

EUREF: obiettivi e strategie per un sistema geodetico e cartografico europeo

DI ALESSANDRO CAPORALI

A partire dal 1987 EUREF, la sottocommissione per l'Europa della Associazione Internazionale di Geodesia IAG, ha sviluppato una serie di attività finalizzate all'introduzione e mantenimento del Sistema Terrestre di Riferimento Europeo ETRS89 e al Sistema Verticale di Riferimento Europeo EVRS. L'ETRS89 fornisce posizioni geocentriche in tre dimensioni (planimetria e quota) con accuratezza millimetrica in un sistema di coordinate planimetriche unico e omogeneo, valido per tutta l'Europa. L'EVRS è l'analogo di ETRS89 per le quote ortometriche. Un geoide europeo è anche parte integrante del sistema geodetico unificato. Questi sistemi sono la base per la georeferenziazione in Europa. Il loro uso è stato esplicitamente raccomandato dall'Unione Europea, da Eurocontrol per il traffico aereo, e da Eurogeographics, l'organizzazione che raccoglie gli Istituti Geografici e Cartografici Nazionali dell'Europa allargata. Gli standard di precisione raggiunti da ETRS89 sono testimoniati anche dall'uso che ne viene fatto per applicazioni scientifiche, quali ad es. deformazioni su larga scala per controlli della sismicità e subsidenza.

Lo strumento operativo che consente ad EUREF di effettuare la realizzazione sistematica di ETRS89 è la rete permanente EUREF (EUREF Permanent Network, o EPN: <http://www.epncb.oma.be>). Si tratta di una rete di stazioni permanenti che acquisiscono in continua dati dal Global Navigation Satellite System (GNSS), il sistema satellitare globale che comprende i satelliti del GPS, del GLONASS e, prossimamente, del Galileo, nonché i satelliti geostazionari del sistema EGNOS. Attualmente l'EPN consiste di circa 150 stazioni operative 24 ore su 24 (Figura 1). Le stazioni operano secondo standards ben precisi sotto l'aspetto della monumentazione, strumentazione e procedure operative. Tali standards contribuiscono alla efficienza della rete e alla qualità dei dati. L'EPN rappresenta inoltre il contributo Europeo alla densificazione del Servizio Internazionale GPS (IGS: <http://igscb.jpl.nasa.gov>), che consiste di una rete globale di circa 300 stazioni permanenti GPS. L'IGS produce le migliori effemeridi 'precise' e contribuisce alla realizzazione del Sistema Internazionale di Riferimento Terrestre ITRS, che è il più preciso sistema di riferimento oggi disponibile. L'EPN contribuisce inoltre al monitoraggio delle deformazioni crostali in Europa, e allo sviluppo di standards e procedure operative per la disseminazione di correzioni differenziali via Internet in Europa.

La partecipazione all'EUREF è su base volontaria e gratuita. Partecipano alle attività dell'EUREF Organizzazioni Governative, Università e Centri di Ricerca. L'EUREF tiene annualmente un simposio liberamente aperto a tutte le componenti nazionali, e gli atti vengono regolarmente pubblicati.

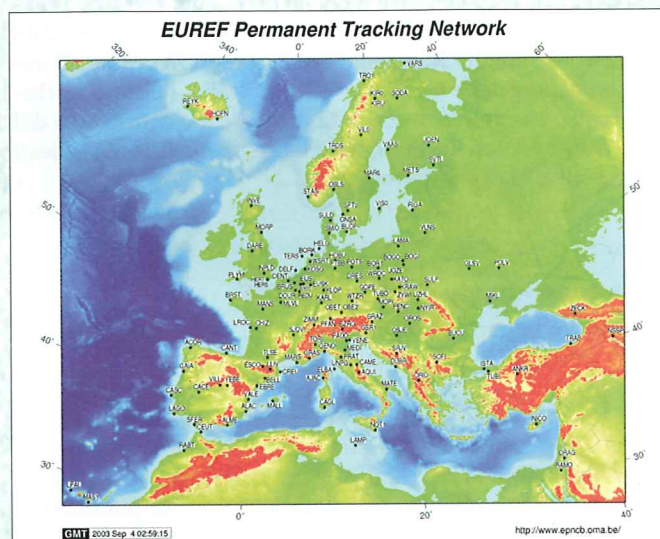


Fig. 1 - La distribuzione delle stazioni permanenti GPS che formano l'European Permanent Network (EPN) e definiscono e mantengono lo standard ETRS89 di coordinate europee.

Il prodotto principale dell'EUREF sono le coordinate compensate della rete Europea di stazioni GPS. Questa compensazione avviene settimanalmente per mezzo del lavoro coordinato di 16 Centri di Analisi (Figura 2). Ogni Centro di Analisi elabora dati di una sottorete di circa 15-30 stazioni, definita in modo tale che ogni stazione GPS della rete EPN viene elaborata da almeno 3 Centri di Analisi. Le 16 sottoreti compensate e a parziale sovrapposizione vengono poi ulteriormente compensate da un ulteriore Centro, che ha sede presso l'Ufficio Federale Tedesco di Cartografia e Geodesia BKG di Francoforte, che applica i vincoli necessari alla realizzazione degli standards ETRS89 e verifica le compensazioni svolte dai singoli Centri di Analisi. Le coordinate compensate delle stazioni EPN e le informazioni statistiche di corredo sono disponibili gratuitamente presso il sito WEB dell'EUREF.

La creazione di un'organizzazione

La prima campagna coordinata di misura volta a consentire alle Autorità Nazionali Cartografiche l'avvio dell'iter di adozione dell'ETRS89 fu svolta in Europa Occidentale nel 1989. Da allora molte altre campagne si sono succedute, con il progressivo coinvolgimento di nazioni dell'Europa dell'Est, inclusa la Russia. Considerato che molte nazioni, su base volontaria, mettevano a disposizione stazioni GPS permanenti di elevata qualità, e che il GPS si stava confermando il sistema più indicato per applicazioni geodetico-cartografiche su scala regionale, l'EUREF

selezionò alcune stazioni GPS per ciascuna nazione, gettando in tal modo le basi per una rete europea fondamentale, l'EPN. La struttura operativa dell'EPN fu identificata nel 1995 a valle di un rodaggio costituito da numerose campagne coordinate. Le componenti dell'EPN sono le seguenti:

- Stazioni GPS permanenti,
- Banche Dati (locali e una Banca Dati Centrale)
- Centri di Analisi (locali un Centro Regionale di Analisi)
- Un Coordinatore di Rete

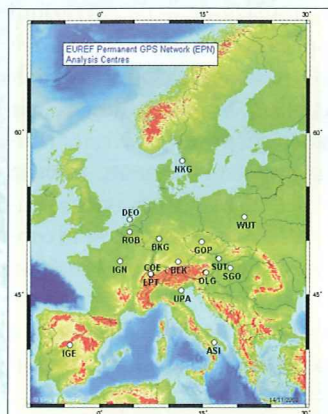


Fig. 2 - Localizzazione dei 16 Centri Locali di Analisi dati dell'EPN. Ogni Centro elabora settimanalmente i dati relativi a una sottorete. I dati da ogni stazione GPS vengono elaborati da almeno tre Centri di analisi. Le 16 sottoreti settimanali vengono compensate da un ulteriore Centro di analisi, con sede a Francoforte, che genera un'unica rete compensata e verifica la mutua consistenza delle 16 elaborazioni locali.

La gestione della Rete Permanente è affidata a un comitato tecnico denominato Technical Working Group. Il Technical Working Group sviluppa le linee guida e identifica le priorità della Rete Permanente Europea verticale e planimetrica. I membri del TWG sono normalmente proposti dalle Autorità Cartografiche Nazionali e vengono eletti dall'assemblea annuale dell'EUREF.

Le attività operative del Technical Working Group

Validazione delle reti geodetiche nazionali

L'adozione dello standard ETRS89 per le coordinate planimetriche e dello standard EVRS per quelle altimetriche presuppone un livello molto elevato di precisione, dell'ordine del millimetro. In Europa vi è una notevole disomogeneità nella precisione delle reti geodetiche nazionali del prim'ordine, e anche all'interno di ciascuna rete nazionale vi sono notevoli errori sistematici variabili da zona a zona, di origine diversa (ad esempio in Italia Meridionale e Grecia la deformazione tettonica dell'ordine di circa 1 cm/anno e derivante dalla spinta del continente africano contro quello europeo può riflettersi, già nell'arco di pochi decenni, in deformazioni della rete dell'ordine di alcuni decimetri). Si comprende che l'adozione dello standard ETRS89 non rappresenta soltanto un riallineamento rigido della rete nazionale, ma comporta l'istituzione di una rete ex novo misurata con tecniche GPS e compensata in blocco con le reti delle altre nazioni.

Negli anni 90 alcune nazioni hanno risposto prontamente alla raccomandazione dei nuovi standards creando nuove reti geodetiche nazionali. E' questo il caso dell'Italia, che con la rete IGM95 realizzata dall'Istituto Geografico Militare Italiano ha definito nuove coordinate per i vertici di una rete del primo ordine misurata esclusivamente con il GPS, e calcolato parametri di trasformazione dal Sistema Nazionale comunemente chiama-



Fig. 3 - La sottorete assegnata all'Università di Padova

to Roma40 al sistema IGM95, che è la realizzazione in Italia dello standard ETRS89. Altre Nazioni non sono ancora in questa fase avanzata. Basti pensare ai mutamenti politici degli anni 90 nella ex-Jugoslavia e nei paesi dell'Est Europeo per avere un'idea delle difficoltà connesse nel passaggio a un sistema geodetico e cartografico per loro completamente nuovo. Il Technical Working Group esamina i risultati di tali campagne di misura e decide in merito alla validazione dei risultati, nel senso di accettabilità delle coordinate dei vertici delle reti nazionali in base agli standard ETRS89. Una volta accettate le coordinate dei vertici, esse sono disponibili in un apposito sito WEB.

Progetti speciali

Il Technical Working Group ha individuato alcune aree che in un prossimo futuro diventeranno rilevanti al mantenimento degli standard ETRS89, ma che ancora necessitano di una fase di ricerca e sviluppo. Queste aree vengono denominate 'Progetti Speciali' e sono riassunte di seguito.

- Serie Storiche delle coordinate delle stazioni della Rete Permanente Europea: trattasi dell'esame dettagliato della continuità delle serie storiche delle coordinate delle stazioni, rilevate su base settimanale. Lo scarto quadratico medio di tali serie storiche è normalmente inferiore al millimetro in planimetria e dell'ordine di qualche millimetro in altimetria, ma vi sono segnali a breve, medio e lungo periodo di ampiezza superiore di origine diversa (dal cambio dell'antenna a deformazioni su scala locale o regionale) che vengono attentamente analizzati e classificati.
- Contenuto di vapor d'acqua nella troposfera: la rifrazione atmosferica è sempre stata considerata un elemento di disturbo nelle misure geodetiche. Con le tecniche GPS l'errore atmosferico può essere calibrato con ottima precisione e convertito in contenuto istantaneo di vapore d'acqua nell'atmosfera, senza ricorrere ai tradizionali e costosi palloni sonda. Il calcolo del vapor d'acqua in tempo quasi reale (circa cadenza oraria) può essere molto utile nella formulazione di modelli di evoluzione dell'atmosfera e nelle previsioni meteo.
- Correzioni GPS su Internet: la disseminazione degli standard ETRS89 all'utente finale (rilevatore, navigante e simili) può essere effettuata in modo efficiente ed economico attraverso Internet. La rete europea si presenta come una infrastruttura fondamentale, anche se necessiterà di densificazioni su scala nazionale. Si tratta, in questa fase iniziale, di mettere a punto gli standard di messaggistica, di struttura client/server, e di procedure operative che consentano di ottenere la massima omogeneità e precisione, così da poter es-

sere adottate a livello Europeo, e quindi anche nazionale.

- Interfaccia con la Comunità Europea: l'EUREF è per sua natura transnazionale e pienamente integrato nell'Europa allargata alle nazioni dell'Est europeo, e conta rappresentanti ai massimi livelli delle comunità geodetiche e cartografiche nazionali. E' pertanto un naturale interlocutore della UE in materia geodetica e cartografica. Nell'ambito del 6. Programma Quadro l'EUREF si sta proponendo come rete di eccellenza in grado di coordinare le attività nazionali e sfruttare a pieno le potenzialità geodetiche del nuovo sistema di navigazione satellitare europeo denominato Galileo, che verrà ad affiancarsi al GPS presumibilmente entro il 2010.

L'Italia e la Rete Europea Permanente

L'Italia ha partecipato alle attività dell'EUREF sin dagli inizi. Basti pensare che la adozione del sistema ETRS89 come standard Europeo venne deciso nel corso del convegno EUREF tenutosi a Firenze nel 1990, e che l'IGM ha effettuato in diverse occasioni campagne di misura planimetriche e altimetriche in coordinamento con le attività EUREF. Ma la struttura operativa dell'EUREF che maggiormente attrae l'attenzione è la Rete Permanente di stazioni GPS EPN, e la sua organizzazione complessa ma efficiente, che la rendono un esempio in campo internazionale. E anche nel campo della rete GPS l'Italia dà un contributo importante e attivo, secondo le seguenti direttrici:

- Contributo in termini di stazioni GPS permanenti alla Rete Europea. Le stazioni italiane nell'EPN sono 15, pari al 10% della intera rete: Torino, Genova, Venezia, Padova, Bolzano, Medicina, Prato, Perugia, Elba, Camerino, L'Aquila, Matera, Noto, Lampedusa e Cagliari.
- Contributo in termini di Centri Locali di Analisi. Due Centri su un totale di 16 sono Italiani: Università di Padova e Centro di Geodesia Spaziale ASI a Matera. A Matera è inoltre operativo un centro locale di raccolta dati e una stazione VLBI e Laser Ranging che partecipano alla realizzazione dell'ITRF. La sottorete assegnata al Centro Locale di Analisi UPA (Università di Padova) è mostrata in Figura 3. Presso il sito WEB dell'EUREF sono disponibili figure con ulteriori dettagli riguardo le attività di tutti i Centri di Analisi.
- Presenza nel Technical Working Group. L'Italia è rappresentata nelle attività di coordinamento svolte dal TWG dal Prof. Alessandro Caporali dell'Università di Padova
- Alcune stazioni GPS Italiane partecipano già al programma sperimentale di disseminazione dei dati DGPS/RTK via Internet coordinato dal EUREF e denominato EUREF-IP.
- Organizzazione di convegni e seminari volti a informare a livello locale sulle attività e gli standard EUREF. Tra questi citiamo il Seminario sugli standard EUREF/ETRS89 svoltosi a Bressanone il 21 maggio 2003, presso la locale sede dell'Università di Padova e con il supporto della locale Sezione SIFET di Bolzano.
- Analisi delle stazioni permanenti GPS italiane non appartenenti alla rete permanente dell'EUREF, per la verifica della stabilità e il calcolo sistematico delle loro coordinate ETRS89 ('rete geodetica di ordine zero'), e disseminazione via e-mail delle statistiche dell'analisi settimanale ai managers delle stazioni partecipanti e a tutti coloro che ne sono interessati. Tale servizio, completamente gratuito, è svolto dall'Università di Padova e coinvolge circa 30 stazioni permanenti, di cui 15 fan-

no parte dell'EPN e le restanti contribuiscono alla sua densificazione a livello nazionale (Figura 4).

Conclusioni

Sono passati solo 14 anni dalle prime ipotesi di introduzione dell'ETRS89 in Europa, ma i risultati non si sono fatti attendere e la infrastruttura, sia in termini di stazioni, che in termini di tecnologie di elaborazione dati (programma Bernese, sviluppato dall'Università di Berna), sia in termini di procedure operative, appare oggi ben consolidata e pronta a rispondere alle nuove sfide, quali quelle poste dalla disseminazione delle correzioni RTCM/RTK via Internet, dalle applicazioni meteorologiche e di controllo deformativo della rete GPS permanente Europea, e dall'imminente avvento del sistema Galileo. Di grande importanza il fatto che il lavoro viene svolto coinvolgendo tutte le Nazioni Europee che dimostrano sensibilità ai problemi affrontati. A livello nazionale gli standard collaudati dall'EUREF possono venire importati, e l'Italia è in posizione particolarmente favorevole in considerazione del suo attivo coinvolgimento e dell'apprezzamento della sua opera presso i partners Europei. Una rete permanente GPS di circa 30 stazioni è già operativa sul territorio nazionale, e i dati vengono regolarmente elaborati secondo procedure e standards identici - e pertanto completamente compatibili - a quelli usati per la rete europea.

In questi ultimi tempi il dibattito sulla rete nazionale GPS è molto vivo, in particolare sugli standard per le stazioni permanenti, sulle procedure di calcolo, sul controllo di qualità, sulla disseminazione RTCM/RTK via WEB. Nell'ottica di una armonizzazione a livello europeo degli standards e delle procedure, appare quanto mai auspicabile che, senza naturalmente nulla togliere alla libertà di dibattito, si tenga conto delle procedure concertate in ambito comunitario, anche al fine di evitare costose duplicazioni o l'adozione di standards... non standard.

Rete di Stazioni Permanenti GPS compensata settimanalmente presso l'Università di Padova

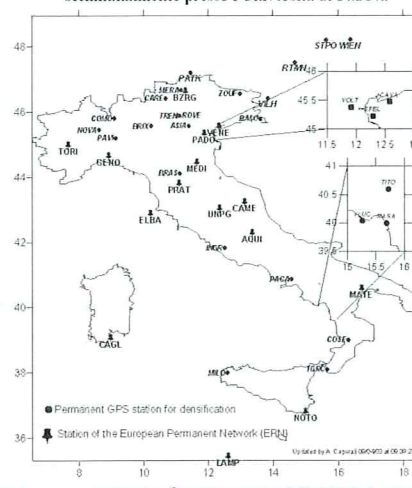


Fig. 4 - La rete di stazioni permanenti GPS italiana elaborata e compensata settimanalmente presso l'Università di Padova. Circa 50% delle stazioni sono parte anche della Rete Europea e consentono l'allineamento della rete Italiana all'EPN. Delle circa 30 stazioni Italiane, 10 sono gestite direttamente dall'ASI. Le restanti appartengono ad Università, Istituti di Istruzione Secondaria, Enti Pubblici e Studi Professionali. Chi desiderasse inserire la propria stazione nella rete può contattare via e-mail lo scrivente.

Autore

ALESSANDRO CAPORALI

Professore di Fisica Terrestre, Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica, Università di Padova
Via Matteotti 32, 35137 Padova
e-mail Alessandro.caporali@unipd.it