

L'impatto dell'aggiornamento del sistema geodetico nazionale

Impact of the updating of the National geodetic reference frame

STEFANO GANDOLFI

Università di Bologna – stefano.gandolfi@unibo.it

Riassunto

A partire da un inquadramento storico sull'evoluzione del sistema geodetico nazionale, la presente nota intende valutare i vantaggi, le possibilità e le criticità derivanti da una gestione del dato territoriale che consideri in modo più pregnante il sistema di riferimento e l'epoca della misura a esso associata. Tale nuovo scenario è di fatto possibile dal momento in cui si è passati, nel 2012, al nuovo sistema geodetico nazionale materializzato sul territorio nazionale con l'istituzione di una rete geodetica attiva costituita da sistemi GNSS, la Rete Dinamica Nazionale. Nella nota si evidenziano vantaggi e criticità legati a sistemi di posizionamento sempre più accurati e precisi che superano di fatto i classici posizionamenti relativi e che se da un lato costituivano una perdita di efficienza e precisione dall'altro permettevano una gestione più semplificata di problemi legati alla gestione del rilievo topografico.

Parole chiave

Sistema di Riferimento, GNSS, NRTK, ITRS, ETRS, Rete Dinamica Nazionale

Abstract

Starting from an overview on the evolution of the official Italian geodetic reference frame, the paper would like to evaluate advantages and criticalities related to the possibility to manage the territorial data considering also the reference frame and epoch as a part of the data. This new scenario is now possible because in 2012 the national reference frame has been materialized by mean of a GNSS permanent network called Rete Dinamica Nazionale (RDN). In this paper different aspects related to the Networks for Real Time Kinematics (NRTK) that permit a very accurate and precise positioning into the reference frame defined by the GNSS network will be focus.

Keywords

Reference Frame, GNSS, NRTK, ITRS, ETRS, Rete Dinamica Nazionale

Introduzione

La definizione di un sistema di riferimento costituisce il punto di partenza fondamentale qualora si voglia definire in modo univoco e corretto la posizione di una qualsiasi entità collocata sul territorio. Esistono differenti tipologie di sistemi di riferimento che permettono il posizionamento di oggetti sul territorio a partire da sistemi di riferimento locali, la cui definizione e validità è strettamente legata all'ambito nel quale si opera fino a sistemi di riferimento globali, che si pongono come base comune per consentire a comunità più allargate di interagire integrando e/o condividendo informazioni geografiche di varia natura.

Il sistema di riferimento è quindi da considerarsi come un aspetto primario di base per chiunque si trovi nella necessità di rilevare, rappresentare e gestire il territorio.

Il Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 10 novembre 2011 dal titolo "Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale" (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 – Supplemento ordinario n. 37) indica nell'articolo 3 che *"a decorrere dalla data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana del presente decreto, il Sistema di riferimento geodetico nazionale adottato dalle amministrazioni italiane è costituito dalla realizzazione ETRF2000 – all'epoca 2008.0 – del Sistema di riferimento geodetico europeo ETRS89, ottenuta nell'anno 2009 dall'Istituto Geografico Militare, mediante l'individuazione delle stazioni permanenti, l'acquisizione dei dati e il calcolo della Rete Dinamica Nazionale."*

Il presente lavoro intende approfondire alcuni aspetti teorici e operativi legati all'adozione di un nuovo sistema di riferimento a partire dall'evoluzione che il sistema geodetico nazionale ha avuto dal 1912, anno in cui si realizzò la prima rete trigonometrica nazionale, ad oggi. Si valuteranno quali sono state le principali cause che hanno portato nell'arco di 100 anni ad aggiornare diverse volte il sistema geodetico e si evidenzieranno le criticità legate all'aggiornamento di un sistema di riferimento.

In questa nota non verranno considerati gli aspetti legati alle quote ma solo aspetti di natura planimetrica e di geolocalizzazione di punti.

1. Sistemi geodetici in Italia: dal Roma'40 all'ETRS89

Dal 1940 ad oggi in Italia si sono susseguiti differenti sistemi geodetici di riferimento: Roma40, ETRS89-ETRF89, ETRS89-ETRF2000 (epoca 2008.0). Tali aggiornamenti sono sostanzialmente legati all'evoluzione delle tecniche di rilievo passando dal teodolite, ai sistemi di posizionamento satellitari.

Il sistema geodetico Roma40, sancito a metà degli anni '40, fu definito a partire dall'ellissoide Internazionale di Hayford mediante alcuni vincoli che consentivano una collocazione univoca di tale figura geometrica rispetto alla superficie fisica. La rete di triangolazione nazionale costituiva la materializzazione del sistema geodetico Roma40 attribuendo a ciascun punto fisico sul territorio, e su cui era possibile collocare una strumentazione topografica, coordinate espresse rispetto ad un sistema curvilineo ortogonale (Figura 1a). Questo sistema geodetico ha costituito la base per la cartografia e per la determinazione di punti incogniti sul territorio fino al 2012 e tuttora non si può dire sia del tutto abbandonato. In quel sistema di riferimento, le coordinate di un punto collocato sul territorio nazionale (non soggetto a particolari criticità) erano da ritenersi stabili. A partire dal sistema geodetico Roma40 fu sviluppata la proiezione Cartografica Gauss-Boaga e dunque a ciascun punto della rete poteva essere associata sia una coordinata geografica Roma40 che una coordinata cartografica (Gauss-Boaga).

Nei primi anni '90 l'Istituto Geografico Militare aggiornò l'infrastruttura geodetica nazionale introducendo anche un nuovo Datum Geodetico: l'ETRS89. La rete Geodetica nazionale venne aggiornata e integrata e rinominata in rete IGM95. La ragione principale di questo aggiornamento era attribuibile ai grandi benefici che una tecnica, allora moderna, di geodesia spaziale poteva portare a tutte le applicazioni territoriali: il sistema GPS. La rimisura completa della rete richiese anni di lavoro. Con questa nuova rideterminazione non si sancì il passaggio ad un nuovo sistema geodetico ma il nuovo sistema affiancò il precedente (Figura 1b).

FIGURA 1a – Rete geodetica nazionale del 1° ordine IGM83
Fonte: IGMI

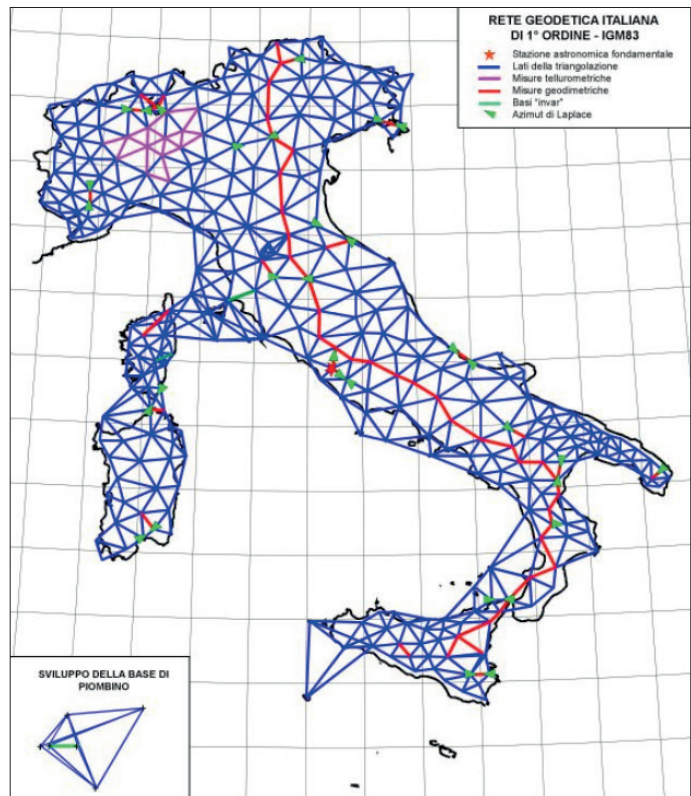
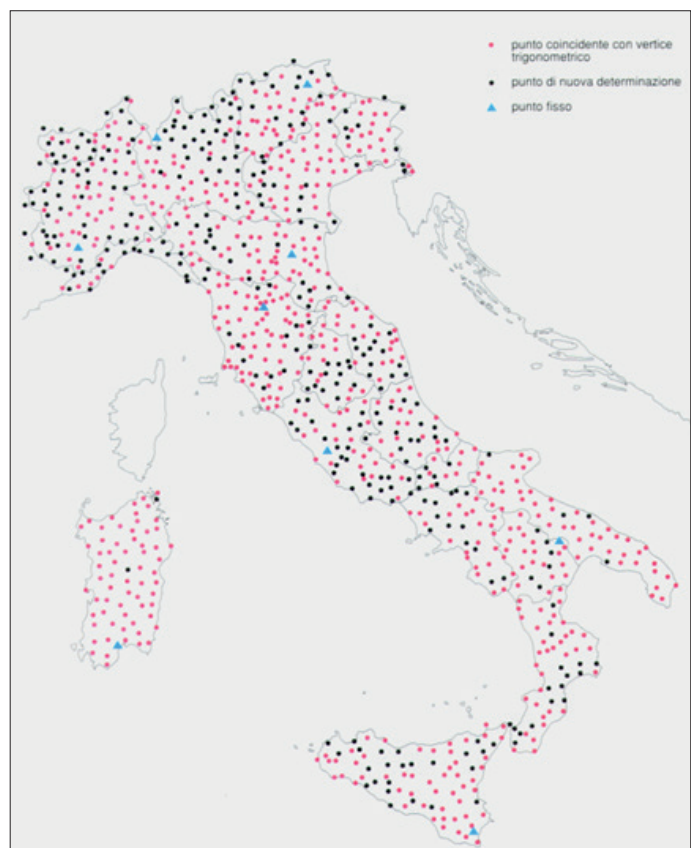


FIGURA 1b – Rete geodetica IGM95
Fonte: IGMI



2. L'evoluzione dei sistemi di posizionamento GNSS: dall'RTK ai servizi di posizionamento per il tempo reale

Parallelamente agli aggiornamenti delle infrastrutture geodetiche, attraverso il passaggio dalla rete trigonometrica fondamentale alla rete IGM95, anche i sistemi GPS si sono evoluti consentendo il raggiungimento di precisioni sempre più alte con tempi di stazionamento sempre più brevi. Le ragioni di questa evoluzione possono essere attribuibili a diversi fattori tra cui il miglioramento nella capacità di stimare i parametri ancillari necessari per il posizionamento (orbite, parametri atmosferici etc.), la nascita di nuove costellazioni (principalmente quella GLONASS¹) e lo sviluppo di tecnologie e metodi per il posizionamento di precisione in tempo reale (RTK² e NRTK³). Quest'ultima in particolare ha costituito una svolta epocale soprattutto per tutte le applicazioni di natura tecnica.

Quando le condizioni operative lo consentono, l'approccio differenziato in tempo reale, noto con l'acronimo RTK, costituisce uno strumento particolarmente efficace. Tale tecnica si basa sulla ricezione in tempo reale da parte di un ricevitore geodetico (*Rover*) delle osservazioni di fase provenienti da una stazione GNSS⁴ posta in acquisizione su un sito a coordinate note (*Master*). In realtà un qualsiasi ricevitore posto nell'intorno di una decina di chilometri dalla stazione Master, se è nelle condizioni di ricevere tali informazioni e avere una buona visibilità della costellazione, può stimare la propria posizione con accuratezza di qualche centimetro e nello stesso sistema di riferimento della stazione Master (Barbarella *et al.*, 2003, Gandolfi 2003). Questo metodo di posizionamento ha certamente permesso una grande diffusione dei sistemi di posizionamento in ambito tecnico in quanto non richiedeva elaborazioni a posteriori, aumentando di fatto l'efficienza e abbattendo di conseguenza i costi del rilievo. L'RTK però aveva un limite fisiologico. Affinché un operatore potesse eseguire un rilievo in tempo reale era necessario che un secondo ricevitore (e relativo ope-

ratore) occupasse un sito a coordinate note per l'intero lasso di tempo del rilievo. Da questo limite nel 2003 anche in Italia si iniziò a diffondere un nuovo metodo di rilievo non più basato sul concetto "baseline" tra Master e Rover ma sul concetto di "rete".

In termini molto semplificati, l'idea che si sviluppò rapidamente fu quella di realizzare una infrastruttura geodetica attiva basata su una rete di stazioni GNSS permanenti capace di erogare correzioni differenziali a chiunque si trovasse all'interno dell'area coperta dalla rete. La nascita di queste reti di stazioni permanenti per il posizionamento di precisione in tempo reale (NRTK) ha costituito una grande innovazione tecnologica in quanto con tale infrastruttura si poteva aumentare in modo significativo la produttività di ogni operatore dal momento che non era più necessario immobilizzare una stazione come riferimento raggiungendo comunque la precisione dell'RTK (Barbarella *et al.*, 2006, Barbarella *et al.*, 2007, Biagi *et al.*, 2007). Un singolo operatore, dotato di una strumentazione completa per i rilievi RTK era quindi nella condizione di poter utilizzare il proprio ricevitore autonomamente. D'altra parte però perdendo la possibilità di configurare la stazione di riferimento alle proprie esigenze, le coordinate nelle quali si stimavano le coordinate dei punti rilevati erano nel sistema di riferimento definito da chi gestiva il servizio di posizionamento in tempo reale. Questa particolarità deve essere considerata in generale positiva in quanto tutti gli utilizzatori dello stesso servizio ottenevano i propri rilievi nello stesso sistema di riferimento ma può costituire un aspetto delicato. Con questa ultima innovazione anche le reti classiche non furono più così fondamentali (se non per un utilizzo mediante strumentazione topografica classica o per rilievi in post-processing) in quanto era la rete di stazioni GNSS permanenti a "definire" il sistema di riferimento.

In Italia, tali reti si sono diffuse in modo non coordinato e attualmente sono presenti diverse realtà che coesistono. Esistono alcune ditte private che hanno realizzato reti a copertura quasi nazionale e associazioni, enti locali e società private che hanno realizzato reti prevalentemente ad estensione Regionale. Nonostante la scarsa sinergia e organizzazione attualmente il territorio italiano e quasi interamente coperto da servizi di questa natura.

1 Sistema di Posizionamento Globale Russo

2 RTK: Real Time Kinematic

3 NRTK: Network for Real time Kinematic

4 GNSS: Global Navigation Satellite Systems

3. L'aggiornamento del sistema di riferimento nazionale e dell'infrastruttura geodetica che lo realizza

A seguito di questo nuovo scenario anche IGM ha definito una Rete Geodetica dal nome Rete Dinamica Nazionale (RDN) basata su Stazioni GNSS permanenti (Figura 2). Tale rete, realizzata selezionando stazioni permanenti presenti sul territorio italiano, costituisce una nuova materializzazione "attiva" del sistema di riferimento nazionale che integra la rete preesistente, statica e passiva, e si configura formalmente come raffittimento della rete EPN⁵. Tale rete nasce anche come elemento di riferimento per un qualsiasi rilievo realizzato mediante tecnologia GNSS e in particolare costituisce la rete fondamentale per un corretto inquadramento di tutte le reti per il posizionamento di precisione in tempo reale.

Con l'adozione di tale rete come infrastruttura di riferimento è stato aggiornato anche il sistema geodetico (ETRS89 – ETRF2000 – epoca 2008.0). Si noti come in realtà il sistema di riferimento sia rimasto lo stesso definito con la rete IGM95 e solo la sua realizzazione è stata aggiornata. Ovviamente a questo aggiornamento sia dell'infrastruttura principale di riferimento sia del frame di riferimento sono seguite anche azioni di riallineamento dell'intera infrastruttura geodetica passiva preesistente (la rete IGM95).

4. Relazione tra rete geodetica nazionale e sistema di riferimento

Come anticipato precedentemente il passaggio dal sistema geodetico Roma40 al sistema ETRS89 è stato sostanzialmente imposto dalla grande diffusione delle tecnologie GNSS. Ovviamente il sistema di riferimento Roma40 fu costruito per rilievi con strumentazioni classiche (teodoliti e distanziometri, nonché per la parte altimetrica livelli) che per loro natura consentono misure di angoli e distanze indipendentemente dal sistema di riferimento utilizzato.

Con l'avvento del sistema GPS per la prima volta a livello mondiale ci si pose il problema concreto di

FIGURA 2 – Rete Dinamica Nazionale



Fonte: IGM

un unico sistema di riferimento globale (WGS84⁶). Tale sistema di riferimento, nel giro di una decina d'anni venne abbandonato da chi si occupava di rilievi di precisione per adottare un nuovo sistema di riferimento denominato International Terrestrial Reference System (ITRS) frutto della combinazione delle soluzioni ottenute da più tecniche di geodesia spaziale (GPS, VLBI, SLR, Doris). La materializzazione di tale sistema di riferimento era costituita da quelle stazioni che lo determinarono e che anche tutt'ora continuano a mantenerlo. Tale gruppo di stazioni costituiscono l'*International Terrestrial Reference Frame*. Per ognuno dei punti di questa rete venne quindi associata una terna di coordinate e tre parametri di velocità (con matrici di varianza/cova-

⁵ EPN: Euref Permanent Network

⁶ WGS84: World Geodetic System 1984

rianza) e per la prima volta venne definito un sistema di riferimento dinamico. D'altra parte avere un unico sistema di riferimento globale stabile comporta il fatto che le coordinate di un qualsiasi punto appartenente ad una placca siano caratterizzate da una instabilità dovuta anche al movimento di placca oltre a eventuali

fenomeni locali. In Figura 3 vengono mostrati i vettori di velocità media per i vertici della rete globale IGS nel sistema di riferimento ITRF2008. Per l'Italia, le velocità medie delle stazioni permanenti della Rete Dinamica Nazionale nel sistema ITRS sono di circa 2.5 cm/anno in direzione NE (Figura 4).

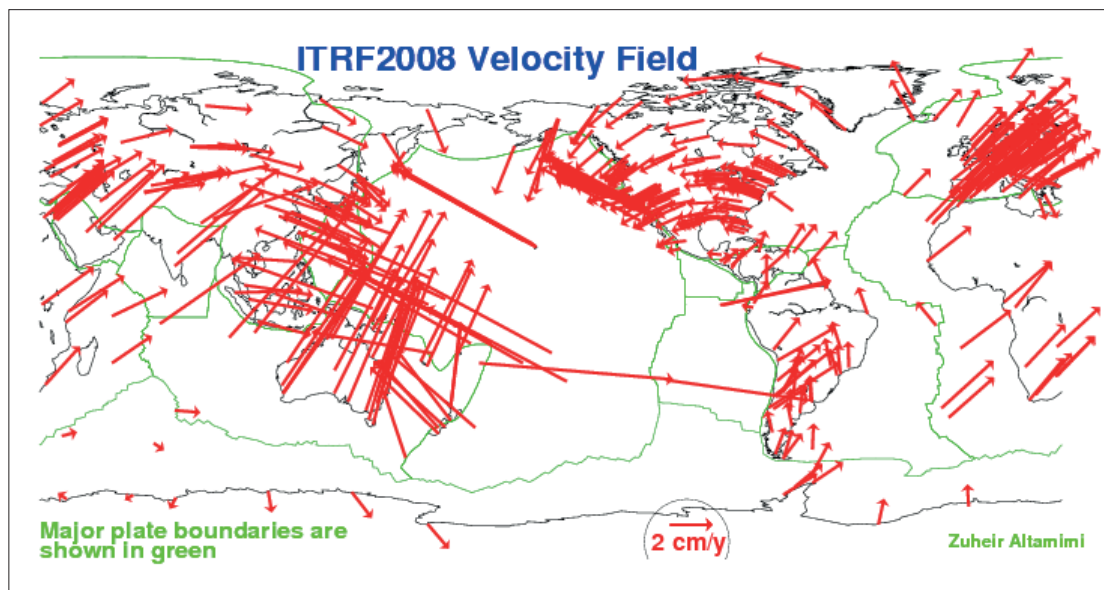


FIGURA 3
Vettori di velocità nel sistema ITRF2008
FONTE: http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2008/ITRF2008.php

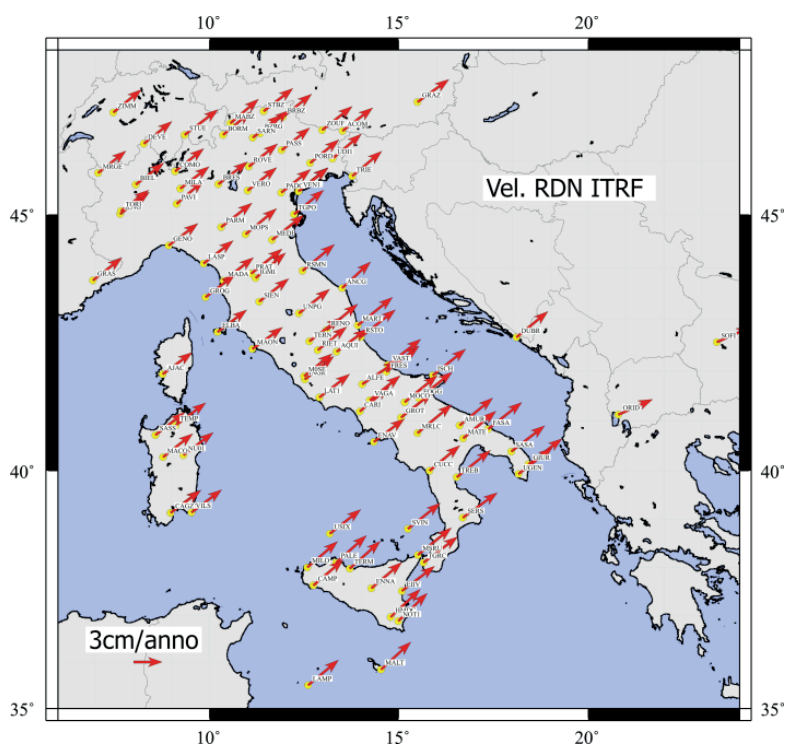


FIGURA 4 – Velocità medie delle stazioni della rete RDN nel sistema di riferimento ITRS

Disporre di coordinate con questo livello di variabilità costitutiva, e costituisce tutt'ora, una complicazione inutile per la maggior parte delle applicazioni. Questa complicazione è però imprescindibile se si considera l'utilizzo di tecniche di geodesia spaziale e comunque utile per la comprensione di certi fenomeni a livello globale. Ovviamente la soluzione più semplice, adottata ad esempio in Europa, verteva sulla possibilità di modellizzare il moto medio di placca (ad esempio mediante la stima di un polo di rotazione euleriano) e ridefinire

un sistema di riferimento "intra-placca" a partire dal sistema di riferimento globale.

L'ETRS89 costituisce il sistema di riferimento intra-placca per l'Eurasia dove è stato quindi rimosso il moto medio della placca euroasiatica. Fu realizzato utilizzando tutti i punti della rete globale appartenenti alla "zona stabile dell'Eurasia". Il passaggio da ITRFyy a ETRFyy (comprendendo con tale acronimo le varie realizzazioni) può avvenire in diversi modi ma a livello istituzionale è consuetudine utilizzare parametri di trasformazione di

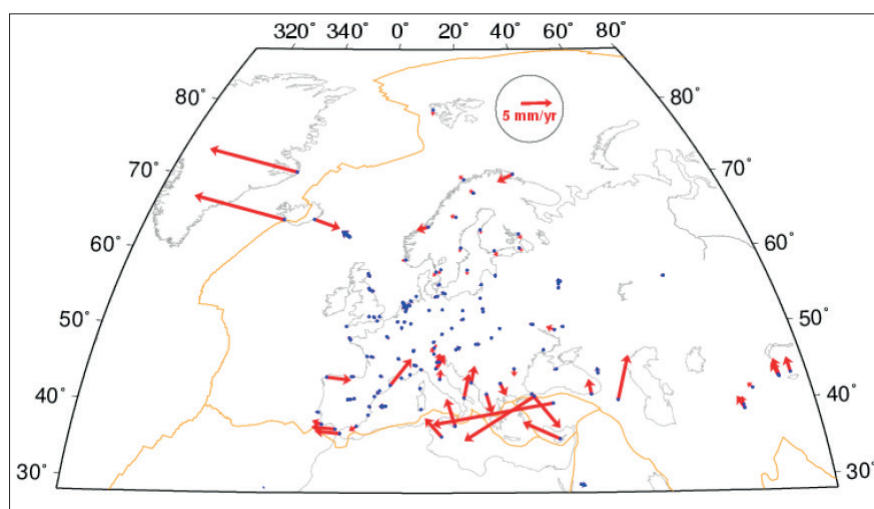


FIGURA 5 – Velocità medie nella zona dell'Eurasia rispetto al sistema di riferimento ETRS89
 FONTE: Altamimi, 2012

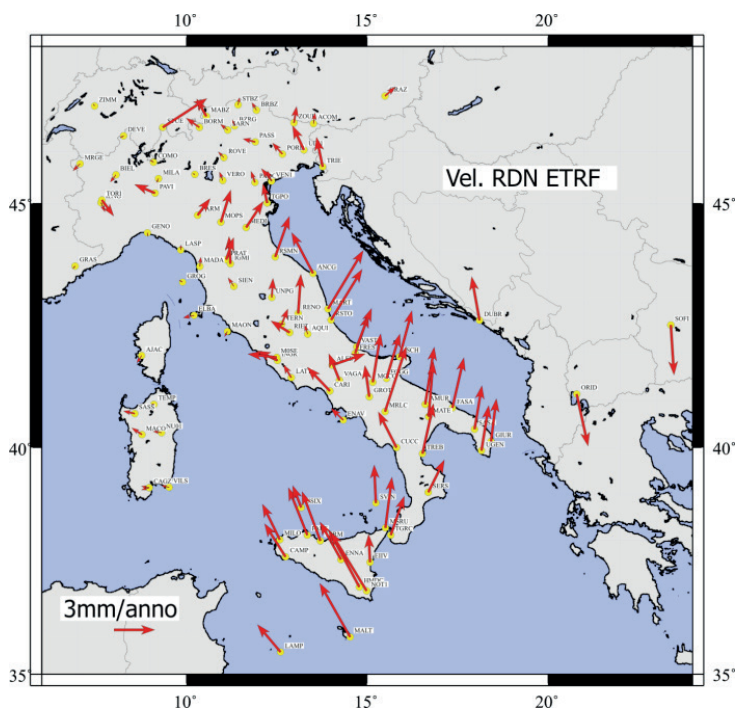


FIGURA 6 – Velocità residue della rete RDN nel sistema ETRS89

FIGURA 7 – Ricostruzione dei limiti delle principali placche tettoniche tra l'Eurasia e l'Africa
 FONTE: Grünthal *et al.* 2004



similitudine ufficiali pubblicati sul portale di EUREF⁷. L'applicazione di tali parametri porta ad avere, nel sistema di riferimento ETRS89, velocità residue molto inferiori a quelle del sistema ITRS ma con alcune distinzioni. Per la parte stabile dell'Eurasia infatti le velocità residue sono realmente minime se non trascurabili, in altre aree e in particolare nella Fennoscandia, in Italia e in Grecia (che a livello tettonico non sono interamente appartenenti all'Eurasia), seppur le velocità residue si siano abbassate sensibilmente, rimangono comunque apprezzabili (Figura 5).

In figura 6 si riportano le velocità residue della rete RDN nel sistema di riferimento ETRS89 e in figura 7 una ricostruzione della zona di separazione tra la placca euroasiatica e quella africana. Mettendo in relazione i risultati mostrati in figura 6 con la figura 7 risulta evidente la ragione di un comportamento differente della zona nord dell'Italia rispetto alla zona sud. In particolare la costa adriatica e mostra velocità residue in direzione NE che raggiungono fino i 5mm/anno e la Sicilia invece presenta velocità residue di 4mm/anno in direzione N-NO. Da quanto mostrato risulta evidente come per la definizione del nuovo sistema di riferimento nazionale

le coordinate dei punti si siano dovute riferire ad una particolare epoca 2008.0.

5. Considerazioni sulla situazione attuale

Da quanto detto finora la situazione concretizzatasi recentemente riallinea l'Italia con gli standard internazionali mediante una infrastruttura geodetica realizzata e materializzata dalla Rete Dinamica Nazionale e che costituisce un raffittimento di classe B della rete europea EPN. Si noti però che ufficialmente per l'Italia il sistema di riferimento è ETRS89-ETRF2000 definito all'epoca 2008.0 e dunque l'utilizzo di RDN non è di fatto obbligatorio. Certamente quando la rete RDN sarà allineata anche a livello operativo con gli standard internazionali allora costituirà un supporto utile per l'inquadramento di un qualsiasi rilievo o di una qualsiasi rete geodetica basata su tecnologia GNSS e proprio per questo l'Istituto Geografico Militare sta muovendosi affinché questo obiettivo si possa raggiungere in tempi brevi. Attualmente il quadro non è ancora completo e il pieno utilizzo della rete è relativamente complicato.

D'altra parte la tecnologia è in continuo sviluppo e non è difficile pensare con il tempo si disporrà di stru-

⁷ http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coord_trans/

menti sempre più precisi e accurati anche senza l'ausilio di vertici a coordinate note. Il concetto di "base GPS" non è già da oggi così sempre così ben definibile. Approcci quali il Precise Point Positioning (PPP) o le reti NRTK consentono posizionamenti con precisione centimetrica senza che vengano di fatto realizzate "basi GNSS" (Gandolfi *et al.*, 2005; Gandolfi 2009). Queste tecnologie consentono una precisione centimetrica rispetto ad un sistema di riferimento che per il PPP è quello definito dalle orbite satellitari (attualmente IGB08) mentre per le reti NRTK quello definito da chi eroga il servizio. Tale aspetto, se accoppiato con i continui sviluppi e aggiornamenti sia delle infrastrutture geodetiche che dei sistemi di riferimento porterà a un quadro relativamente complicato. Le coordinate di uno stesso punto infatti saranno destinate a cambiare per principalmente due ragioni: il cambiamento del sistema di riferimento e gli effetti di natura geodinamica (particolarmente evidenti nel sistema ITRS e decisamente inferiori ma comunque presenti anche nel sistema ETRS). Le coordinate di un punto cambieranno a prescindere dal fatto che il punto si sia realmente spostato o meglio spostato in modo relativo rispetto a punti collocati nelle sue vicinanze.

Al fine di poter gestire rilievi condotti in anni differenti sarà quindi sempre più necessario associare alle coordinate dei punti di stazione sia il sistema di riferimento che l'epoca nella quale è avvenuto il rilievo. La quarta dimensione "dovrà entrare" nel rilievo come parametro non ancillare ma come parte integrante al rilievo in modo tale da poter consentire una eventuale omogeneizzazione rilievi condotti in momenti diversi. Ovviamente tale aspetto è fondamentale se si lavora nel sistema geodetico internazionale e, almeno attualmente, un po' meno pregnante se si opera sul sistema Europeo o Nazionale per via delle velocità residue dell'ordine di qualche mm/anno. D'altra parte se l'ordine di grandezza di pochi millimetri all'anno sulle velocità residue sembra un problema più accademico che pratico (e forse attualmente lo è ancora), in realtà non è difficile immaginare che in futuro possano nascere esigenze e/o applicazioni dove quell'ordine di grandezza diventi importante. Se così fosse allora l'epoca della misura diverrebbe importante anche quando i rilievi sono riferiti, o riportati, a sistemi di riferimento intraplaça come l'ETRS89. Viceversa se non si andasse in questa direzione

allora si dovrebbe procedere, con cadenza che sarà dipendente dall'esigenza di precisione richiesta, ad un aggiornamento delle coordinate del sistema di riferimento e ad un conseguente riallineamento di tutti i prodotti relativi. Inoltre dovrebbero essere resi disponibili i parametri di trasformazione per riportare un rilievo condotto ad una determinata epoca all'epoca di interesse.

Nello scenario che si delineerebbe associando ad un qualsiasi rilievo le coordinate, l'errore sulla misura, il sistema di riferimento e l'epoca della misura, tutti gli aspetti di migrazione e aggiornamento cartografico sarebbero parte integrante di un processo di gestione del dato territoriale inglobato o nei software di gestione dati o in appositi applicativi per la trasformazione di coordinate. In questa ottica l'aspetto che diverrebbe fondamentale sarebbe la realizzazione di una infrastruttura geodetica continuamente monitorata in modo da disporre di coordinate a sua volta continuamente aggiornate rispetto al sistema di riferimento definito. Una infrastruttura gratuita e pienamente utilizzabile da chiunque abbia la necessità di posizionarsi in modo corretto sul territorio nazionale. Questo scenario non sarebbe nemmeno particolarmente innovativo ma attuerebbe, alla scala nazionale, quanto comunità internazionali stanno facendo già da diversi anni. L'IGS⁸, mediante diversi centri di calcolo che operano autonomamente, parallelamente esegue un monitoraggio in continuo della *tracking network* globale che materializza il sistema di riferimento Globale (ora ITRS-IGB08). EUREF, con procedure di fatto analoghe all'IGS esegue il monitoraggio in continuo della rete EPN che si costituisce come un raffittimento locale della rete IGS che materializza il sistema di riferimento Globale e intraplaça (ETRS89-ETRF2000). Tutti questi centri offrono prodotti, servizi e dati in forma gratuita ed estremamente efficiente. In particolare essi offrono:

- dati RINEX⁹ delle stazioni di riferimento,
- parametri ancillari per il calcolo (File di Calibrazione delle Antenne Geodetiche della rete, linee guida per il calcolo e l'inquadramento geodetico, log site files per ogni stazione con la cronologia dei cambiamenti

8 IGS: International GNSS service

9 RINEX (Receiver Independent Exchange Format): Formato Internazionale di archiviazione in formato ASCII di dati GNSS.

o degli eventi che hanno caratterizzato la stazione dal momento della istituzione, etc.),

- file contenenti coordinate e velocità (SINEX) di tutte le realizzazioni che si sono susseguite,
- parametri di trasformazione per passare da un Datum all'altro.

Operando in modo opportuno sarebbe quindi sempre possibile migrare con buona precisione e gestire rilievi eseguiti ad epoche diverse in sistemi di riferimento diversi. La condizione necessaria e sufficiente per una gestione corretta di questi dati sarebbe semplicemente quella di conoscere esattamente l'epoca della misura e il sistema di riferimento utilizzato per la stima. Il problema del "sistema di riferimento esatto" costituisce un aspetto delicato a tutte le scale. Nell'ipotesi di lavorare per "coordinate" allora chiunque eroga servizi dovrebbe garantire che il sistema di riferimento nel quale ci si posiziona sia esattamente quello dichiarato e tale considerazione dovrebbe essere recepita anche da chi eroga servizi per il posizionamento di precisione in tempo reale (reti NRTK). Inoltre tali informazioni dovrebbero essere sempre disponibili a chi utilizza queste infrastrutture (o

comunque recuperabile non solo per il presente ma anche per il passato). In altri termini le reti di stazioni permanenti dovrebbero e potrebbero costituirsi come raffittimenti "attivi" di RDN.

Spostando l'attenzione su chi deve gestire queste informazioni ad esempio per l'aggiornamento della cartografia, per scopi di natura catastale, etc., la problematica sarebbe ovviamente quella di gestire i dati considerando più parametri di quelli attualmente in uso. Il dato geografico si costituirebbe sempre più come DB topografico e i metadati associati a ciascun rilievo dovrebbero mantenere in modo codificato tutte le informazioni necessarie per consentire un uso pieno del dato. L'accuratezza, l'epoca della misura, il sistema di riferimento, il metodo con cui il rilievo è stato eseguito metterebbero in condizione chi deve gestire tali dati di predisporre routine in grado di allineare diversi rilievi ottenuti con sistemi di riferimento diversi ad epoche diverse. Tutto questo renderebbe di fatto «trasparente» e interamente a carico dei software e di chi li deve gestire. Certamente le cose sarebbero inizialmente più complicate ma con il passare del tempo anche economicamente vantaggiose e geodeticamente corrette.

Bibliografia

- GRÜNTAL, G., STROMEYER, D. (1992): The recent crustal stress field in central Europe – Trajectories and finite-element modeling. *Journal of Geophysical Research* 97(B8), 11.805-11.820.
- ALTAMIMI Z., 2012, ITRS, ETRS89, their relationship and realization, Euref Symposium Saint-Mandé, June 2012; available on internet: web: <http://www.euref.eu/symposia/2012Paris/03-01-Altamimi.pdf>.
- BARBARELLA M., GANDOLFI S., 2003a, GPS-RTK coupled with classical measurements for survey of fiducial cadastral points: consideration and results, *Report on Geodesy (ISSN: 0867-3179)* – Italy, Bressanone, Italy 22-24 May 2003, pp. 135-144.
- GANDOLFI S., 2003, Metodologie integrate GPS-RTK e/o classiche: rilievi di punti fiduciali catastali, *Bollettino SIFET (ISSN 1721-971X)*, 2003, 4, 53-77.
- BARBARELLA M., GANDOLFI S., RONCI E., 2006. The Use of a GNSS Test Network for Real Time Application in Italy: First Results Based on Regional Field Test, *ION GNSS 19th International Technical Meeting of the Satellite Division*, 26-29 September 2006, Fort Worth, TX, USA, 1226-1232.
- BARBARELLA M., GANDOLFI S., RONCI E., 2007, Precisione e accuratezza raggiunta in rilievi NRTK ripetuti, *Bollettino SIFET (ISSN 1721-971X)*, 2007, 1, 27-44.
- BIAGI L., CRESPI M., GANDOLFI S., MANZINO A., STOPPINI A., 2007, Esperimento RTK1: verifica delle prestazioni del posizionamento in tempo reale, *Un Libro Bianco sui servizi di posizionamento satellitare per l'e-government, Geomatics Workbook (ISSN: 1591-092X)*, Volume 7, ISSN 1591-092X, Biagi e Sansò editori, 109-120.
- GANDOLFI S., GUSELLA L., MILANO M., 2005, Precise Point Positioning: studio sulle accuratezze e precisioni ottenibili, *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini (ISSN 0006-6710)*, 4, 2005, 227-253.
- GANDOLFI S., 2009, L'approccio non differenziato (Precise Point Positioning) nel calcolo di posizioni mediante sistemi GNSS, *Bollettino SIFET (ISSN 1721-971X)*, 2009, 1, 121-137.

RDN

- BARBARELLA M., GANDOLFI S., ZANUTTA A., CENNI N., 2007, Tecniche per l'inquadramento di reti di stazioni permanenti regionali per il posizionamento in tempo reale. *Atti del Convegno Nazionale SIFET (ISBN 88-901939-4-8)*, 27-29 giugno 2007, Arezzo, pp. 52-59.
- BARBARELLA M., GANDOLFI S., ZANUTTA A., CENNI N., RICUCCI L., 2008, Confronto di codici di calcolo per l'inquadramento di reti di stazioni permanenti per il posizionamento in tempo reale, *Atti 12^a Conferenza Nazionale ASITA (ISBN 978-88-903132-1-9)*, L'Aquila, 21-24 ottobre 2008, pp. 281-286.
- BARBARELLA M., CENNI N., GANDOLFI S., RICUCCI L., ZANUTTA A., 2009, Technical and scientific aspects derived by the processing of GNSS networks using different approaches and software, *ION GNSS 22th International Technical Meeting of the Satellite Division*, 23-25 September 2009, Savannah, GA, USA, 2677-2688.
- BARBARELLA M., GANDOLFI S., RICUCCI L., 2010: Confronto degli spostamenti e velocità di una rete di stazioni permanenti ottenuta con due software di calcolo, *Atti 14^a Conferenza Nazionale ASITA, (ISBN 978-88-903132-5-7)*, Brescia, 9-12 novembre 2010, pp. 155-162.
- BARBARELLA M., GANDOLFI S., RICUCCI L., 2010, Esperienze di calcolo della Rete Dinamica Nazionale, *Bollettino SIFET (ISSN 1721-971X)*, 2010, 2, 27-43.
- BARBARELLA M., GANDOLFI S., 2011, Confronto tra stima di parametri di posizione e velocità ottenuti da serie temporali continue o a blocchi, *Atti 15^a Conferenza Nazionale ASITA,*

(ISBN 978-88-903132-5-7), 15-18 novembre, Reggio di Colorno (Parma), pp. 257-265.

BARBARELLA M., GANDOLFI S., RICUCCI L., ZANUTTA A. 2013 The new Italian geodetic reference network (RDN): a comparison of solutions using different software packages. *In: Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF) held in Florence, Italy, 27-30 May 2009*. EUREF, pp. 1-13.

IGS e EUREF

GANDOLFI S., 2008, Strutture per la definizione di sistemi di riferimento

per il posizionamento in tempo reale di precisione GNSS, *Bollettino SIFET* (ISSN 1721-971X), 2008, 3, pp. 69-87.

GANDOLFI S., TAVASCI L., 2012, L'analisi di consistenza di archivi di reti di stazioni permanenti GNSS per la valutazione della qualità di un servizio di posizionamento in tempo reale: PAT-NET_GNSS, *Atti 16ª Conferenza Nazionale ASITA*, Fiera di Vicenza 6-9 novembre 2012 (ISBN 978-88-903132-5-7), pp. 717-722.

GANDOLFI S., POLUZZI L., 2012, Procedure automatiche per il monitoraggio quasi real time di reti di stazioni permanenti mediante approccio Precise Point Positioning, *Atti 16ª Conferenza Nazionale ASITA*,

Fiera di Vicenza 6-9 novembre 2012 (ISBN 978-88-903132-5-7), pp. 723-728.

GANDOLFI S., TAVASCI L., 2013. Procedure per l'analisi di consistenza e qualità di archivi di reti di stazioni permanenti GNSS: applicazione alla nuova rete dinamica nazionale RDN. *Bollettino SIFET* (ISSN 1721-971X), 2013, 1, 55-66.

GANDOLFI S., POLUZZI L., 2013, Procedure Automatiche per il monitoraggio di reti di stazioni permanenti GNSS mediante approccio Precise Point Positioning. *Bollettino SIFET* (ISSN 1721-971X), 2013, 1, 41-53.