

JHS 196 EUREF-FIN -järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa

Versio: 1.0 / 7.2.2016

Julkaistu: 5.4.2016

Voimassaoloaika: toistaiseksi

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Soveltamisala	2
3	Viittaukset	2
4	Termit ja lyhenteet	3
5	EUREF-FIN-vertauskehys	5
5.1	ETRS89-vertausjärjestelmä	5
5.2	ETRS89-vertausjärjestelmän realisoiminen	6
5.3	Sijainnin esittäminen EUREF-FIN-vertauskehyksessä	8
6	Opastavat tiedot	9
6.1	Kirjallisuusviitteet ja muut viittaukset	10
7	Liitteet	10

1 Johdanto

Tässä suosituksessa kuvataan yleiseurooppalaisen *ETRS89*-vertausjärjestelmän kansallinen realisaatio *EUREF-FIN-vertauskehys* ja suositellaan sen käyttöä kartastotöissä ja paikkatietopalveluissa muun muassa Kartastokoordinaattijärjestelmän (*KKJ*) sijaan. Suositus on tarkoitettu ensisijaisesti paikkatietoaineistojen ja -järjestelmien tuottajille, mutta myös käyttäjille. Suositus on luonteeltaan tekninen. Sen tavoitteena on tukea *ETRS89*-vertausjärjestelmän käyttöä Suomessa sekä yhtenäistää käytettävä vertauskehys.

Tietoyhteiskunnan eräs perusedellytys on tarkka koordinaattijärjestelmä. Kansainvälinen yhteistyö tieteen ja teknologian aloilla, etenkin navigoinnissa ja paikannuksessa edellyttää yhtenäisen ja maailmanlaajuisen järjestelmän käyttöä, sillä se on satelliittipaikannuksen perusta. Paikkatietojen yhteiskäytön edellytyksenä on, että kansalliset ja kansainväliset paikkatietoaineistot perustuvat tunnettuihin koordinaattijärjestelmiin ja näiden välisiin muunnoksiin.

Tässä suosituksessa käytetään *IAG:n* ja *IAU:n* luomaa geodesian terminologiaa. Vastaavat suomenkieliset termit uudistettiin vuonna 2014. Terminologia eroaa *ISO* ja *OGC:n* mukaisesta koordinaattijärjestelmiä koskevasta terminologiasta. Eroavaisuudet johtuvat pääosin siitä, että *ISO 19111:2007* ja *OGC:n* vastaava määrittely ei sisällä kaikkia geodesiassa tarvittavia käsitteitä.

Kansainväliset maanmittaus- ja kartoitusalan järjestöt ovat kiinnittäneet erityistä huomiota yhtenäisen, globaalin vertausjärjestelmän tarpeellisuuteen. Kansainvälinen Geodeettinen Assosiaatio (*IAG*) on perustanut alakomission (*EUREF*), jonka ohjauksessa Euroopan alueelle luotiin 1990-luvulla yhtenäinen yleiseurooppalainen terrestrinen vertausjärjestelmä *ETRS89*. Tämän työn tuloksena useimpien Euroopan maiden kansalliset vertauskehukset (esimerkiksi *KKJ*) voitiin liittää *ETRS89*-järjestelmään 1-2 metrin tarkkuudella. Lisäksi luotiin perusta uusille kansallisille vertauskehyksille, joiden sisäinen ja keskinäinen tarkkuus on senttimetrin luokkaa.

Euroopan komission aloitteesta organisoidiin vuonna 1999 kokous, joka suositteli *ETRS89*-järjestelmän hyväksymistä yleiseurooppalaiseksi koordinaattien vertausjärjestelmäksi. Sitten Euroopan komissio

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta

hyväksyi direktiivin Euroopan yhteisön paikkatietoinfrastruktuurin (*INSPIRE*) perustamisesta, jonka täytäntöönpanosta annettu asetus määrää, että paikkatietoaineistot on asetettava saataville ainakin *ETRS89*-järjestelmän mukaisessa koordinaattijärjestelmässä.

Suomessa Maanmittauslaitoksen tehtävänä on luoda ja ylläpitää valtakunnallisia koordinaattien ja korkeuksien vertausjärjestelmiä ja niiden realisaatioita (vertauskehyksiä) kartoituksen, paikkatietojen käytön ja navigoinnin tarpeita varten. *ETRS89*-järjestelmän realisoimiseksi Suomeen Geodeettinen laitos mittasi 1990-luvun loppupuolella Suomeen 100 kiintopisteen verkon, jolle määritettiin koordinaatit *ETRS89*-järjestelmässä. Tämä verkko yhdessä Maanmittauslaitoksen pysyvän GNSS-verkon (FinnRef) kanssa määrittää *ETRS89*-järjestelmän realisaation Suomessa. Tätä realisaatiota (vertauskehystä) kutsutaan nimellä *EUREF-FIN*. Geodeettinen laitos (nykyään osa Maanmittauslaitosta), Maanmittauslaitos ja Merenkulkulaitos (nykyään osa Liikennevirastoa) tihensivät sittemmin alkuperäistä kiintopisteverkkoa.

Tämä JHS-suositus korvaa ”*JHS 153 ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa*” -suosituksen. Tämän suosituksen päivityksen yhteydessä on myös tehty uusi ”*JHS 197 EUREF-FIN -koordinaattijärjestelmät, niihin liittyvät muunnokset ja karttalehtijako*” -suositus, joka korvaa ”*JHS 154 ETRS89 -järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatistot ja karttalehtijako*” -suosituksen.

EUREF-FIN:iin liittyvä geoidimalli on kuvattu suosituksessa *JHS 163*. *EUREF-FIN*-kiintopisteverkon hierarkia ja mittausohjeet on kuvattu suosituksessa *JHS 184*.

Suositus on kirjoitettu *JHS 136* -suosituksessa kuvatun teknisen eritelmän muotoon. Vaatimukset on erotettu muusta tekstistä ja vaatimusten muoto on esitetty lihavoituna. Tässä JHS-suosituksessa esitetyt vaatimukset eivät ole julkisen hallinnon organisaatioille velvoittavia. Suosituksen hyödyntäjien tulee kuitenkin ottaa huomioon muun muassa *INSPIRE*-direktiiviin liittyvät säädökset. Suositus antaa työkalut *INSPIRE*-säädösten täyttämiseen koordinaattijärjestelmien osalta.

2 Soveltamisala

Tämä julkisen hallinnon suositus on tarkoitettu ensisijaisesti paikkatietoaineistojen ja -järjestelmien tuottajille.

Suositus on luonteeltaan tekninen. Sen tavoitteena on tukea *ETRS89*-vertausjärjestelmän käyttöä Suomessa sekä yhtenäistää käytettävä vertauskehys.

3 Viittaukset

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2007/2/EY, annettu 14 päivänä maaliskuuta 2007, Euroopan yhteisön paikkatietoinfrastruktuurin (*INSPIRE*) perustamisesta.

Komission asetus (EU) N:o 1089/2010, annettu 23 päivänä marraskuuta 2010, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2007/2/EY täytäntöönpanosta paikkatietoaineistojen ja -palvelujen yhteentoimivuuden osalta.

Komission asetus (EU) N:o 1253/2013, annettu 21 päivänä lokakuuta 2013, muuttaen asetusta (EU) N:o 1089/2010 direktiivin 2007/2/EY täytäntöönpanosta paikkatietoaineistojen ja -palvelujen yhteentoimivuuden osalta.

Laki paikkatietoinfrastruktuurista (421/2009).

Valtioneuvoston asetus paikkatietoinfrastruktuurista (725/2009).

JHS 163 Suomen korkeusjärjestelmä N2000.

JHS 184 Kiintopistemittaus *EUREF-FIN*-koordinaattijärjestelmässä.

JHS 197 EUREF-FIN -koordinaattijärjestelmät, niihin liittyvät muunnokset ja karttalehtijako.

ISO 19111:2007 Geographic information – Spatial referencing by Coordinates. Saatavissa:
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=41126

ISO/IS 6709:2008 Standard representation of geographic point location by coordinates. Saatavissa:
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=39242

4 Termit ja lyhenteet

ekvipotentiaaliellipsoidi

fi ekvipotentiaaliellipsoidi

en equipotential ellipsoid; level ellipsoid

ellipsoidi, jonka massa ja pyörähdysnopeus tuottavat painovoimakentän siten, että ellipsoidin pinta on tämän kentän potentiaalin tasa-arvopinta

ellipsoidinen korkeus

fi ellipsoidinen korkeus

en ellipsoidal height; geodetic height

pisteen ja vertausellipsoidin välinen etäisyys vertausellipsoidin normaalia pitkin laskettuna

epookki

fi epookki

en epoch

ajanhetki, johon ajallisesti muuttuva suure tai ilmiö kiinnitetään

ETRF

fi Euroopan terrestrinen vertauskehys

en European Terrestrial Reference Frame

euroopanlaajuinen Euroopan terrestrisen vertausjärjestelmän 1989:n (ETRS89) realisaatio, joka on luotu Kansainvälisen terrestrisen vertauskehysten (ITRF) pohjalta

ETRS89

fi Euroopan terrestrinen vertausjärjestelmä 1989

en European Terrestrial Reference System 1989

Euroopan alueella käytettävä kolmiulotteinen geosentrinen terrestrinen vertausjärjestelmä, joka on kiinnitetty Euraasian mannerlaatan yhtenäiseen osaan ja on identtinen Kansainvälisen terrestrisen vertausjärjestelmän (ITRS) määritelmän kanssa epookissa 1989.0

EUREF-FIN

fi EUREF-FIN

en EUREF-FIN

terrestrinen vertauskehys, joka on Euroopan terrestrisen vertausjärjestelmän 1989:n (ETRS89) kansallinen realisaatio Suomessa

geodeettinen koordinaatti

fi geodeettinen koordinaatti

en geodetic coordinate

kaksiulotteisessa tapauksessa geodeettinen koordinaatti on geodeettinen leveysaste tai geodeettinen

JUHTA - Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta

pituusaste ja kolmiulotteisessa tapauksessa geodeettinen leveysaste, geodeettinen pituusaste tai korkeus ellipsoidista

geodeettinen vertausjärjestelmä

fi geodeettinen vertausjärjestelmä
en geodetic reference system

ekvipotentiaaliellipsoidin teoriaan perustuva matemaattinen malli Maan muodolle, painovoimakentälle ja pyörähdysnopeudelle

GRS80

fi Geodeettinen vertausjärjestelmä 1980
en Geodetic Reference System 1980

kansainvälisen geodeettis-geofysikaalisen unionin (IUGG) Canberrassa vuonna 1979 hyväksymä geodeettinen vertausjärjestelmä

IAG

fi Kansainvälinen geodeettinen assosiaatio
en International Association of Geodesy

IAU

fi Kansainvälinen tähtitieteellinen unioni
en International Astronomical Union

ITRF

fi Kansainvälinen terrestrinen vertauskehys
en International Terrestrial Reference Frame

kansainvälisen terrestrisen vertausjärjestelmän (ITRS) realisaatio

ITRS

fi Kansainvälinen terrestrinen vertausjärjestelmä
en International Terrestrial Reference System

maailmanlaajuinen kolmiulotteinen geosentrinen terrestrinen vertausjärjestelmä, joka on määritelty IUGG:n ja IAG:n päätöslauselmissa vuosilta 1991 ja 2007

IUGG

fi kansainvälinen geodeettis-geofysikaalinen unioni
en International Union of Geodesy and Geophysics

kartastokoordinaattijärjestelmä; KKJ; kkj

fi kartastokoordinaattijärjestelmä
en Finnish national grid coordinate system

Suomeen määritelty geodeettinen datumi ja joukko siihen pohjautuvia Suomen kansallisia koordinaattijärjestelmiä, jotka otettiin käyttöön vuonna 1970

koordinaattijärjestelmä

fi koordinaattijärjestelmä
en coordinate reference system

järjestelmä, joka muodostuu datumin avulla reaali maailmaan kiinnitetystä koordinaatistosta

terrestrinen vertausjärjestelmä

fi terrestrinen vertausjärjestelmä
en terrestrial reference system

kolmiulotteinen vertausjärjestelmä, joka on sidottu Maahan

terrestrinen vertauskehys

fi terrestrinen vertauskehys
en terrestrial reference frame

terrestrisen vertausjärjestelmän realisaatio

vertausellipsoidi

fi vertausellipsoidi
en reference ellipsoid

Maan pinnan muotoa kuvaava pyörähdysellipsoidi

vertausjärjestelmä

fi vertausjärjestelmä
en reference system

matemaattisten ja fysikaalisten määritelmien joukko, joiden avulla sijainti on teoreettisesti kuvattavissa

vertauskehys

fi vertauskehys
en reference frame

vertausjärjestelmän realisaatio, joka toteutetaan parametrien numeroarvojen ja/tai kiintopisteiden koordinaattien avulla

5 EUREF-FIN-vertauskehys

ETRS89-vertausjärjestelmän kansallinen realisaatio Suomessa on EUREF-FIN-vertauskehys.

EUREF-FIN-vertauskehystä **pitää** käyttää kartastotöissä ja paikkatietopalveluissa.

EUREF-FIN on geodesian terminologiassa vertauskehys. Geoinformatiikan terminologiassa EUREF-FIN on geodeettinen datumi ja EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmät ovat koordinaattijärjestelmiä, joiden geodeettinen datumi on EUREF-FIN.

5.1 ETRS89-vertausjärjestelmä

Satelliittipaikannuksen myötä tarve tarkkaan globaalin terrestrisen vertausjärjestelmän realisaatioon (vertauskehukseen) on välttämätöntä. Paikannukseen tarvittavien satelliittien radat pitää esittää yhtenäisessä ja tarkassa globaalissa koordinaattien vertauskehyksessä. Tarkimmissa globaaleissa terrestrisissä vertauskehyksissä on huomioitava myös maapallon muuttuminen; mm. mannerlaattojen liike, jääkauden jälkeinen maannousu ja maanjäristykset muuttavat kiintopisteiden paikkoja.

Tämän vuoksi tarkimmat globaalien terrestristen vertausjärjestelmien, kuten *ITRS*¹:n (*Petit and Luzum, 2010*) ja *WGS84*²:n (*NIMA, 2000*), realisaatiot ovat aikariippuvaisia. Esimerkiksi *ITRS*:n realisaatioissa esitettyihin

¹ <http://itrf.ensg.ign.fr/>

² http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html

koordinaatteihin liittyy aina ajanhetki, johon koordinaatit viittaavat. Jatkuvasti muuttuvat koordinaattiarvot eivät kuitenkaan ole käytännöllisiä päivittäisessä mittaamisessa.

Kansainvälisen Geodeettisen Assosiaation (*IAG*³) eurooppalainen alakomissio (*EUREF*⁴) loi Euroopan alueelle 1990-luvulla yhtenäisen terrestriksen vertausjärjestelmän *ETRS89*⁵ (*Boucher and Altamimi, 1992*). Se yhtyy globaaliin *ITRS*-vertausjärjestelmään ajanhetkellä 1989.0 ja on sidottu Euraasian mannerlaatan pysyvään osaan. Koska *ETRS89*-järjestelmä on sidottu Euraasian mannerlaattaan, eivät järjestelmän mukaiset koordinaatit Euroopan alueella muutu merkittävästi ajan myötä mannerlaatan liikkumisen johdosta.

Euroopan komission aloitteesta organisoitiin vuonna 1999 kokous, joka suositteli *ETRS89*-järjestelmän hyväksymistä yleiseurooppalaiseksi koordinaattien vertausjärjestelmäksi (*Annoni & Luzet, 2000*). Kokous suositteli edelleen, että eri maiden kansalliset mittausviranomaiset toimittaisivat julkiseen käyttöön sellaiset siirtoparametrit sekä menetelmät, joiden avulla siirtyminen kansallisesta vertauskehuksesta *ETRS89*-järjestelmään voidaan tehdä.

Sittemmin Euroopan komissio hyväksyi direktiivin 2007/2/EY Euroopan yhteisön paikkatietoinfrastruktuurin (*INSPIRE*) perustamisesta. Direktiivin täytäntöönpanosta annettu Euroopan komission asetus 1089/2010 määrää käytettäväksi *ETRS89*-järjestelmää paikkatietojen jakelussa.

5.2 ETRS89-vertausjärjestelmän realisoiminen

ETRS89-vertausjärjestelmä realisoidaan muunnoskaavoilla ja -parametreilla *ITRS*-vertausjärjestelmän *ITRFyy*-vertauskehuksesta *ETRFyy*-vertauskehukseen. Nämä kaavat ja parametrit on julkaistu *EUREF*:n muistiossa (*Boucher & Altamimi, 2011*). Muunnoskaavat sisältävät kuusi parametria: kolme siirtoparametria (T_x , T_y , T_z) ja kolme kiertonopeusparametria ($\dot{R}_x$, $\dot{R}_y$, $\dot{R}_z$). Kiertonopeusparametrit kuvaavat Euraasian mannerlaatan liikettä globaalissa *ITRFyy*-vertauskehyksessä ja niiden avulla koordinaatit siirretään *ETRS89*:n määrittelyn mukaisesti viittaamaan ajanhetkeen 1989.0 korjaamalla aikavälillä tapahtunut Euraasian mannerlaatan (jäykkä) liike. Siirtoparametrit huomioivat eri *ITRFyy*-kehysten erot. Muunnoskaavojen avulla määritellään terrestriksen *ETRFyy*-vertauskehysten parametrit (origo, orientointi ja mittakaava) ja lopputuloksena *ETRS89*:n aikariippuvuus poistuu sekä Euraasian mannerlaatan liikkeistä aiheutuvat koordinaattimuutokset minimoituvat. Muunnos määritetään pääosin Euroopan laajuisen pysyvän GNSS-asemaverkon (*EPN*⁶) avulla. *EPN*-verkon asemien sijainnit (ja liikenopeudet) lasketaan ensin globaalissa (uusimmassa) *ITRFyy*-vertauskehyksessä, josta niiden koordinaatit muunnetaan vastaavaan *ETRFyy*-kehykseen.

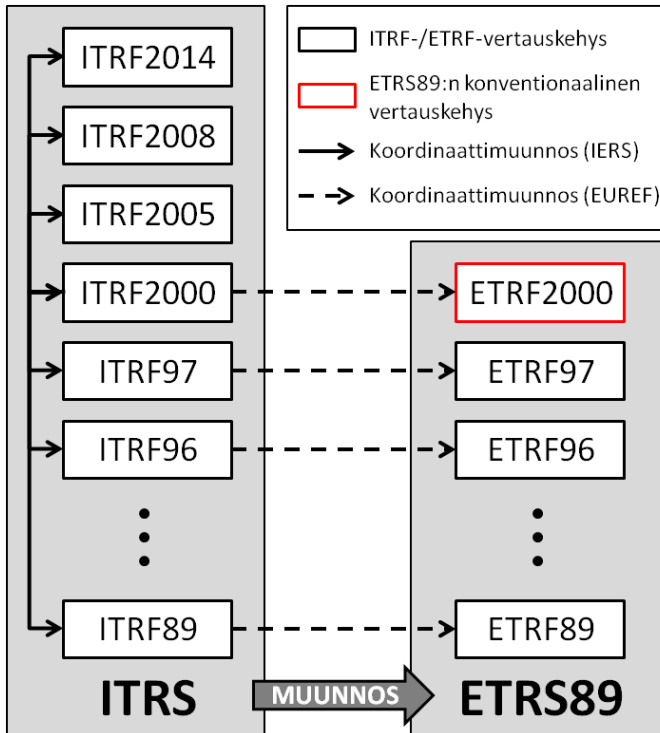
ITRF2000:een asti jokaisen uuden *ITRFyy*-realisaation yhteydessä määritettiin uudet muunnosparametrit *ETRS89*-järjestelmään, jolloin tuloksena syntyi uusi *ETRS89*-järjestelmän realisaatio (vertauskehys) *ETRFyy*, missä yy on vastaavan *ITRFyy*-realisaation tunnus. Näin saadut *ETRFyy*-kehykset poikkeavat kuitenkin hieman toisistaan johtuen *ITRFyy*-realisaatioiden eroista. Sen vuoksi *EUREF*-komissio päätyi vuoden 2010 päätöslauselmissaan suosittelemaan *ETRS89*:n konventionaaliseksi vertauskehyyksi *ETRF2000*:tta, jotta eri *ETRFyy*-kehysten erot pysyisivät mahdollisimman pieninä. Niinpä *ITRF2005*:stä alkaen muunnospolku kulkee *ITRF2000*:n kautta *ETRF2000*:een. Näin saatua koordinaattilistaa *EUREF*:n tekninen työryhmä suosittelee kutsumaan nimellä *ETRF2000(Ryy)*, missä loppupääte Ryy viittaa *ITRFyy*-ratkaisuun josta kyseinen koordinaattilista on tuotettu. *ETRF2000(Ryy)*-ratkaisulla on *ETRF2000*:n mukainen origo, akselien suunnat ja mittakaava, mutta se silti hyödyntää uusien *ITRFyy*-kehysten tarkkuuden. Samalla tavalla voidaan siirtyä mistä tahansa *ITRFyy*:stä kaksivaiheisella muunnoksella myös muihin *ETRFyy*-kehyyksiin. *ITRS*:n ja *ETRS89*:n realisaatioiden väliset yhteydet on esitetty kuvassa 1.

³ <http://www.iag-aig.org/>

⁴ <http://www.euref.eu/>

⁵ <http://etrs89.ensg.ign.fr/>

⁶ <http://epncb.oma.be/>



Kuva 1. ETRS89-järjestelmän realisoiminen ITRFyy-vertauskehysten avulla.

5.2.1 ETRS89-vertausjärjestelmän realisaatio Suomessa

Suomeen ETRS89-järjestelmä realisoitiin 1990-luvun loppupuolella tehtyjen GPS-mittausten avulla.

Mittausten lähtöpisteinä käytettiin pysyvän FinnRef-verkon 12 GPS-asemaa, jotka puolestaan liitettiin Euroopan pysyvien GNSS-asemien EPN-verkkoon. ETRS89:n realisoimiseksi FinnRef-verkkoon liitettiin vuosina 1996–97 tehtyjen GPS-mittausten avulla 100 kiintopistettä. Nämä kiintopisteet olivat pääsääntöisesti KKK:n ensimmäisen luokan kolmiopisteitä. Mittausten perusteella verkolle saatiin koordinaatit globaalissa ITRF96-vertauskehyksessä havaintojen keskihetkelle 1997.0. Nämä koordinaatit muunnettiin ETRS89:ään seuraavia, EUREF-komission suosituksen mukaisia kaavoja käyttäen (*Boucher and Altamimi, 1995*):

$$\mathbf{X}_{\text{ETRFyy}}(t_c) = \mathbf{X}_{\text{ITRFyy}}(t_c) + \mathbf{T}_{\text{yy}} + \begin{bmatrix} 0 & -\dot{R}_{3\text{yy}} & \dot{R}_{2\text{yy}} \\ \dot{R}_{3\text{yy}} & 0 & -\dot{R}_{1\text{yy}} \\ -\dot{R}_{2\text{yy}} & \dot{R}_{1\text{yy}} & 0 \end{bmatrix} \cdot \mathbf{X}_{\text{ITRFyy}}(t_c) \cdot (t_c - 1989.0)$$

missä siirtoparametrille käytettiin seuraavia arvoja:

$$\begin{cases} Tx_{96} = 4.1\text{cm} \\ Ty_{96} = 4.1\text{cm} \\ Tz_{96} = -4.9\text{cm} \end{cases} \begin{cases} \dot{R}_{196} = 0.20 \text{ [0.001"/v]} \\ \dot{R}_{296} = 0.50 \text{ [0.001"/v]} \\ \dot{R}_{396} = -0.65 \text{ [0.001"/v]} \end{cases}$$

Tuloksena saatiin verkon pisteille ETRF96-koordinaatit. EUREF-komissio hyväksyi Prahassa 1999 pitämässään kokouksessa tällä tavoin ratkaistusta verkosta 19 pistettä viralliseksi EUREF-pisteverkon täydennykseksi (*Gubler et al., 1999*).

On huomattava, että ratkaisun tuloksena olevien ETRF96-koordinaattien epookki on havaintojen keskihetki eli 1997.0. Edellä olevat kaavat siirtävät ITRF96-koordinaatit *ETRS89*-järjestelmän määritelmän mukaisesti vuoteen 1989, mutta kaavat huomioivat vain Euraasian mannerlaatan jäykän liikkeen ja esimerkiksi Pohjoismaissa tapahtuvan maankohoamisen osalta koordinaatit jäävät havaintohetken epookkiin.

Vaikka mannerlaatan sisäiset liikkeet muuttavatkin kiintopisteiden paikkoja vertauskehyksessä, EUREF-komissio ei suosittele tästä johtuvien koordinaattimuutosten redukoimista mittaushetken epookista *ETRS89*-järjestelmän perusepookkiin 1989.0 tai muuhun ajanhetkeen. Niinpä kansallisen *ETRS89*:n realisaation tuloksena saadut koordinaatit poikkeavat useita senttimetrejä esimerkiksi ensimmäisen, vuonna 1989 tehdyn EUREF89-mittauksen tuloksista. Koska eri ratkaisujen lopputuloksena olevat koordinaatit poikkeavat toisistaan, uudelle ratkaisulle annettiin nimeksi *EUREF-FIN*. Liitteessä 1 annetaan kaikkien *EUREF-FIN*-nimellä kutsutun, Suomen *ETRS89*-järjestelmän realisoinnin yhteydessä mitattujen ja ratkaistujen pisteiden koordinaatit. (*Ollikainen et al., 2000; Häkli et al., 2009*).

EUREF-FIN-vertauskehyksen kiintopisteiden luokittelu on esitetty *JHS 184:n* luvussa 5 (EUREF-FIN-kiintopisteet ja niiden luokittelu).

5.3 Sijainnin esittäminen EUREF-FIN-vertauskehyksessä

Sijainti esitetään määritellyn vertauskehyksen mukaisten koordinaattien avulla. *EUREF-FIN* on kolmiulotteinen vertauskehys ja sen mukaiset koordinaatit esitetään joko suorakulmaisina 3D-koordinaatteina (X, Y, Z) tai geodeettisina koordinaatteina (geodeettinen leveys φ , geodeettinen pituus λ ja ellipsoidinen korkeus h).

Suorakulmaisten koordinaattien yksikkö on metri. Vastaavasti geodeettinen leveys ja pituus esitetään kulmayksiköinä ja ellipsoidinen korkeus metreinä.

EUREF-FIN:in mukaiset geodeettiset koordinaatit perustuvat GRS80-vertausellipsoidiin (*Moritz, 2000*). Vertausellipsoidi sijoitetaan kolmiulotteiseen suorakulmaiseen vertauskehukseen siten, että ellipsoidin keskipiste yhtyy vertauskehyksen origoon, pyörähdysakseli Z -akseliin ja suorakulmaisen vertauskehyksen positiivinen X -akseli kulkee pisteen ($\varphi = 0, \lambda = 0$) kautta.

Laskentakaavat

Symbolit

φ	geodeettinen leveys
λ	geodeettinen pituus
h	korkeus ellipsoidista
X, Y, Z	3D-suorakulmaiset koordinaatit
N	ellipsoidin poikittaiskaarevuussäde
e	ellipsoidin ensimmäinen eksentrisyys
a	ellipsoidin isoakselin puolikas
f	ellipsoidin litistyssuhde

5.3.1 Suorakulmaisista geodeettisiin koordinaatteihin

Kolmiulotteiset suorakulmaiset koordinaatit (X, Y, Z) konvertoidaan geodeettisiksi koordinaateiksi (φ, λ, h) seuraavalla menetelmällä:

$$\lambda = \arctan \frac{Y}{X}$$

Jos X on positiivinen, $|\lambda| < 90^\circ$; jos X on negatiivinen, $|\lambda| > 90^\circ$.

Leveyden ensimmäinen likiarvo lasketaan kaavasta,

$$\varphi_0 = \arctan \frac{Z}{(1-e^2)(X^2+Y^2)^{1/2}}$$

jota käyttäen ratkaistaan φ ja h iteroimalla seuraavien kaavojen avulla:

$$N_i = a(1-e^2 \sin^2 \varphi_{i-1})^{-1/2}$$

$$\begin{cases} h_i = \frac{(X^2+Y^2)^{1/2}}{\cos \varphi_{i-1}} - N_i, & \text{kun } |\varphi_0| < 45^\circ \text{ ja} \\ h_i = \frac{Z}{\sin \varphi_{i-1}} - (1-e^2)N_i, & \text{kun } |\varphi_0| \geq 45^\circ \end{cases}$$

$$\varphi_i = \arctan \left[\frac{Z}{(X^2+Y^2)^{1/2}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{e^2 N_i}{N_i + h_i}} \right]$$

Iterointia jatketaan, kunnes φ_i ja h_i eivät enää merkittävästi muutu iteroinnin seurauksena. Useimmiten muutama iterointikierrös riittää.

5.3.2 Geodeettisista suorakulmaisiin koordinaatteihin

Geodeettiset koordinaatit (φ, λ, h) lasketaan kolmiulotteisiksi suorakulmaisiksi koordinaateiksi (X, Y, Z) seuraavien kaavojen avulla:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [N+h] \cos \varphi \cos \lambda \\ [N+h] \cos \varphi \sin \lambda \\ [N(1-e^2)+h] \sin \varphi \end{bmatrix}$$

missä N on ellipsoidin poikittaiskaarevuussäde

$$N = a(1-e^2 \sin^2 \varphi)^{-1/2}$$

ja e ellipsoidin ensimmäinen eksentrisyys

$$e = (2f - f^2)^{1/2}$$

6 Opastavat tiedot

Tätä suositusta ylläpitää Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta JUHTA, puh. 0295 16001, sähköposti: jhs-sihteeeri@jhs-suositukset.fi.

JHS-järjestelmän verkkosivut: <http://www.jhs-suositukset.fi>

Lisätietoja suosituksesta antaa Maanmittauslaitos.

6.1 Kirjallisuusviitteet ja muut viittaukset

Annoni, A. ja C. Luzet (Eds.), 2000. Spatial Reference Systems for Europe. A joint initiative of Megrin and the Space Applications Institute. Workshop, Proceedings & Recommendations, Marne – La Vallée, 29–30 November '99. European Commission, Joint Research Centre. EUR 19575 EN. Saatavissa <http://www.ec-gis.org/reports/spatialref.pdf>

Boucher, C. ja Z. Altamimi, 2011. Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign. Version 8: 18-05-2011. Saatavissa: <http://etrs89.ensg.ign.fr> - <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo-V8.pdf>

Boucher, C. ja Z. Altamimi (1992). The EUREF Terrestrial Reference System and its First Realization. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for the European Reference Frame (EUREF) held in Florence 28–31 May 1990. Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Heft 52. München

Gubler E., H. Hornik ja J. Torres (Toim.), 1999. Resolutions of the EUREF Symposium in Prague, 2–5 June, 1999. pp. 252–253. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF) held in Prague, 2–5 June 1999. International Association of Geodesy / Section I – Positioning; Subcommission for Europe (EUREF), Publication No. 8. Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung, No. 60, München 1999; ISBN 3 3 7696 9622 0.

Häkli, P., Puupponen, J. Koivula, H. ja Poutanen, M. 2009. Suomen geodeettiset koordinaatistot ja niiden väliset muunnokset. Geodeettisen laitoksen tiedote 30.

Petit, G. and Luzum, B. (eds.), 2010. IERS Conventions (2010), IERS Technical Note; 36, Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, 2010. 179 pp., ISBN 3-89888-989-6

Moritz, H., 2000. Geodetic Reference System 1980. Journal of Geodesy, 74:1, March 2000. Saatavissa myös: http://www.gfy.ku.dk/~iag/HB2000/part4/grs80_corr.htm

NIMA, 2000. Department of Defense World Geodetic System 1984 – Its Definition and Relationship with Local Geodetic Systems. National Imagery and Mapping Agency (NIMA). Technical Report 8350.2, 3rd Edition 2000. http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html

Ollikainen, M., Koivula, H. ja Poutanen, M. 2000. The densification of the EUREF network in Finland. Suomen Geodeettisen laitoksen julkaisuja N:o 129. Kirkkonummi.

Ollikainen, M., Koivula, H. ja Poutanen, M. 2001. EUREF-FIN-koordinaatisto ja EUREF-pistetihennykset Suomessa. Geodeettisen laitoksen tiedote 24. Kirkkonummi.

Sanastokeskus TSK, 2014. Geoinformatiikan sanasto, 3. laitos. TSK 45.

7 Liitteet

Liite 1: Pisteet, jotka määrittelevät EUREF-FIN-vertauskehiksen