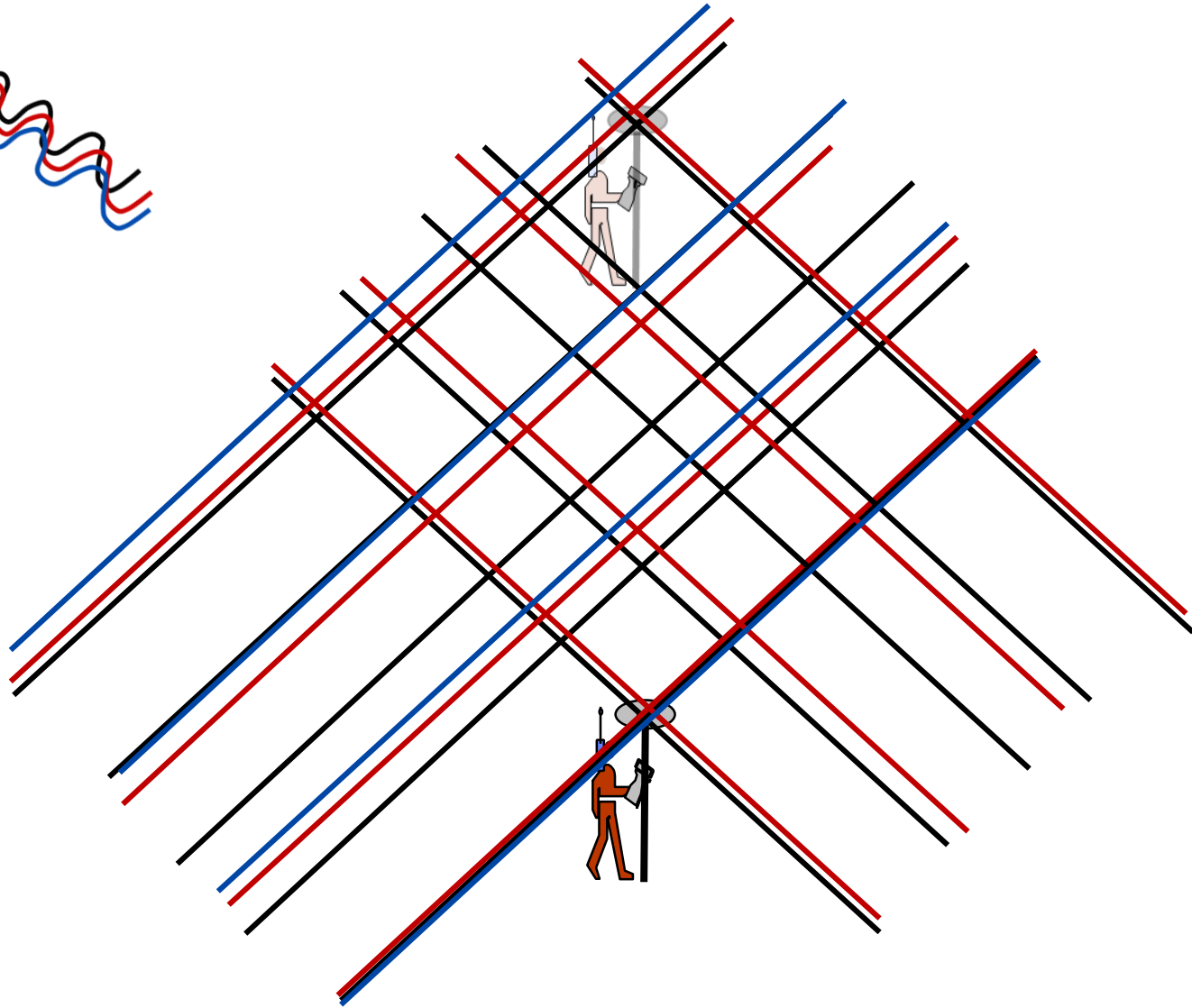
Falsk lösning →



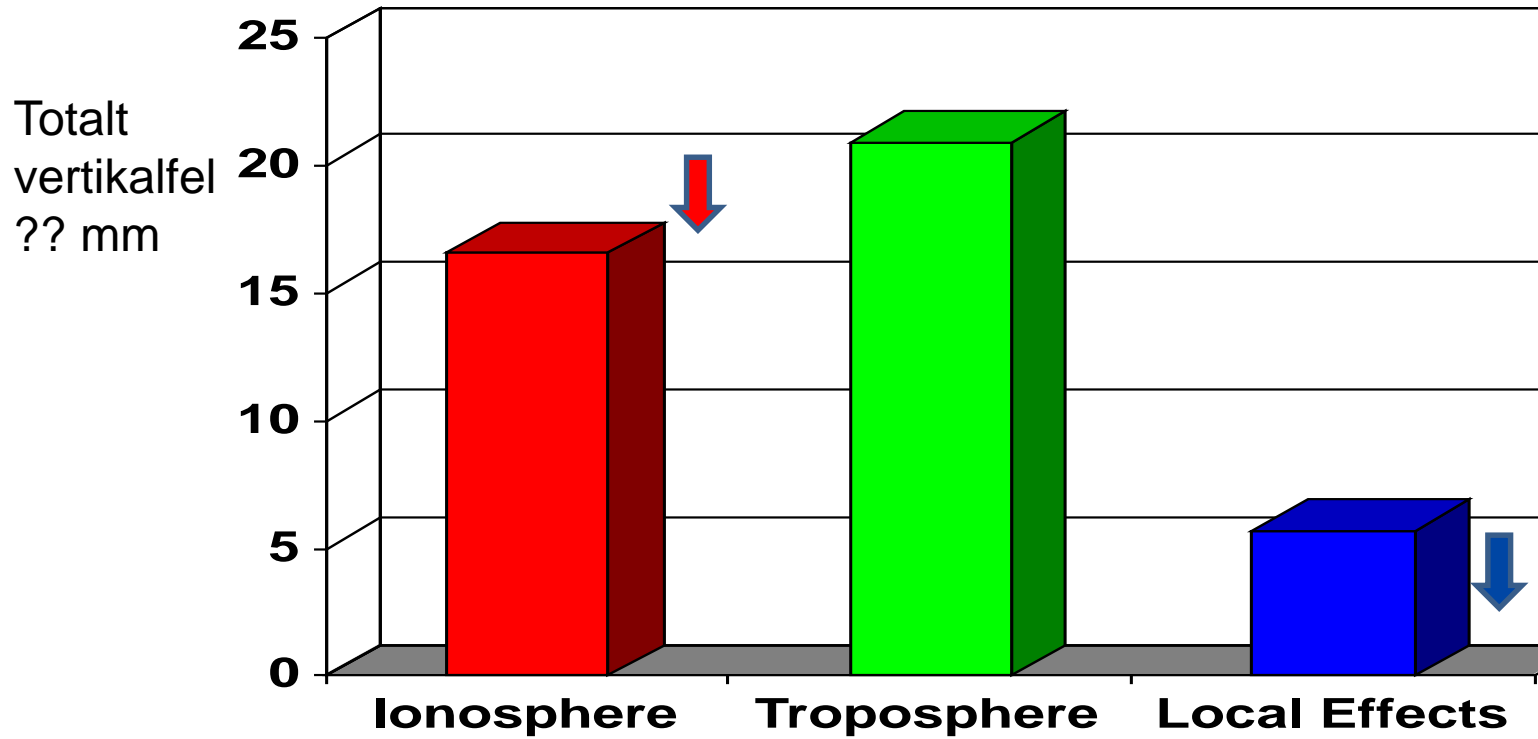


NRTK: Robusthet

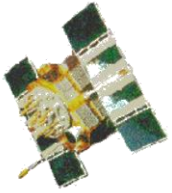
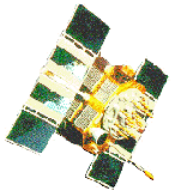
L1,L2,L5



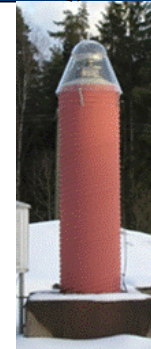
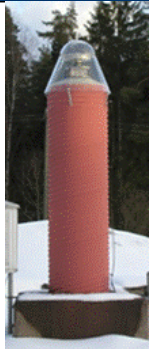
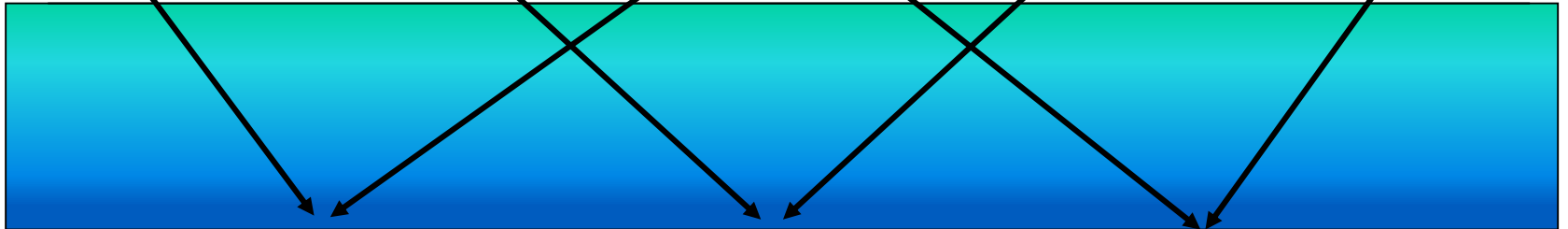
NRTK L1+L2+L5

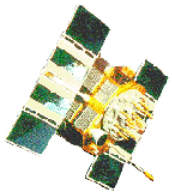


NRTK troposfärsfel

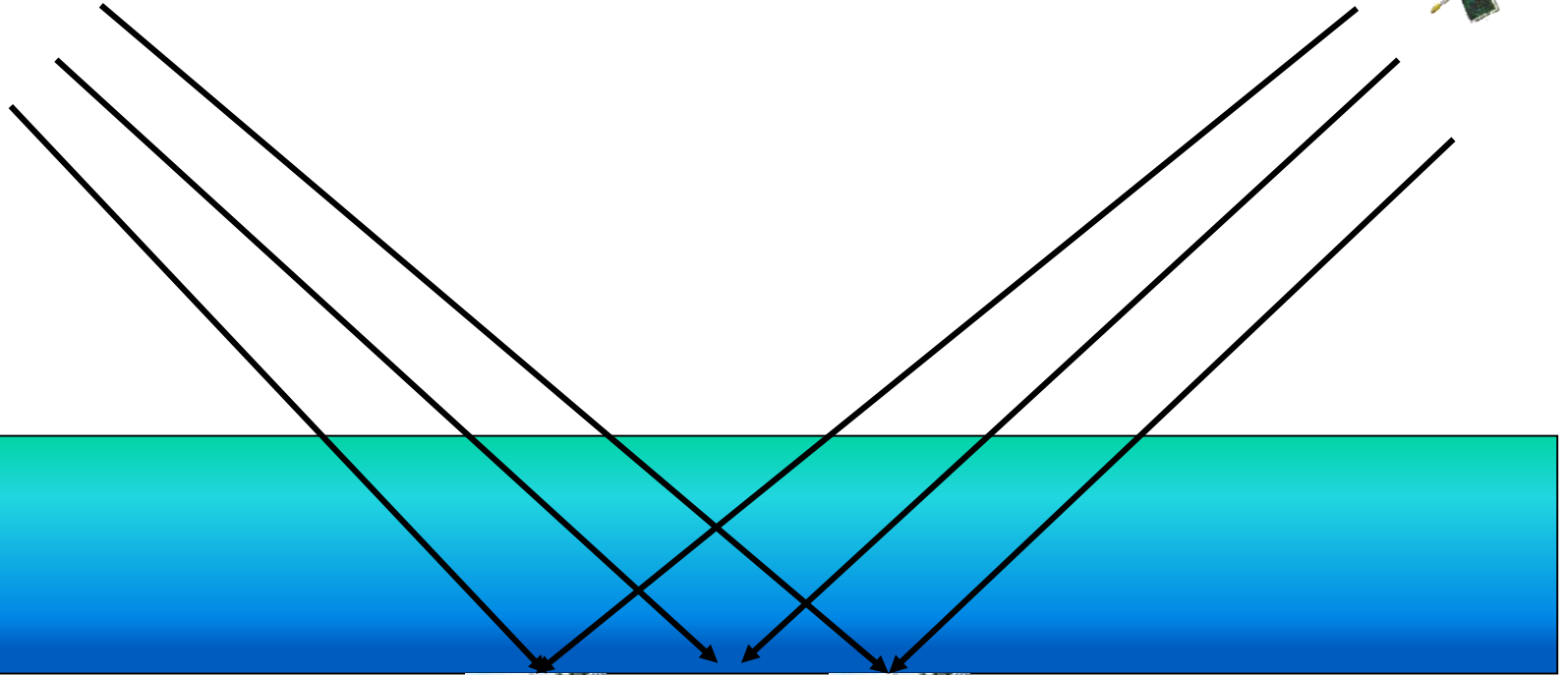


10 km

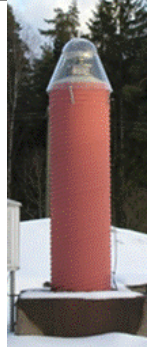
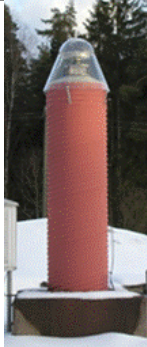




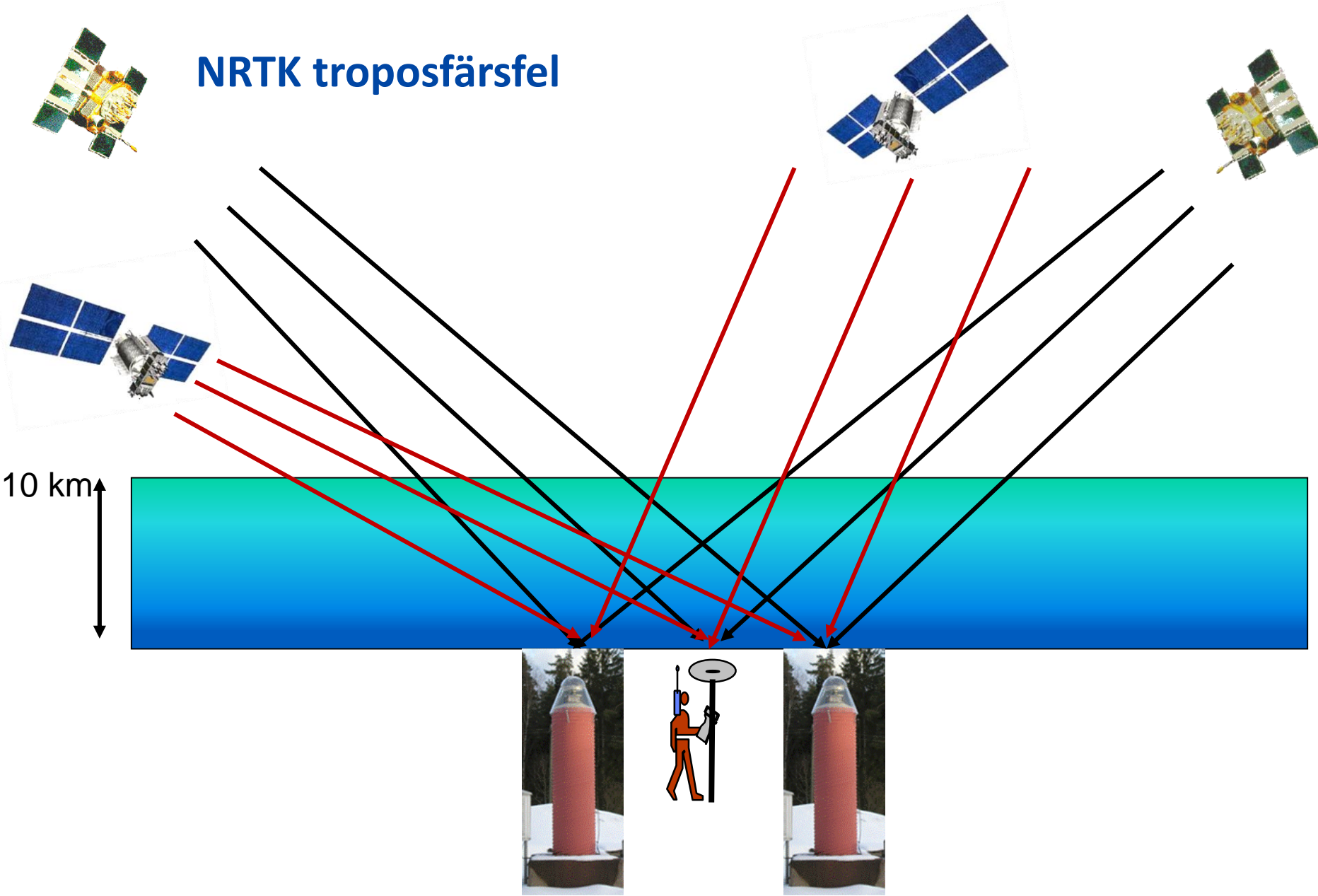
NRTK troposfärsfel



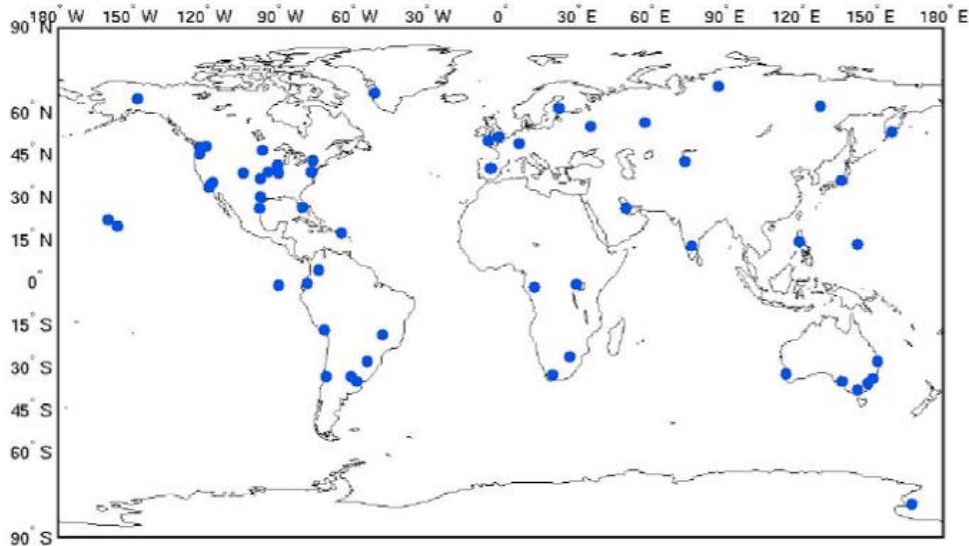
10 km



NRTK troposfärsfel

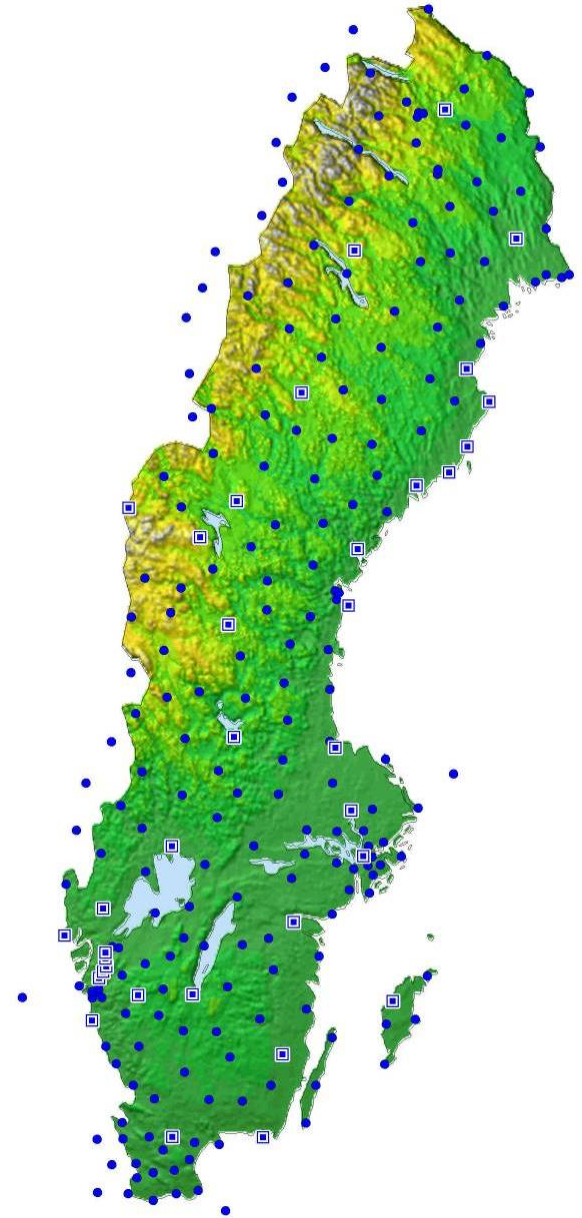


Precise Point Positioning (PPP) vs Network-RTK



62-station combined JPL and Navcom real-time network

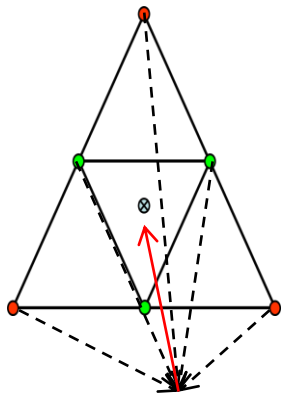
VS



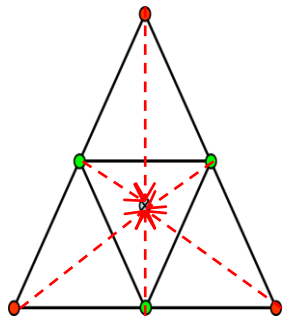
eller en kombination => PPP-RTK

Olika korrektionsmetoder

Nätverks-RTK

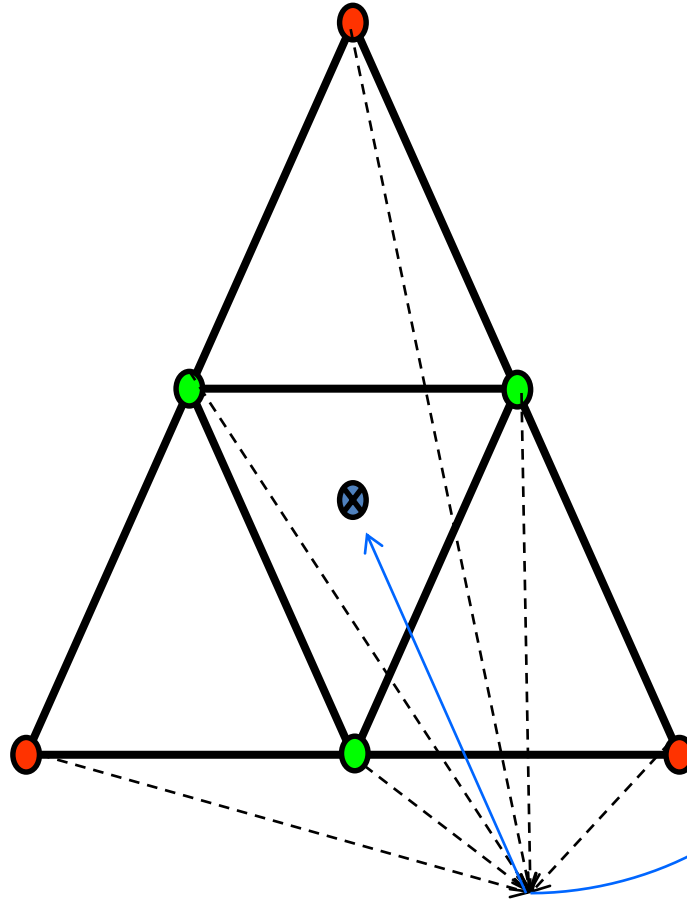


Virtual Reference Station (VRS)



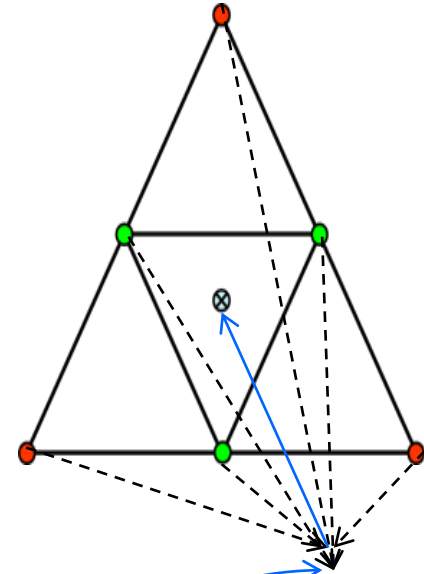
Master-Auxiliary Concept (MAC)

PPP



Global bestämning av satelliters banor och klockor

Hybrid: PPP-RTK

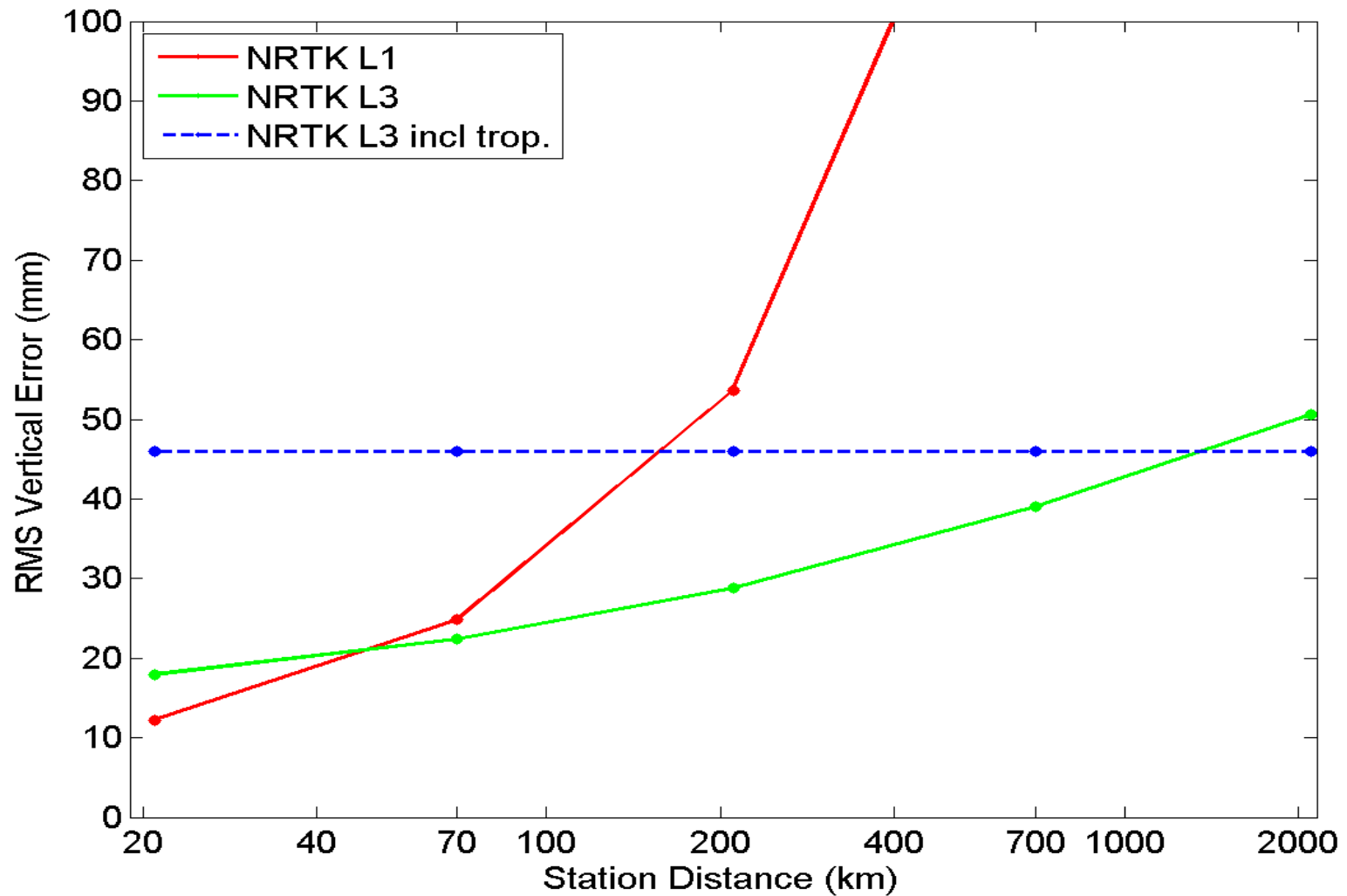


Regional anpassning av banor och klockor (+faskorrekktioner)

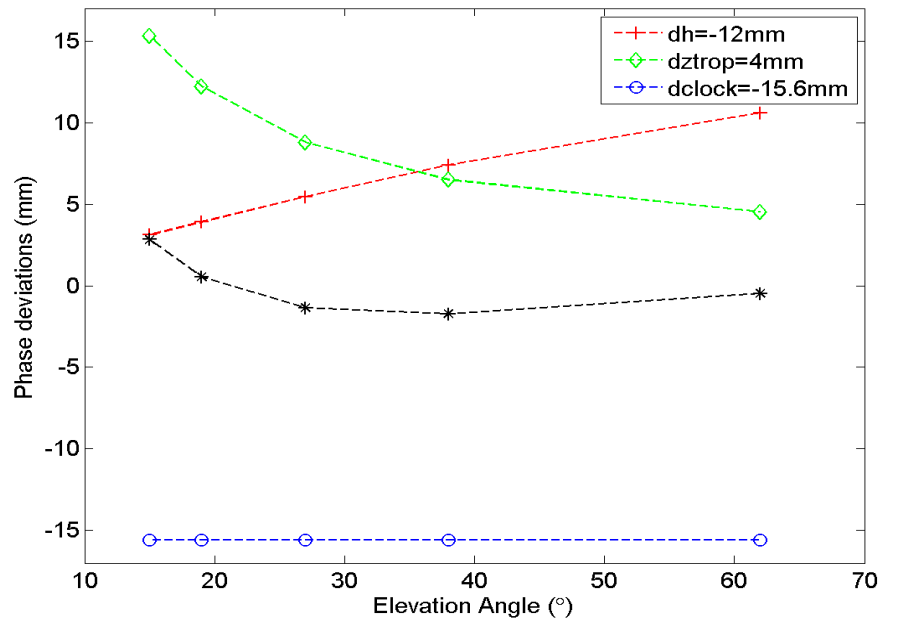
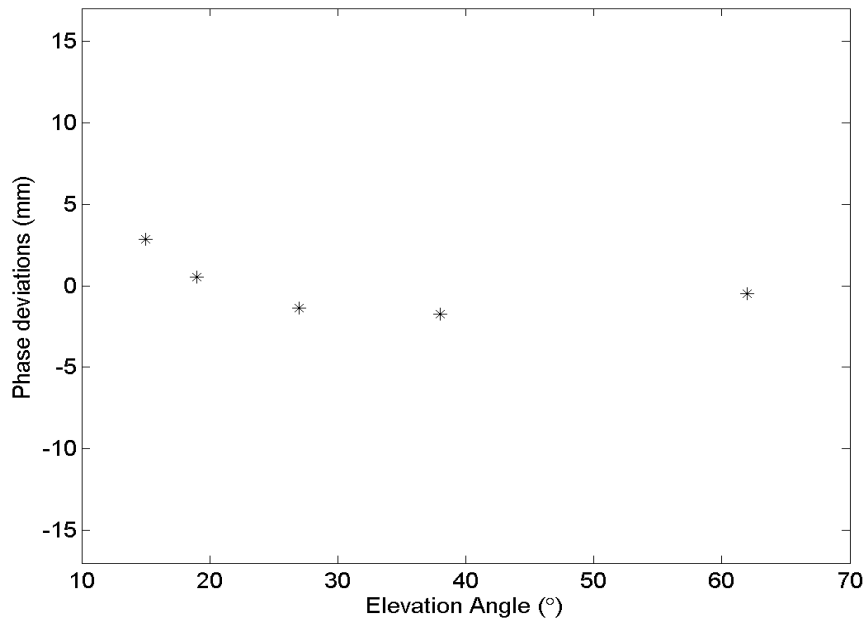
PPP och PPP-RTK

- PPP baseras på satellitbanor och klockor i realtid – IGS Realtid, JPL-NASA, FUGRO
-
- PPP-RTK baseras på PPP plus korrektioner som t ex uppdaterade satellitklockor och ZTD
- I flera koncept överförs samtliga korrektioner i PPP-RTK som en påverkan på satellitklockan.
- Globala tjänster hävdar 30 mm i vertikalkomponent
- PPP (och PPP-RTK) kräver initialiseringstider på ca 10 minuter i bästa fall.

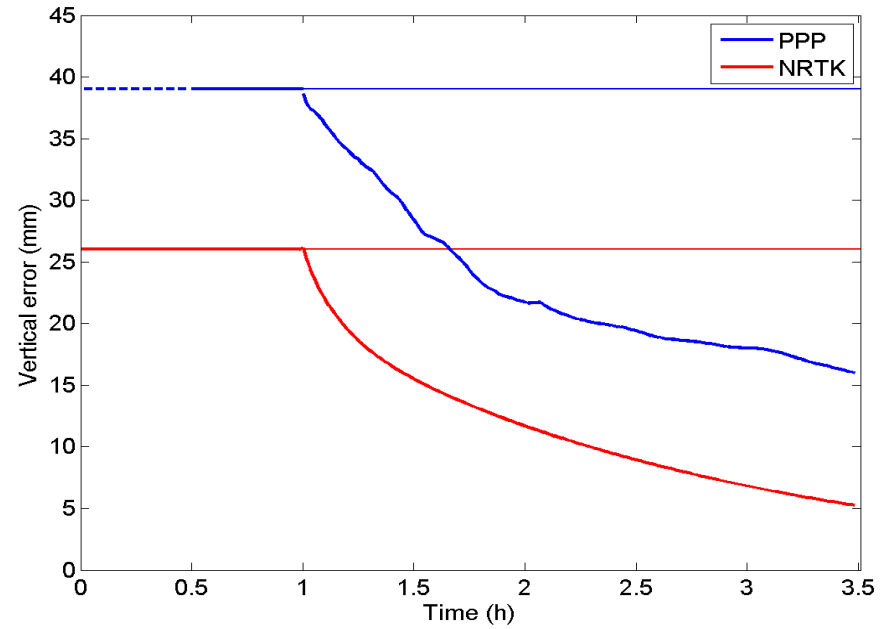
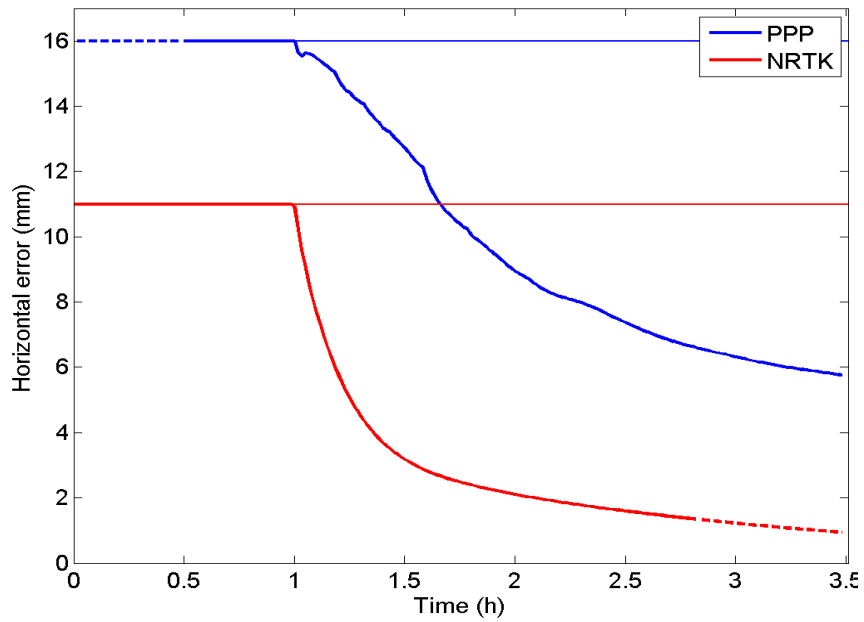
Simulering vertikalkomponent NRTK



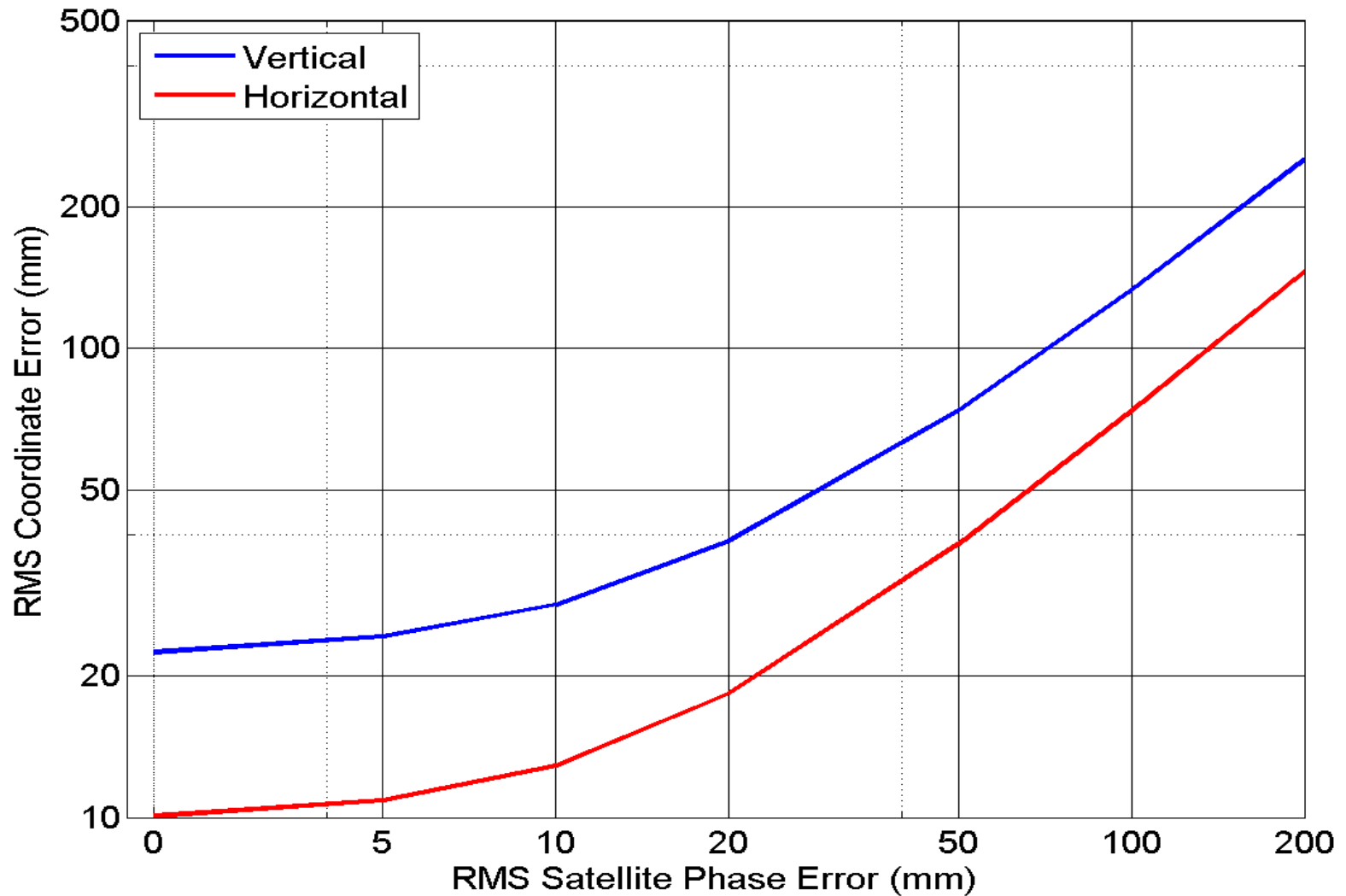
Effekter av felaktig modellering



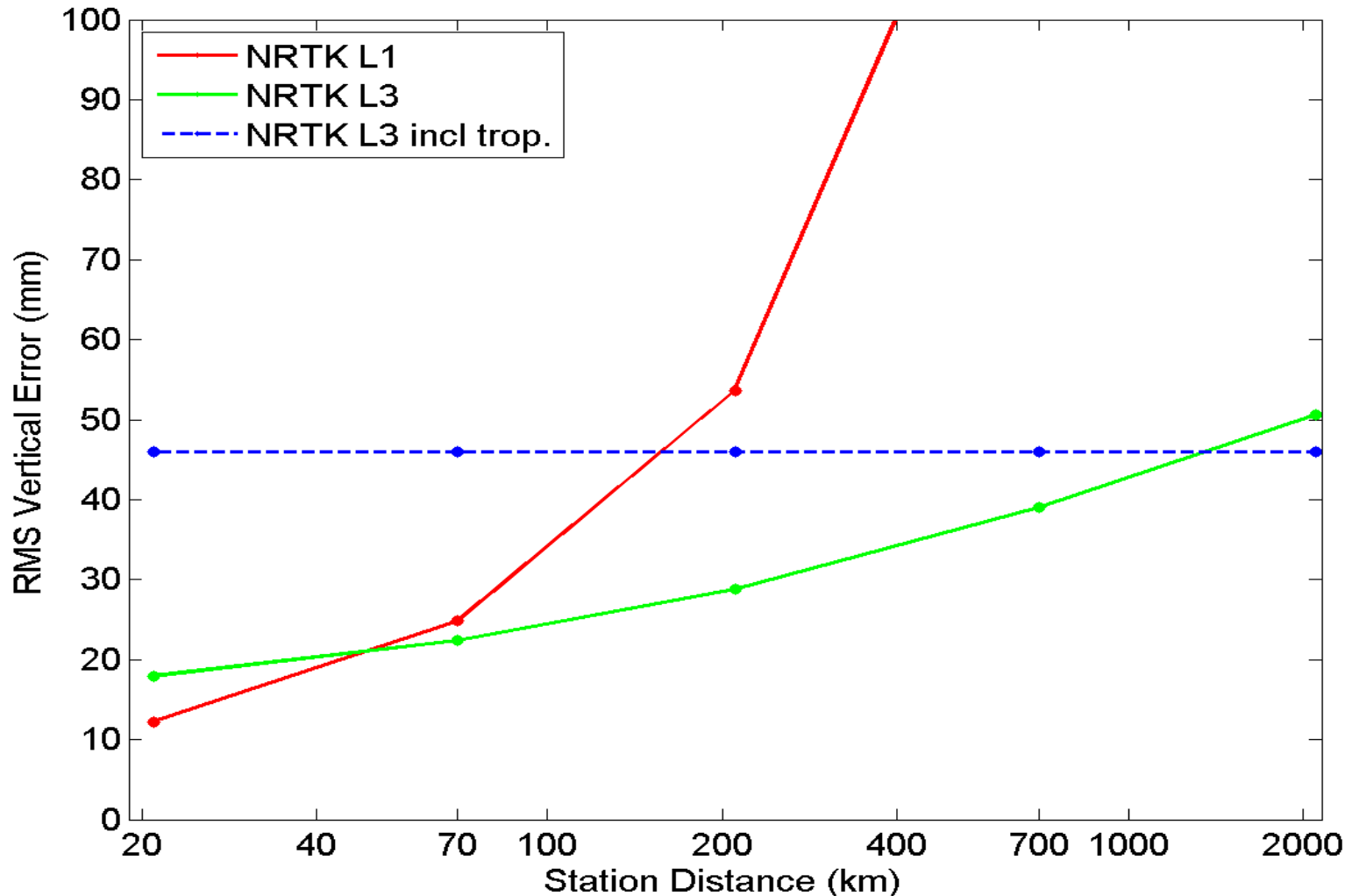
NRTK vs PPP



PPP simulation – ZTD estimeras i ”rovern”



PPP utan att "rovern" utför ZTD-estimering => liknar NRTK L3 (grön)

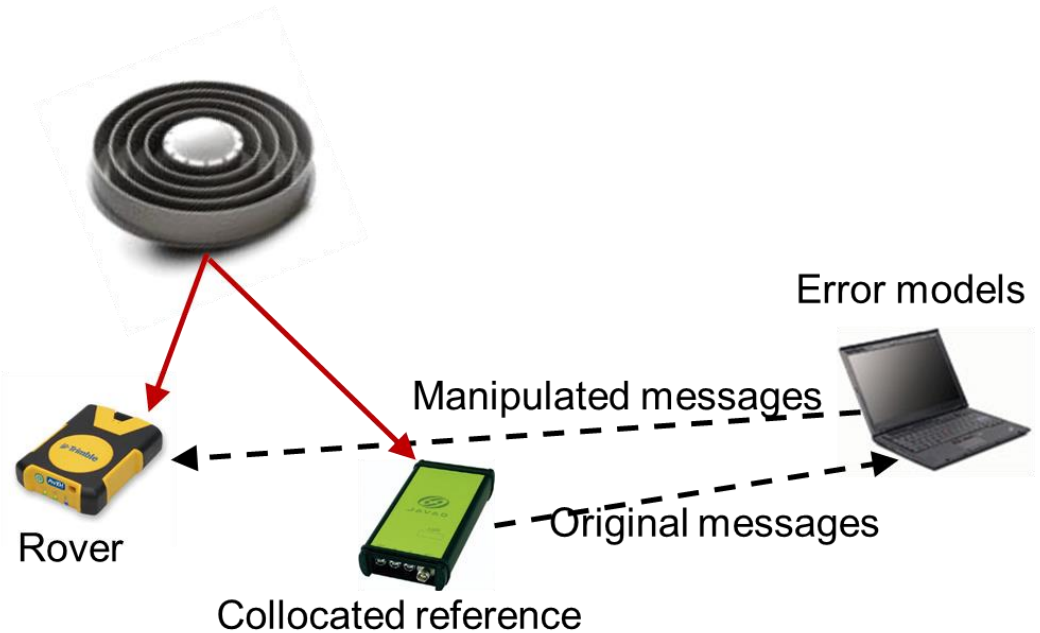


Förslag för att fastställa NRTK prestanda för Östersjön

A) Genom NRTK-mjukvaran
välja ut lämpliga
referensstationer

B) Använda FinnRef-stationer
i en test baserad på
efterprocessering

C) Simulera enligt
uppställningen till höger
dvs på ett liknande sätt
som i CLOSE-RTK 2



Diskussion om NRTK och PPP-RTK

1. Flera globala PPP-tjänster är tillgängliga idag och ger dm-nivå
2. Tjänster som baseras på PPP-RTK är i test
3. Frågetecken angående om PPP och PPP-RTK kräver att rovern är tillverkad/utrustad av tjänsteleverantören?
4. Initialiseringstiden för fix-lösning är i bästa fall ca 10 minuter
5. PPP är en mycket känslig och sårbar teknik för hög-precisionstillämpningar
6. Möjligheten för en NRTK (VRS eller MAC) för Östersjön?
 - Samarbete med Finland och övriga länder?
 - Möjlighet att förtäta till sjöss?

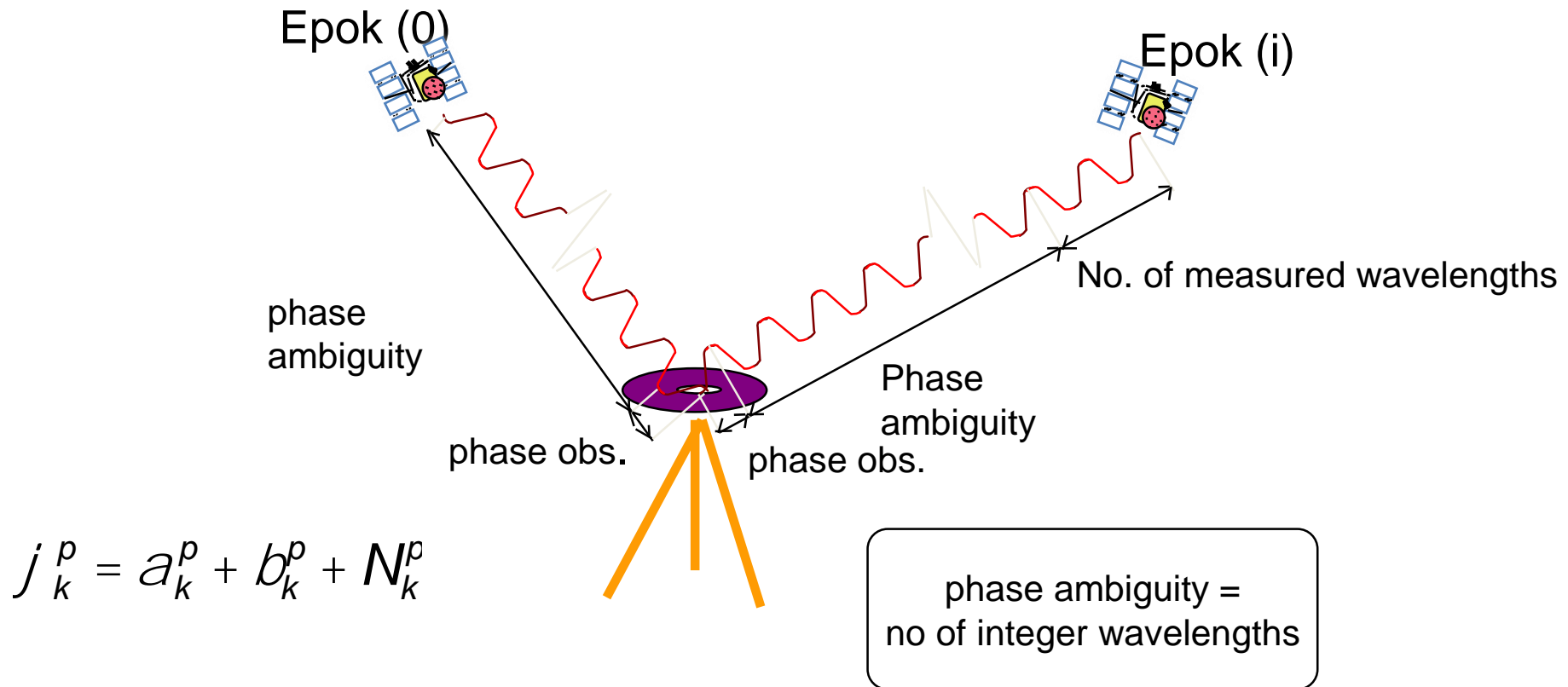
GNSS-tjänster för Östersjön



- Nyttja SWEPOS och FinnRef
- Bygga nya stationer på öar, fyrar etc
- NRTK, PPP eller PPP-RTK

The carrier phase observation

potentially (mm) level accuracy

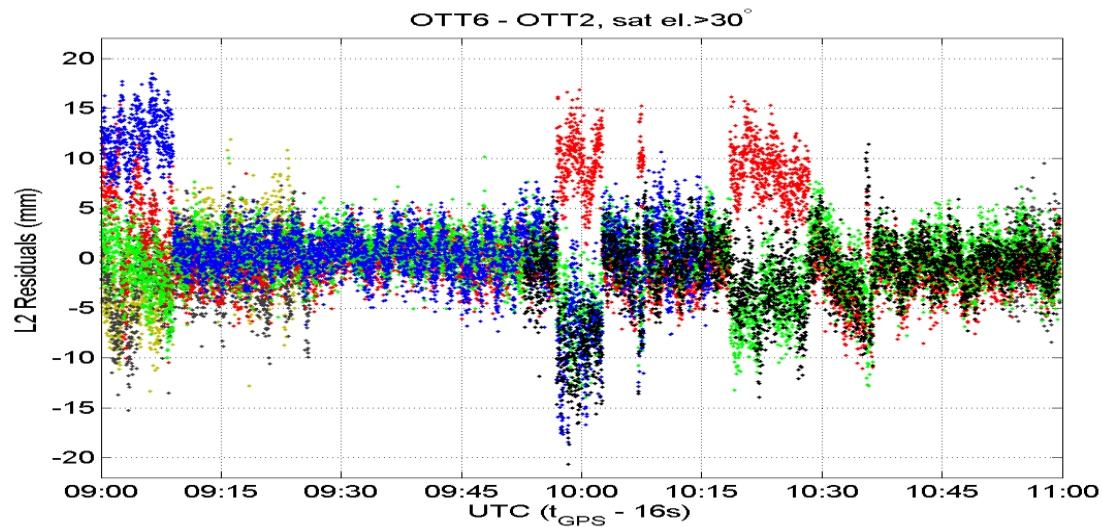
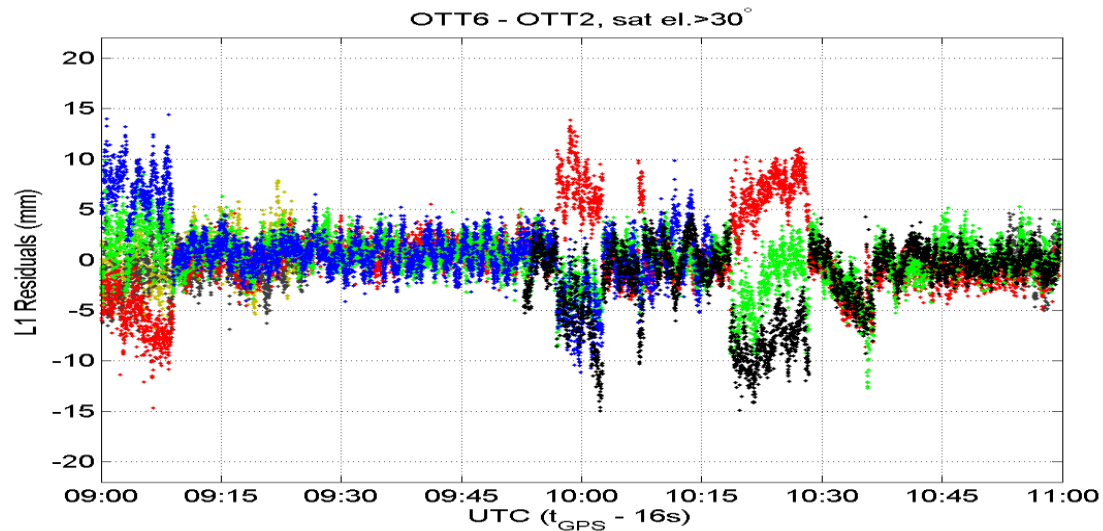


How to determine the unknown phase ambiguities?

Fågelpåverkan



Fågelbesök på OTT6 (OTT2 referens)



Baseline from 3 hour data when Galileo constellation is good

