

PM

2009-08-17

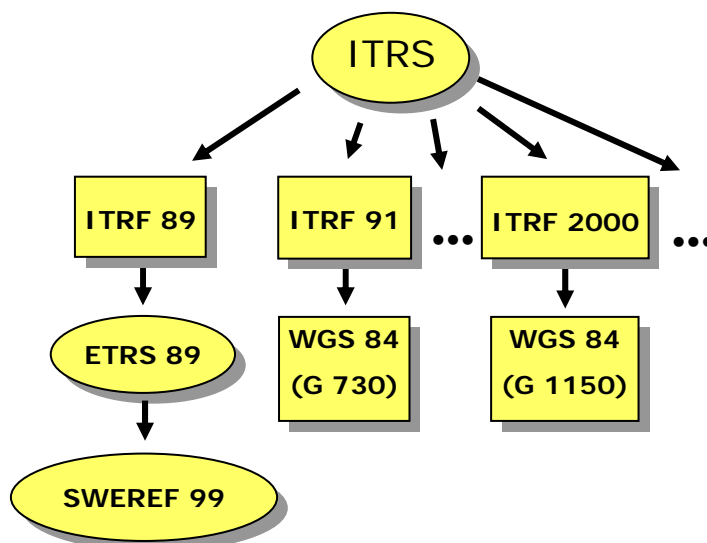
Version 3

Transformation av koordinater i ITRF2005, aktuell epok, till SWEREF 99

1 Inledning

I samband med användning av vissa positionstjänster och GNSS-beräkningar som ger koordinater i aktuell epok i ITRF¹ (eller WGS 84), har transformations samband mellan ITRF aktuell epok och SWEREF 99 efterfrågats.

Det globala referenssystemet ITRS² är dynamiskt och inkluderar en hastighetsmodell. Koordinater och hastigheter i ITRS beräknas på data från olika tidsintervall och dessa lösningar benämns ITRF, se figur 1.



Figur 1: Relationen mellan ITRS, ITRF, SWEREF 99 m.fl. globala referenssystem.

Anledningen till att koordinater gäller för en viss epok är de olika kontinenternas rörelse i förhållande till varandra. Enligt definitionen av ITRS skall summan av de tektoniska plattornas rotationer vara noll. Sverige rör sig 20-25 mm åt nordost per år i detta system.

¹ International Terrestrial Reference Frame

² International Terrestrial Reference System

Lotti Jivall, Tina Kempe

Lantmäteriet Division Informationsförsörjning Geodetiska utvecklingsenheten 801 82 Gävle
 BESÖKSADRESS Lantmäterigatan 2C TELEFON DIREKT 026-63 37 40 TELEFON VÄXEL 0771-63 63 63
 E-POST lotti.jivall@lm.se INTERNET www.lantmateriet.se/geodesi

Den platttektoniska epoken som ETRS 89³ utnyttjar, och därmed också SWEREF 99, är 1989.0. Det innebär att Sveriges läge på jordklotet motsvarar Europas läge år 1989 och att SWEREF 99 är ett statiskt system vad avser platttektoniska rörelser.

2 Transformationssamband ITRF2005 – SWEREF 99

Det här transformationssambandet mellan ITRF2005 och SWEREF 99 utgår från valfri epok i ITRF2005. Det bygger på transformationen från ITRF2000 till respektive nationell ETRS 89-realiserings i Norden [Nørbech et al. 2006] kompletterat med den globala transformationen mellan ITRF2005 och ITRF2000. Transformationen inkluderar korrektion för landhöjningen.

Transformationen utförs i tre steg enligt nedan.

Först reduceras koordinaterna i ITRF2005 aktuell epok (t_c) till externepoken (plattepoken) 2003.75 enligt formel 1.

Rotationshastigheterna (\dot{R}_1 \dot{R}_2 \dot{R}_3) är ITRF2005:s rotationspol för Eurasia i enheten tusendels bågsekunder/år, vilka måste konverteras till radianer/år innan de används i formel 1. Index 2003.75/ t_c syftar på externepoken 2003.75 och internepoken t_c .

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{2003.75/t_c}^{ITRF2005} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{t_c}^{ITRF2005} + (2003.75 - t_c) \begin{pmatrix} 0 & -\dot{R}_3 & \dot{R}_2 \\ \dot{R}_3 & 0 & -\dot{R}_1 \\ -\dot{R}_2 & \dot{R}_1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{t_c}^{ITRF2005} \quad (1)$$

\dot{R}_1 [0.001"/år]	\dot{R}_2 [0.001"/år]	\dot{R}_3 [0.001"/år]
-0.054	-0.518	0.781

Rotationerna konverteras till radianer/år med faktorn $\frac{0.001 \cdot \pi}{3600 \cdot 180}$.

³ European Terrestrial Reference System

Därefter görs reduktion för interndeformationerna (landhöjning och landtöjning) till epok 1999.5 (epoken för SWEREF 99) med formel 2.

Hastigheterna i NKG_RF03vel erhålls genom interpolation i de tre grid-filerna NKG_RF03vel_n.gri, NKG_RF03vel_e.gri och NKG_RF03vel_u.gri, med påföljande transformation till geocentriska kartesiska koordinater (X,Y,Z), vilken finns beskriven i formel 3. φ och λ i formel 3 är latitud och longitud för respektive punkt.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{2003.75/1999.5}^{ITRF2005} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{2003.75/t_c}^{ITRF2005} + (1999.5 - t_c) \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix}_{NKG_RF03vel} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix}_{NKG_RF03vel} = \begin{pmatrix} -\sin\varphi \cos\lambda & -\sin\lambda & \cos\varphi \cos\lambda \\ -\sin\varphi \sin\lambda & \cos\lambda & \cos\varphi \sin\lambda \\ \cos\varphi & 0 & \sin\varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{n_{intra}} \\ V_{e_{intra}} \\ V_{u_{intra}} \end{pmatrix}_{NKG_RF03vel} \quad (3)$$

Slutligen görs en 7-parametertransformation med formel 4.

Parametrarna i formel 4 är summan av parametrarna för den officiella transformationen mellan ITRF2005 och ITRF2000 i epoken 2003.75 och de av NKG framtagna transformationsparametrarna mellan ITRF2000 epok 2003.75 och SWEREF 99.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}^{SWEREF99} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} + (1 + D) \begin{pmatrix} 1 & R_z & -R_y \\ -R_z & 1 & R_x \\ R_y & -R_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{2003.75/1999.5}^{ITRF2005} \quad (4)$$

T_x [m]	T_y [m]	T_z [m]	D [ppb]	R_x [0.001"]	R_y [0.001"]	R_z [0.001"]
0.033750	0.029875	-0.080450	0.78	-2.134	-7.765	9.810

Rotationerna konverteras till radianer med faktorn $\frac{0.001 \cdot \pi}{3600 \cdot 180}$.

När transformationssambandet togs fram uppkom frågan om vilken epok som skulle användas för övergången mellan ITRF2005 och ITRF2000. Vi valde att göra övergången i epoken 2003.75 och därmed använda ITRF2005:s rotationspol för Eurasia vid reduktionen från aktuell epok till 2003.75, vilket är epoken för de Helmert-samband som finns publicerade i [Nørbech et al. 2006] mellan ITRF2000 och

nationella realiseringar av ETRS 89. Ett argument för detta är att rotationspolen för ITRF2005 borde vara bättre än den för ITRF2000. En svaghet är dock att hastighetsmodellen för interna deformationer (NKG_RF03⁴) är i förhållande till ITRF2000. Skillnaden mellan de olika rotationspolerna är dock liten och den slutliga effekten i transformerade koordinater är endast några millimeter per koordinatkomponent.

I sammanhanget bör även nämnas att EUREF⁵ har publicerat samband från olika ITRF-lösningar till ETRS 89 [Boucher, Altamimi 2008]. Dessa saknar dock korrektion för landhöjningen, vilket gör att landhöjningen kommer ut som ett fel i de transformerade koordinaterna om dessa betraktas som SWEREF 99. Ovanstående transformation baserad på [Nørbech et al. 2006] är direkt anpassad till SWEREF 99, vilket gör att även plankomponenterna blir bättre än med EUREF:s transformation.

3 Test av transformations sambandet

För att testa transformations sambandet i avsnitt 2 kombinerades fem veckolösningar från NKG EPN LAC⁶ (Lantmäteriet) centrerade kring epoken 2008.5 (GPS-vecka 1484-88) och anslöts mot ITRF2005 med villkoret att minimera translationerna till ITRF2005 på ett antal välbestämda IGS⁷/EPN-stationer i norra Europa.

NKG EPN-lösningen är enligt nuvarande EPN-standard beräknad med absoluta antenmodeller och ITRF2005 är, liksom SWEREF 99, beräknat med relativa antenmodeller. Detta påverkar framförallt höjdkomponenten. En 3-parameterinpassning (translation) av denna lösning mot officiella ITRF2005-koordinater i epok 2008.5 på ovan nämnda stationer gav följande RMS i north, east och up (1.6 mm, 1.7 mm och 7.5 mm) vilket visar en god anslutning, trots blandningen av antenmodeller.

En jämförelse mellan koordinater från den kombinerade EPN-lösningen transformerad enligt avsnitt 2 och officiella SWEREF 99-

⁴ NKG_RF03 – Nordiska Kommissionen för Geodesi, reference frame 2003, baserat på NKG2003-kampanjen

⁵ IAG Subcommission for the European Reference Frame

⁶ EPN – EUREF Permanent Network. LAC – Local Analysis Centre.

⁷ International GNSS Service

koordinater visar differenser på endast några millimeter per koordinatkomponent för de flesta stationerna; Kiruna avviker dock 1 cm i plan.

4 Testexempel

Som ett stöd för implementering av dessa transformationer i (egna) programvaror ges exempel på koordinater i de olika koordinat-systemen inklusive alla mellansteg. Två fiktiva punkter, en i norra Sverige och en i södra, har transformerats från ITRF2005 epok 2008.5 till SWEREF 99 enligt transformationssambandet i avsnitt 2. Vid transformationerna har ingen avrundning skett i mellanstegen, vilket gör att avvikelser på någon tiondels millimeter kan uppkomma om man transformerar de avrundade koordinaterna.

ITRF2005 epok 2008.5			
NORD	2248100.0000	865600.0000	5886400.0000
SYD	3536500.0000	840500.0000	5223400.0000

ITRF2005 externepok 2003.75, internepok 2008.5			
NORD	2248100.0858	865599.9522	5886399.9743
SYD	3536500.0774	840499.9299	5223399.9589

NKG_RF03vel NEU [m]			
NORD	0.00159	-0.00040	0.00655
SYD	-0.00015	-0.00045	0.00085

NKG_RF03vel XYZ [m]			
NORD	0.00107	-0.00002	0.00666
SYD	0.00069	-0.00030	0.00061

ITRF2005 externepok 2003.75, internepok 1999.5			
NORD	2248100.0761	865599.9524	5886399.9143
SYD	3536500.0712	840499.9326	5223399.9533

SWEREF 99			
NORD	2248100.3744	865599.8151	5886399.7628
SYD	3536500.3443	840499.7409	5223399.7525

5 Referenser

Boucher, Altamimi, 2008: Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS Campaign. Version 7.

URL: <http://etrs89.ensg.ign.fr>, besökt 2009-08-14.

Nørbech, Engsager, Jivall, Knudsen, Koivula, Lidberg, Ollikainen, Weber, 2006: Transformation from a common Nordic reference frame to ETRS89 in Denmark, Finland, Norway and Sweden – status report. Proceedings of the NKG General Assembly, May 29 – June 2, Copenhagen Denmark, 2006.

International Terrestrial Reference Frame web site.

Transformation parameters between ITRF2005 and ITRF2000.

URL: http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2005/tp_05-00.php,

besökt 2009-08-14.