

# LA RETE GEODETICA DI INQUADRAMENTO DELLA REGIONE UMBRIA

Ambra CIARAPICA\*, Gabriele FERRANTI\*  
Fabio RADICIONI\*\*, Aurelio STOPPINI\*\*

\* Regione dell'Umbria, Direzione Politiche Territoriali Ambiente e Infrastrutture,  
Servizio Informativo Territoriale, Via M. Angeloni - 06124 Perugia  
Tel. 075/5045916 – 075/5045909 – E-mail [gferranti@regione.umbria.it](mailto:gferranti@regione.umbria.it) – [geografia@regione.umbria.it](mailto:geografia@regione.umbria.it)

\*\*Università degli Studi di Perugia, D.I.C.A., Via G. Duranti 93 - 06125 Perugia  
Tel. 075/5853765 – Fax 075/5853756 – E-mail [topos@unipg.it](mailto:topos@unipg.it)

## Riassunto

Si presentano gli aspetti tecnici e metodologici più rilevanti del progetto di una nuova rete geodetica di inquadramento plano-altimetrica di raffittimento della rete IGM95, elaborato dalla Regione Umbria nell'ambito delle specifiche dell'Intesa Stato-Regioni-Enti Locali del 1996 e delle linee guida integrative redatte da un gruppo di lavoro Università-Regione costituito allo scopo. La rete coprirà l'intero territorio umbro. Le operazioni di rilevamento verranno avviate nei prossimi mesi.

## Abstract

*In this paper are presented the most relevant technical and methodological aspects in the project of a new planoaltimetric geodetic network (densification of IGM95). The project has been set up by Regione Umbria in the frame of the technical prescriptions of the 1996 State-Regions-Local Institutions Agreement and following the guidelines defined by a working group University-Region instituted on purpose. The new network will cover the whole territory of Umbria. The survey of the network will start in the next few months.*

## 1. Introduzione

L'Intesa Stato – Regioni – Enti Locali per la realizzazione dei Sistemi Informativi Geografici di interesse generale del 26.9.1996 si è posta l'obiettivo di sviluppare interventi per la realizzazione di basi informative territoriali coordinate per l'intero territorio nazionale. Con l'Accordo inerente il Sistema Cartografico di Riferimento approvato il 30.7.1998 in sede di Conferenza Stato – Regioni, e con il successivo Accordo integrativo del 9.11.2000 si è prevista la realizzazione di una serie di azioni prioritarie, da attuarsi in modo coordinato tra Regioni e organi cartografici centrali dello Stato, tra le quali riveste particolare rilevanza quella denominata B9: Realizzazione di una rete unitaria di inquadramento con maglia di almeno 7 Km.

Nell'ambito di tali riferimenti normativi, e del protocollo d'intesa stipulato con la Regione Veneto, capofila dei soggetti attuatori, la Regione Umbria ha redatto il progetto di una nuova rete di inquadramento basata su misure GPS, a raffittimento della rete fondamentale IGM95. Si è reso necessario operare alcune scelte calate sulla specifica realtà territoriale regionale, sulla base di linee guida a integrazione delle specifiche dell'Intesa redatte da un gruppo di lavoro Università-Regione costituito a tale scopo.

Si è partiti da una preliminare verifica dell'attuale disponibilità dei vertici della rete IGM95 e caposaldi di livellazione IGM, sia interni alla Regione Umbria che nelle immediate adiacenze. E' stata inoltre verificata, anche mediante un'estesa ricognizione, l'esistenza di vertici di raffittimento GPS e di linee di livellazione già realizzate in ambito regionale da altri Enti con specifiche tecniche

analoghe a quelle dell'Intesa.

Si è proceduto quindi ad affrontare tutti gli aspetti specifici del progetto della nuova rete, che vanno dai criteri di materializzazione dei vertici alla scelta dell'ubicazione e distribuzione degli stessi, allo schema dei collegamenti tra i punti, alle metodologie di misura e di calcolo. Il tutto nel rispetto delle prescrizioni del documento dell'Intesa, integrato con alcune specifiche aggiuntive legate a particolari esigenze locali. Nel presente lavoro vengono presentate e discusse le principali scelte alla base del progetto.

## 2. Struttura della rete

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo vertice regionale per ogni sezione 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale, ubicato per quanto possibile nella zona centrale di ogni sezione, salvo eccezioni nei seguenti casi:

- presenza nella sezione di centri urbani significativi;
- presenza nella sezione di linee di livellazione (al fine di ridurre la lunghezza dei collegamenti altimetrici);
- assenza nella zona centrale della sezione di strade o di siti di facile accesso;
- difficoltà di ricezione satellitare.

L'individuazione della posizione dei vertici riportata nella cartografia progettuale ha valore indicativo, in quanto la posizione definitiva verrà stabilita dalla ditta esecutrice e sottoposta all'approvazione di D.L. e collaudatore prima della materializzazione.

Con tale criterio il numero dei nuovi vertici risulta di 266. La densità è pari a un nuovo punto ogni 38 kmq circa, con una interdistanza di circa 6,8 Km in direzione E-O e 5,5 Km in direzione N-S .

Si ottiene una rete a maglie pressoché regolari, che costituisce una struttura autonoma intrinsecamente determinata con ridondanza omogenea e garantisce un'ottima uniformità di distribuzione dei nuovi vertici su tutto il territorio regionale.

Il progetto riporta anche lo schema dei collegamenti (baselines da misurare) tra i nuovi vertici, e tra essi ed i vertici IGM95. Ogni nuovo vertice risulta collegato ad almeno tre altri punti della rete, siano essi nuovi o preesistenti, assicurando così una distribuzione uniforme anche della ridondanza locale. La densità dei vertici IGM95 in Umbria non è omogenea, in quanto nella zona appenninica è stato operato un raffittimento a seguito del sisma del 1997, mentre in altre aree i punti presentano interdistanze superiori alla media. Si è pertanto stabilito di:

- escludere dal collegamento alla nuova rete alcuni vertici IGM95 nelle aree dove la densità è molto elevata, per mantenere uniforme la maglia della rete;
- collegare la nuova rete ad alcuni vertici di raffittimento già realizzati dalla Provincia di Perugia, nelle zone dove la densità degli IGM95 risulta bassa.

Il numero totale di baselines da osservare risulta nella previsione progettuale pari a 602. Rispetto al minimo teoricamente necessario in base al numero dei nuovi vertici si ha quindi un indice di ridondanza (rapporto basi misurate/basi strettamente necessarie) pari a:

$$602/(266-1) = 2,27$$

in accordo con quanto dedotto dall'esperienza e dalla letteratura sulle reti GPS.

Il grafico della rete in progetto è riportato in figura 1.

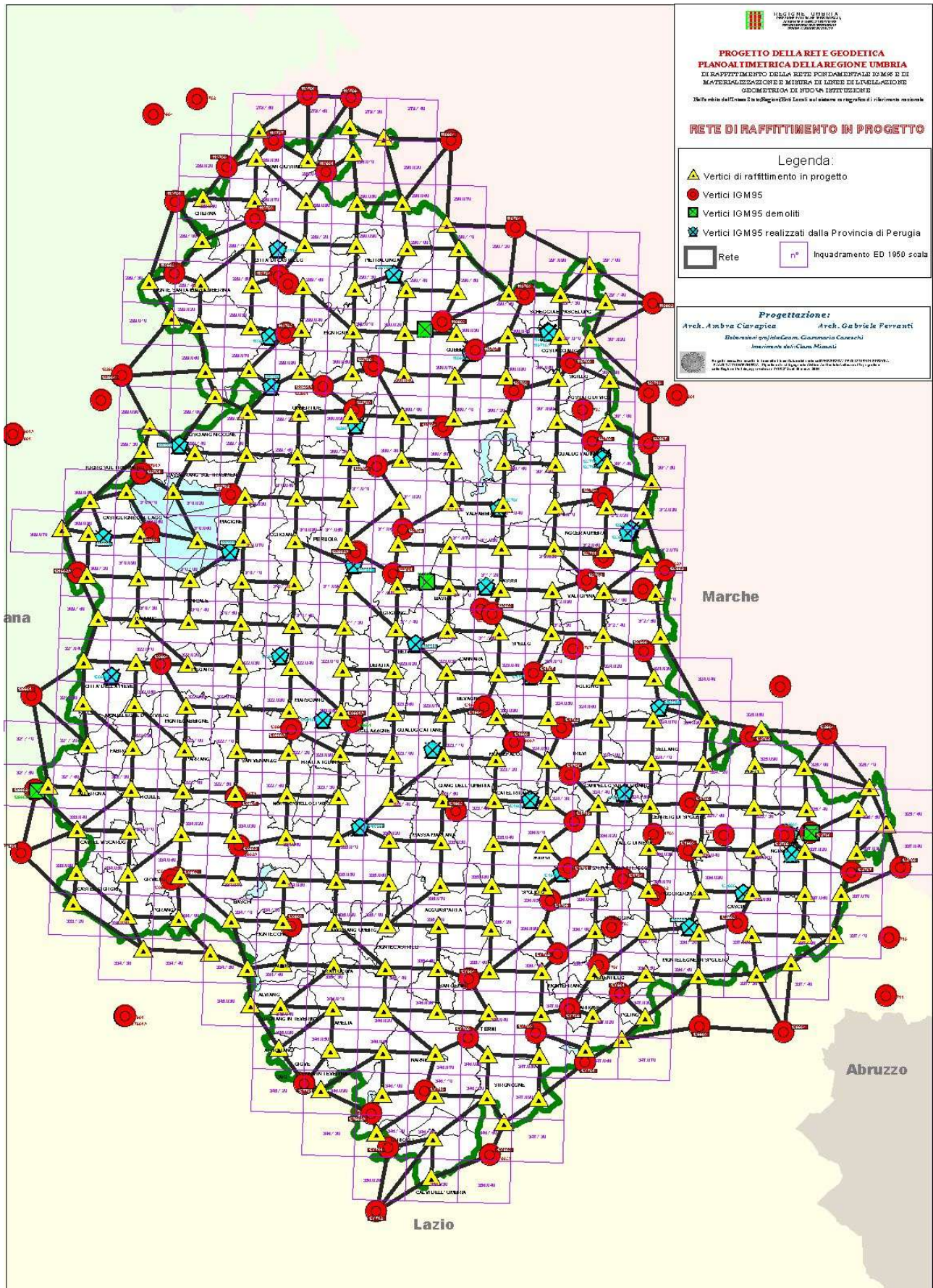


Fig. 1 – Grafico di progetto della rete geodetica della Regione Umbria

Lo schema complessivo della rete è poi completato dai collegamenti altimetrici (brevi tratti di livellazione geometrica di precisione in andata e ritorno) a caposaldi di livellazione IGM per almeno il 15% dei vertici di nuova istituzione, secondo le specifiche dell'Intesa.

A integrazione delle linee di livellazione IGM esistenti nella regione, che presentano una insufficiente densità nel settore sud-ovest della regione stessa, il progetto prevede l'utilizzazione di alcune linee di livellazione realizzate recentemente dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere lungo le principali aste fluviali su specifiche conformi alle prescrizioni dell'Intesa, e la realizzazione di una nuova linea di collegamento della lunghezza di circa 78 km.

### **3. Codifica e materializzazione dei nuovi vertici**

Ogni nuovo vertice della rete verrà individuato con un codice a nove cifre di cui le prime sei coincidenti con l'identificativo della sezione della CTR 1:10.000 di appartenenza, la settima cifra che costituisce numerazione progressiva dei vertici all'interno della sezione, e l'ottava e la nona di tipo alfanumerico per descrivere la tipologia del punto. La ottava e nona cifra sono state previste per evidenziare il collegamento del vertice alle linee di livellazione ove presente, la caratteristica di vertice associato, o l'eventuale futura rideterminazione di alcuni vertici.

Le materializzazioni verranno realizzate su manufatti esistenti di accertata stabilità (muri di sostegno, spalle di opere stradali, ecc.). Per favorire la conservazione dei vertici nel tempo, si è ritenuto opportuno prevedere centramenti non troppo vistosi (criterio già adottato dall'IGM per la rete IGM95). La forma prevista è quella di un dischetto di acciaio inox di circa 4 cm di diametro e 8 mm di spessore, con superficie estradossale convessa nella zona centrale, con un riferimento al centro (forellino), recante incisa la dizione "REGIONE UMBRIA" seguita dal codice a 8 cifre del punto e da una piccola freccia indicante la direzione Nord. Al dischetto è saldata una barretta di acciaio inox ad aderenza migliorata da inghisare con resina epossidica in un foro praticato nel manufatto. Nella posa in opera si dovrà curare che l'estradosso del dischetto sia sullo stesso piano del manufatto a cui è ancorato, per evitare sporgenze, utilizzando una fresa a tazza per ricavare una sede dal contorno netto.

Per i vertici di altre reti di raffittimento incorporati nella rete regionale, nelle vicinanze del centramento esistente verrà fissata una targhetta metallica recante la codifica regionale.

I contenuti delle monografie dei nuovi vertici rispetteranno puntualmente le indicazioni fornite dalle specifiche dell'Intesa. Le fotografie facenti parte delle monografie dovranno contenere un cartello con indicazione ben leggibile dell'identificativo del vertice.

E' stata prevista la consegna tra gli elaborati finali di un CD interattivo contenente:

- Quadro d'unione dei vertici GPS e della nuova linea di livellazione, su base cartografica e con inquadramento della CTR 1:10.000, zoomabile a video, con link alle monografie dei vertici e ai caposaldi di livellazione, ottenuto cliccando il simbolo del punto;
- Schede monografiche dei vertici e dei caposaldi in formato pdf;
- Tabulato di riepilogo delle coordinate dei vertici della nuova rete e dei caposaldi nei vari datum, in formato testuale ed in tabella Excel;
- Riepilogo delle specifiche tecniche utilizzate nella realizzazione della rete.

### **3. Esecuzione delle misure e calcolo della rete**

Oltre a quanto previsto nelle specifiche tecniche dell'Intesa, si è previsto che le misure dovranno essere eseguite con un numero di ricevitori e con una modalità operativa tale da garantire che su tutti i vertici vengano eseguiti due o più stazionamenti indipendenti, cioè in sessioni diverse e con altezze strumentali diverse.

I ricevitori da utilizzare saranno tutti a doppia frequenza e di caratteristiche tecniche omogenee tra loro. Prima dell'inizio delle operazioni di misura, la Ditta dovrà sottoporre all'approvazione della

D.L e del collaudatore le apparecchiature che verranno utilizzate specificando per antenne e ricevitori marca, modello, tipo e numero di matricola.

E' stato richiesto che, soprattutto durante le misure in aree montagnose, gli operatori verifichino la ricezione ai due estremi della baseline del numero minimo di satelliti comuni previsto. Tale verifica deve essere eseguita mediante una comunicazione telefonica all'inizio e alla fine della registrazione, e di tale operazione deve essere mantenuta esplicita traccia nella "scheda di stazione" prevista.

Per quanto riguarda i tempi di acquisizione da rispettare, ci si è richiamati alle specifiche dell'Intesa, precisando di far riferimento al tempo fra la prima e l'ultima epoca registrata con il numero minimo di satelliti comuni ai due ricevitori, in assenza di cycle slips significativi, e non all'orario di accensione dei ricevitori. A tal proposito dovrà essere prodotto a collaudo un report che permetta la verifica di tale requisito.

Il calcolo delle baselines dovrà essere effettuato immediatamente dopo la misura, con un software di tipo preventivamente approvato dalla D.L. e dal Collaudatore.

Per permettere al collaudatore di verificare la reale indipendenza delle basi, oltre a quanto previsto nelle specifiche dell'Intesa, si è richiesto che la Ditta predisponga un file di Excel ove ogni riga corrisponda ad una delle baseline previste e misurate e le colonne contengano le seguenti informazioni:

- nome del primo estremo della base;
- numero di matricola del ricevitore posto sul primo estremo;
- nome del secondo estremo;
- numero di matricola del ricevitore posto sul secondo estremo;
- lunghezza della base;
- componenti cartesiane geocentriche della base in X, Y e Z;
- sqm di ciascuna di tali componenti.

Anche la verifica della chiusura dei poligoni descritta nelle specifiche tecniche dell'Intesa deve essere predisposta su foglio di Excel.

Tutto il materiale sopra descritto e quello derivante dalla elaborazione delle baselines deve essere fornito al collaudatore per le verifiche previste e per valutare la eventuale necessità di far ripetere alcune baselines.

Durante le operazioni di misura dovrà essere realizzata la documentazione fotografica necessaria alla redazione delle monografie finali. Copia delle nuove monografie, con le nuove foto documentanti l'antenna GPS in ricezione, dovrà essere inviata al collaudatore assieme alle baseline elaborate.

Le misure relative alla nuova linea di livellazione ed ai collegamenti altimetrici dovranno essere eseguite in base alle specifiche dell'Intesa, Disciplinare B "Livellazione geometrica di alta precisione e di precisione per linee di nuova istituzione".

Il calcolo della rete GPS sarà eseguito, secondo quanto previsto dalle specifiche tecniche dell'Intesa, in un unico blocco. Si è data comunque facoltà alla ditta esecutrice, vista l'estensione della rete, di provvedere a preventive compensazioni parziali di blocchi significativi. La compensazione definitiva della rete dovrà poi essere effettuata secondo quanto prescritto dalle specifiche dell'Intesa.

La trasformazione di datum da WGS84 (ETRF89) a Roma 40 verrà effettuata utilizzando i grigliati IGM ed il relativo software di interpolazione. In sede di collaudo verranno effettuate verifiche con parametri stimati localmente.

La determinazione delle quote ortometriche dei punti della rete di raffittimento sarà eseguita utilizzando i grigliati altimetrici IGM (che utilizzano il geode ITALGEO99) ed il relativo software di interpolazione.

#### **4. Tempi e fasi di realizzazione**

Il tempo complessivo previsto per la realizzazione della rete è di 240 giorni dalla consegna dei lavori. I lavori si articoleranno cronologicamente nelle seguenti fasi:

1. Definizione della posizione dei nuovi vertici, dopo la verifica di ricezione satellitare, nell'area prevista in progetto; definizione della posizione dei caposaldi della nuova linea di livellazione (60 giorni);
2. Materializzazione dei vertici di raffittimento e caposaldi di livellazione sul terreno e predisposizione degli elementi necessari alla realizzazione delle monografie (40 giorni);
3. Misura e calcolo delle baselines; esecuzione dei collegamenti altimetrici del 15% almeno dei vertici; misura della nuova linea di livellazione (90 giorni);
4. Calcolo della rete GPS; calcolo della linea di livellazione (40 giorni);
5. Completamento delle monografie (vertici di raffittimento e caposaldi di livellazione) e realizzazione del CD interattivo previsto in consegna (10 giorni).

Il progetto prevede inoltre che alla ditta esecutrice venga affidata la manutenzione della rete e della nuova linea di livellazione sino a 24 mesi dalla data di ultimazione dei lavori. In tale fase sono espressamente previste due ricognizioni complete della rete, una delle quali a sei mesi dall'ultimazione dei lavori e la seconda a scadenza del periodo di manutenzione di 24 mesi. Per ciascuna ricognizione la ditta ha poi 30 giorni di tempo per eseguire le eventuali rimaterializzazioni e rideterminazioni che si rendessero necessarie.

Si sottolinea come lo schema della rete, in cui ogni vertice è collegato ai tre adiacenti, rende particolarmente semplice e diretta la eventuale operazione di rideterminazione di ogni punto danneggiato.

#### **5. Conclusioni**

La nuova rete geodetica che coprirà l'intero territorio della Regione Umbria, basata su misure GPS e sul collegamento alle linee di livellazione esistenti opportunamente integrate, è stata progettata nel rispetto delle specifiche tecniche dell'Intesa Stato-Regioni-Enti locali del 1996, con alcune integrazioni che sono state ritenute opportune tenendo conto della situazione locale.

A lavori ultimati la rete fornirà un supporto estremamente efficace a tutti i problemi di georeferenziazione in genere ed alle applicazioni cartografiche in particolare, consentendo specie in queste ultime un consistente risparmio nei costi delle operazioni topografiche a terra.

#### **6. Bibliografia**

Intesa Stato-Regioni-Enti locali, Gruppo di Lavoro Reti Planoaltimetriche (1996): Raffittimento della rete fondamentale IGM95, edizione 2001

F.Radicioni, A.Stoppini (1997): Georeferenziazione delle informazioni territoriali ed evoluzione delle reti geodetiche. Atti I Conferenza Nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA), Parma, settembre-ottobre 1997.

F. Radicioni, A.Stoppini (1998): Operazioni geodetiche su scala regionale: situazione attuale e prospettive future. Atti II Conferenza Nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA), Bolzano, novembre 1998.