

LA PRECISIONE DEI RILIEVI EFFETTUATI CON GPS DIFFERENZIALE STATICO E RTK: IL CASO DELLA PROVINCIA DI AREZZO

Camillo BERTI (*), Fabio CAMICIOTTOLI (**), Alberto CASIGLIA (**),
Massimo MUGNAI (***), Agostino SACCONI (****), Luciano SURACE (*****)

(*) Università di Firenze, Dipartimento Studi Storici e Geografici, Via San Gallo, 10, Firenze, camilloberti@libero.it;
(**) Provincia di Arezzo, Servizio Difesa del Suolo, Via Arrigo Testa, 2, Arezzo, fcamicciottoli@provincia.arezzo.it,
acasiglia@provincia.arezzo.it; (***) Geodesign associati, Via Don Sturzo, 42, San Giovanni Valdarno (AR);
geodesign.massimo@eutelia.com; (****) Studio Masoni, Via XIV Luglio 30/31, Loc. Levane, Monteverchi (AR),
agostino@studiomasoni.191.it; (*****) Istituto Idrografico della Marina, Via dell'Osservatorio, Genova,
luciano.surace@libero.it

Riassunto

Scopo del presente lavoro è la valutazione delle precisioni ottenibili nell'ambito dell'attività topografica ordinaria con rilievo GPS differenziale, utilizzando come riferimento la Stazione Permanente GPS di Arezzo (SPR-Arezzo), secondo varie metodologie di rilievo e con differenti configurazioni nell'acquisizione dei dati satellitari. Le analisi descritte in questo contributo sono state eseguite con l'obiettivo di individuare le tecnologie e i processi operativi atti ad ottimizzare le operazioni di rilevamento diretto in campagna e di collaudo di lavori eseguiti da terzi. La valutazione della qualità dei dati, utilizzando la modalità statica e RTK, è stata ottenuta mediante l'inquadramento con vertici trigonometrici IGM95 ed in funzione degli effetti prodotti dall'aumento dei tempi di acquisizione.

Abstract

Aim of the present work is the evaluation of the accuracy achieved with a differential GPS topographic survey, using Arezzo GPS Permanent Station (SPR-Arezzo) as a reference, by means of different survey types and satellites configuration. Analysis here reported have been carried out in order to identify technologies and operational processes which best optimize land survey and tests on third party surveys. Accuracy evaluation, with static and RTK configurations, has been obtained by a georeferencing with IGM95 datum points and through the effects caused by increase in GPS acquisition times.

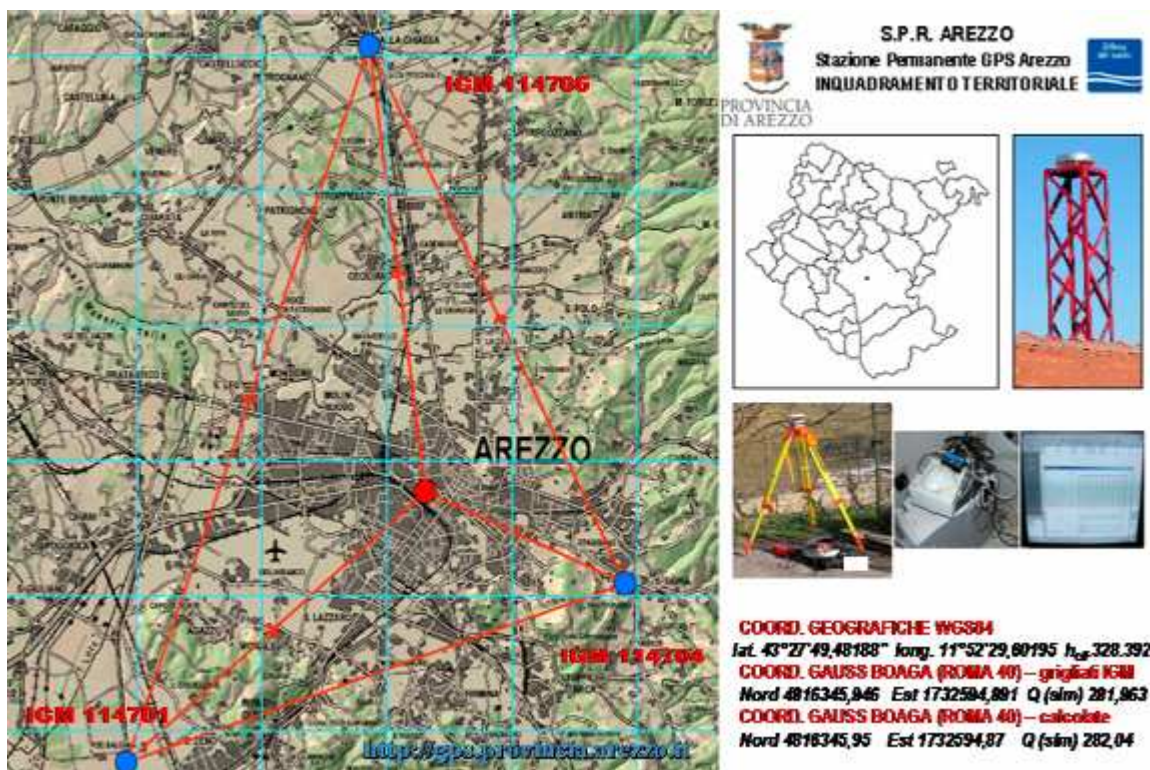
Introduzione

Obiettivo del lavoro di analisi è cercare di fornire una stima delle precisioni ottenibili nell'ambito dell'attività topografica ordinaria, con rilievo GPS differenziale, utilizzando come riferimento la Stazione Permanente GPS di Arezzo (SPR-Arezzo), secondo varie metodologie di rilievo e con differenti configurazioni nell'acquisizione dei dati satellitari al fine di semplificare le attività di rilievo e collaudo.

La Stazione Permanente GPS di Arezzo (SPR-Arezzo) è entrata in funzione nell'ottobre del 2003, ma il progetto di dotare il Servizio Difesa del Suolo della Provincia di tale dispositivo risale al 2001 ed è legato, da una parte, alla necessità di produrre rilievi qualitativamente migliori ed in minor tempo, dall'altra, dalla possibilità di mettere a frutto le competenze acquisite dai tecnici dell'Ente nel campo dei rilievi topografici con metodologia satellitare¹. L'antenna ricevente è posizionata sul tetto dell'edificio che ospita il Servizio Difesa del Suolo della Provincia di Arezzo, vincolata ad un muro portante e ubicata planimetricamente al centro dello stabile, in modo da minimizzare gli effetti delle pur minime dilatazioni termiche stagionali. La SPR-Arezzo è stata inquadrata nel

¹ Il Servizio Difesa del Suolo della Provincia di Arezzo utilizza di ricevitori topografici di tipo satellitare a partire dal 1998 per l'esecuzione di rilievi di campagna nell'ambito dell'attività istituzionale.

sistema di riferimento WGS84-ETRF89 ed è inserita nella rete nazionale IGM95², secondo le metodologie previste per il raffittimento della rete stessa³. Al ricevitore, che attualmente è parte integrante della Rete Toscana GPS, sono state attribuite le coordinate geografiche WGS84 risultanti da una determinazione eseguita utilizzando come riferimento tre trigonometrici IGM95 (114705”Ponte alla Chiassa”, 114704”La Pace”, 114701”Rio Secco”). Le coordinate sono state calcolare nell’ambito di due differenti sessione di misura, effettuate in ore diverse della giornata, della durata di durata di 1h e 20’ ciascuna (la prima con inizio alle ore 10.15, la seconda alle 15.15). La configurazione dei ricevitori durante le due sessioni prevedeva una maschera di elevazione di 15° ed epoche di registrazione ogni 5 secondi (1/5Hz)



CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI RICEZIONE SATELLITARE	
Ricevitore satellitare	LEICA GEOSYSTEM SR 530
Antenna	LEICA GEOSYSTEM 504 CHOKE RING
Programma di gestione	LEICA SPIDER SERVER
Accessori	INVIO IN TEMPO REALE SEGNALE DI TIPO RTCM - MODEM GSM NUMERO TELEFONICO PER IL COLLEGAMENTO +393293816536

Figura 1 – Caratteristiche della Stazione Permanente di Arezzo – <http://gps.provincia.arezzo.it>

Metodologia

Nello studio condotto, sono state effettuate due distinte tipologie di analisi:

1. Nel primo caso, sono state analizzate le differenze di determinazione di 2 punti isolati, calcolati sia quali elementi di raffittimento della rete IGM95 (rispetto ai 3 trigonometrici “di primo perimetro” rispetto al punto in questione), sia rispetto alla sola Stazione Permanente di Arezzo (SPR-Arezzo).

² La rete geodetica IGM 95 è collegata con la rete europea EUREF e con le reti geodetiche nazionali degli altri paesi attraverso vertici comuni ad ogni sistema.

³ Intesa GIS, Gruppo di lavoro “Reti plano-altimetriche” (2001). *Raffittimento della rete fondamentale IGM95. Specifiche tecniche*, <<http://www.intesagis.it>, ultimo accesso settembre 2007>.

- La seconda analisi prevede la valutazione dei risultati ottenuti nell'acquisire dei punti sia in modalità statica, che in modalità RTK con tempi diversi di acquisizione.

1 - Determinazione delle coordinate di due punti isolati

La prima analisi è stata condotta sui due punti, denominati in seguito PA1 e PA2, situati rispettivamente nei comuni di Anghiari e Monterchi (Valtiberina toscana), nella parte orientale della Provincia di Arezzo.

L'acquisizione delle coordinate dei due vertici è stata eseguita con l'utilizzo contemporaneo di quattro ricevitori GPS doppia frequenza Leica Geosystem SR 530 con le seguenti impostazioni:

Lettura e aggiornamento del dato satellitare	0,5 sec.
Frequenza di registrazione	1 sec.
Maschera di elevazione sull'orizzonte	15°
Antenna ricevente montata su treppiede	Leica AT502

I vertici sono stati acquisiti con due differenti metodologie di rilievo. Con la prima, l'inquadramento nel sistema di riferimento WGS84 è stato effettuato seguendo le specifiche del raffittimento della rete IGM95. Le coordinate sono state determinate utilizzando come riferimento i 3 vertici IGM95 di "primo perimetro", durante due sessioni di misura simultanee, ripetute a ore diverse della giornata per minimizzare gli effetti degli errori sistematici dovuti alla configurazione satellitare. Nella pratica, vista la difficoltà di accesso ai trigonometrici, le due sessioni di un'ora sono state ricavate da un'unica sessione di lunga durata (per il PA1 di 5 ore e per il PA2 di 6 ore). Il vertice PA1 è stato determinato rispetto ai trigonometrici IGM95 "115903", "114901-ass" e "115701", mentre il PA2 rispetto agli IGM95 "115904", "108903" e "115702".

La seconda metodologia di rilevamento ha previsto la determinazione delle coordinate dei due vertici esclusivamente utilizzando la SPR-Arezzo come stazione *master*. Per questa analisi sono stati utilizzati sia i dati registrati sui due vertici durante le sessioni necessarie all'inquadramento rispetto ai tre IGM95 (vedi sopra), sia quelli acquisiti durante sessioni di misura statiche, eseguite sempre con campionamento ad 1 Hz. Quest'ultimi sono stati estrapolati dai log statici della stazione GPS master, allocata sul vertice in esame, durante l'esecuzione di rilievi di dettaglio in modalità RTK nella stessa area in esame.

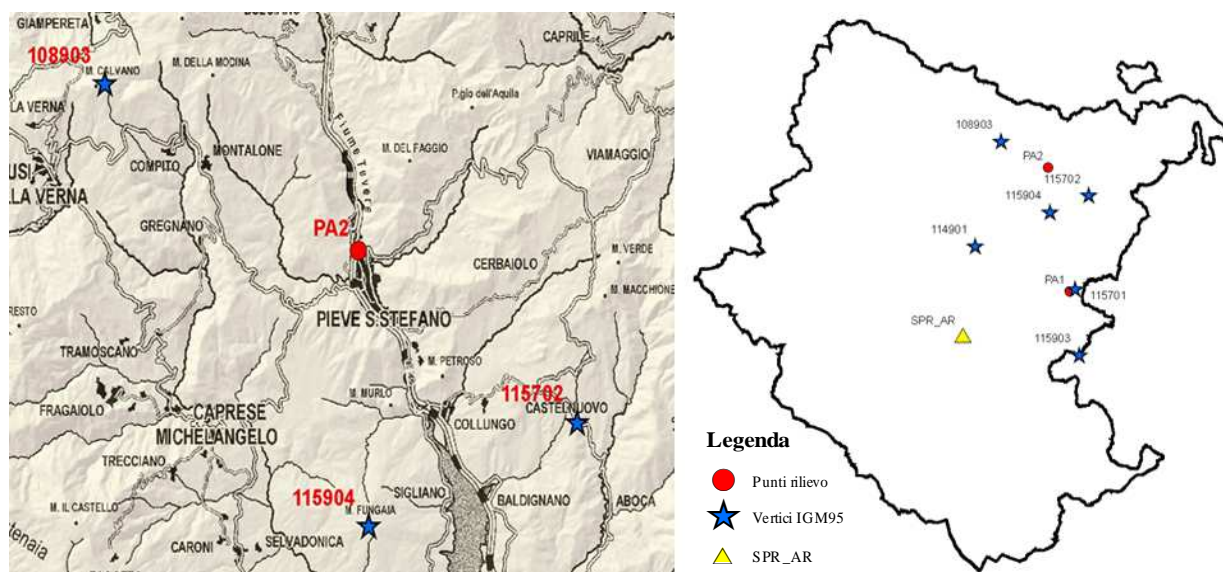


Figura 2 – Inquadramento geografico dei vertici PA1 e PA2 e posizione dei trigonometrici IGM95 di riferimento.

Le operazioni di *post-processing* per la determinazione delle coordinate dei vertici nel sistema di riferimento WGS84 delle sessioni di rilievo sono state eseguite con il software Leica Geo Office versione 4.0.

2 - Determinazione delle coordinate di un punto con tempi differenti di acquisizione.

Il secondo test effettuato ha avuto come obiettivo l'analisi delle differenze ottenute nella determinazione delle coordinate di un punto in modalità statica e in tempo reale (con un collegamento dei ricevitori *master-rover* tramite modem GSM) e con differenti tempi di acquisizione utilizzando, in entrambi i casi, i dati della SPR-Arezzo per la correzione differenziale.

In modalità statica, le coordinate del vertice sono state determinate con *log* di registrazione di 1 Hz e con tempi di stazionamento pari a 5, 10, 15, 25, 50, 100, 200, 400 epoche mentre in modalità RTK sono state realizzate sessioni da 5, 10, 15, 25, 50 epoche. Durante l'acquisizione del punto in modalità RTK, è stato effettuato anche il *log* statico ad 1Hz, come dato di controllo, per evidenziare eventuali errori grossolani e/o abbassamenti di DOP non rilevati dai *controller*.

Risultati

1 - Determinazione delle coordinate di due punti isolati.

Nelle figure 3 (PA1) e 4 (PA2) sono riportate, per ciascun vertice, le coordinate calcolate rispetto ad ognuno dei trigonometrici di riferimento (compresa la SPR-Arezzo) durante ogni singola sessione di misura. Nelle tabelle citate sono messe a confronto le coordinate piane nel sistema WGS84 – UTM33, ottenute dalle singole *baseline* del punto rispetto al risultato medio di tutte le sessioni acquisite (statici e *log* da RTK) rispetto alla SPR-Arezzo.

DETERMINAZIONE PUNTO PA1				CORDINATE WGS84 - UTM33			SCARTI RISPETTO ALLA SESSIONE TOTALE RTK		
PUNTO	DESCRIZIONE CALCOLO	Sessione	Data	EST	NORD	H.ell	Δ EST	Δ NORD	Δ H.ell
PA 1.1	IGM95 n° 115903	Mattino	11/11/05	263107.53	4822315.71	361.120	-0.001	-0.004	-0.060
PA 1.1	IGM95 n° 115903	Pomeriggio	11/11/05	263107.52	4822315.71	361.142	-0.007	0.001	-0.037
PA 1.1	IGM95 n° 115903	Intera sess 5h	11/11/05	263107.52	4822315.71	361.137	-0.005	0.001	-0.042
PA 1.2	IGM95 n° 114901-Ass.	Mattino	11/11/05	263107.52	4822315.73	361.152	-0.009	0.021	-0.027
PA 1.2	IGM95 n° 114901-Ass.	Pomeriggio	11/11/05	263107.52	4822315.71	361.153	-0.010	0.004	-0.026
PA 2.2	IGM95 n° 114901-Ass.	Intera sess 5h	11/11/05	263107.52	4822315.71	361.151	-0.009	0.005	-0.029
PA 1.3	IGM95 n° 115701	Mattino	11/11/05	263107.52	4822315.71	361.134	-0.006	0.006	-0.045
PA 1.3	IGM95 n° 115701	Pomeriggio	11/11/05	263107.52	4822315.71	361.153	-0.010	0.004	-0.026
PA 1.3	IGM95 n° 115701	Intera sess 5h	11/11/05	263107.52	4822315.71	361.151	-0.009	0.005	-0.029
PA 1	Media determinazioni Mattina		11/11/05	263107.52	4822315.72	361.135	-0.005	0.008	-0.044
PA 1	Media determinazioni Pomeriggio		11/11/05	263107.52	4822315.71	361.150	-0.009	0.003	-0.030
PA 1	Media determinazioni		11/11/05	263107.52	4822315.71	361.14	-0.007	0.005	-0.037
PA 1.4	SPR Arezzo	Mattino	11/11/05	263107.53	4822315.71	361.19	0.003	0.005	0.009
PA 1.4	SPR Arezzo	Pomeriggio	11/11/05	263107.53	4822315.72	361.18	0.002	0.010	0.006
PA 1.4	SPR Arezzo	Intera sess 5h	11/11/05	263107.53	4822315.70	361.18	0.005	-0.007	0.004
PA 1.R	SPR Arezzo	Log RTK Matt.	01/11/05	263107.53	4822315.72	361.18	0.002	0.007	0.001
PA 1.R	SPR Arezzo	Log RTK Pom.	01/11/05	263107.53	4822315.70	361.16	0.004	-0.012	-0.018
PA 1.R	SPR Arezzo	Log RTK	02/11/05	263107.51	4822315.74	361.17	-0.015	0.031	-0.012
PA 1.R	SPR Arezzo	Log RTK	03/11/05	263107.52	4822315.69	361.23	-0.009	-0.014	0.055
PA1.R	SPR Arezzo	Log RTK matt.	04/11/05	263107.54	4822315.70	361.18	0.000	-0.005	0.015
PA1.R	SPR Arezzo	Log RTK matt.	04/11/05	263107.53	4822315.69	361.16	0.006	-0.015	-0.016
PA1.R	SPR Arezzo	Log RTK Pom.	04/11/05	263107.52	4822315.71	361.15	-0.007	-0.002	-0.025
PA1.TR	Media totale sessioni rispetto SPR-Arezzo			263107.53	4822315.71	361.18			

Figura 3 – Vertice PA1: confronto dei risultati delle singole baseline con la media delle letture rispetto alla SPR

DETERMINAZIONE PUNTO PA2				COORDINATE WGS84 - UTM33			SCARTI RISPETTO ALLA SESSIONE TOTALE		
PN	DESCRIZIONE CALCOLO	Sessione	Data	EST	NORD	H.ell	Δ EST	Δ NORD	Δ H.ell
PA 2.1	IGM95 n°115904	Mattino	10/11/05	261254.32	4840417.29	484.23	-0.015	0.005	-0.026
PA 2.1	IGM95 n°115904	Pomeriggio	10/11/05	261254.32	4840417.29	484.23	-0.014	0.010	-0.026
PA 2.1	IGM95 n°115904	Intera sess 6h	10/11/05	261254.32	4840417.29	484.23	-0.015	0.009	-0.023
PA 2.2	IGM95 n°108903	Mattino	10/11/05	261254.40	4840417.34	484.21	0.063	0.056	-0.045
PA 2.2	IGM95 n°108903	Pomeriggio	10/11/05	261254.40	4840417.33	484.22	0.064	0.053	-0.034
PA 2.2	IGM95 n°108903	Intera sess 6h	10/11/05	261254.40	4840417.33	484.21	0.067	0.052	-0.041
PA 2.3	IGM95 n°115702	Mattino	10/11/05	261254.32	4840417.29	484.22	-0.013	0.008	-0.034
PA 2.3	IGM95 n°115702	Pomeriggio	10/11/05	261254.32	4840417.29	484.24	-0.017	0.014	-0.014
PA 2.3	IGM95 n°115702	Intera sess 6h	10/11/05	261254.32	4840417.29	484.23	-0.016	0.013	-0.025
PA 2	Media determinazioni mattino		10/11/05	261254.32	4840417.29	484.22	-0.014	0.007	-0.030
PA 2	Media determinazioni pomeriggio		10/11/05	261254.32	4840417.29	484.23	-0.016	0.012	-0.020
PA 2	Media determinazioni		10/11/05	261254.32	4840417.29	484.23	-0.015	0.009	-0.025
PA 2.R	SPR Arezzo	Mattino	10/11/05	261254.33	4840417.28	484.26	0.000	-0.002	0.010
PA 2.R	SPR Arezzo	Pomeriggio	10/11/05	261254.33	4840417.29	484.25	-0.006	0.008	-0.001
PA 2.R	SPR Arezzo	Intera sess 6h	10/11/05	261254.34	4840417.27	484.26	0.004	-0.009	0.001
PA 2.R	Media mattino e pomeriggio			261254.33	4840417.28	484.26	-0.003	0.003	0.005
PA 2.R	SPR Arezzo	Log RTK	08/11/05	261254.33	4840417.28	484.27	-0.004	0.002	0.016
PA 2.R	SPR Arezzo	Log RTK	09/11/05	261254.34	4840417.28	484.25	0.007	0.000	-0.007
PA 2.R	SPR Arezzo	Log RTK	14/11/05	261254.33	4840417.28	484.24	-0.001	0.003	-0.011
PA 2.R	SPR Arezzo	Log RTK	16/11/05	261254.33	4840417.28	484.25	0.000	0.000	-0.008
PA 2.TR	Media totale sessioni rispetto SPR-Arezzo			261254.33	4840417.28	484.25			

Figura 4 – Vertice PA2: confronto dei risultati delle singole baseline con la media delle letture rispetto alla SPR

Complessivamente, dall'analisi dei dati si ricava che, ad eccezione della *baseline* PA2-IGM95"108903", la discordanza planimetrica riscontrata è nell'ordine del centimetro, mentre quella altimetrica è contenuta nei 2-3 centimetri.

I risultati ottenuti nel calcolo del vertice PA2, utilizzando come riferimento il trigonometrico IGM95 "108903", mostrano degli scostamenti consistenti, di entità maggiore rispetto alle misure effettuate con gli altri due trigonometrici da un planimetrico invece che altimetrico. Una tale vistosa discordanza non si riscontra nella determinazione del vertice PA1 per nessuno dei tre IGM 95 coinvolti nel calcolo del punto. Per verificare la causa di tale anomalia, sono state condotti 3 diversi tipi di analisi, che hanno dato tutte esito negativo: la prima verifica era rivolta ad accertare la presenza di ostacoli in prossimità del trigonometrico che potessero incidere sulla qualità del segnale ricevuto; la seconda ad evidenziare la presenza di eventuali anomalie sul segnale emesso dai satelliti e che il GDOP non avesse avuto importanti peggioramenti. Una terza analisi ha previsto l'esecuzione di un'ulteriore sessione di rilevamento per verificare la presenza di errori di stazionamento⁴. Invece, un successivo controllo eseguito confrontando la documentazione fotografica che correda la monografie del trigonometrico con quella acquisita durante la fase di rilievo in campagna, lascerebbe supporre che il trigonometrico abbia subito una rimaterializzazione non correttamente eseguita. Tale supposizione potrebbe trovare conferma nella presenza, in prossimità del vertice, di scalfiture da materiali appuntiti.

2 - Determinazione delle coordinate di un vertice con tempi acquisizione diversi.

Nella figura 5 sono riportati, per il vertice PA2, gli scarti rilevati tra le coordinate piane nel sistema WGS84 – UTM33 ottenute acquisendo il punto con tempi di stazionamento crescenti, nelle modalità statica e RTK (con *log* statico e via GSM) e i risultati ottenuti della sessione del 16/11/05, rispetto alla SPR-Arezzo, indicata in figura 4.

⁴ La sessione di controllo è stata effettuata con un tempo di acquisizione di 40 minuti e il risultato ottenuto era comparabile con quelli effettuati precedentemente. Lo scarto maggiore è stato riscontrato in quota, con una differenza di poco superiore al centimetro.

EP OC HE 1 Hz	MODALITA' STATICA						MODALITA' RTK -LOG statico						MODALITA' RTK - GSM					
	Δ est	Δ nord	Δ hell	Δ 2D	Δ 3D	3D qual	Δ est	Δ nord	Δ hell	Δ 2D	Δ 3D	3D qual	Δ est	Δ nord	Δ hell	Δ 2D	Δ 3D	3D qual
5	-0.656	1.112	0.229	1.291	1.311	0.3057	-0.018	-0.016	0.022	0.024	0.032	0.0369	-0.017	-0.016	0.027	0.023	0.036	0.0041
10	-0.587	0.762	0.463	0.962	1.068	0.1994	-0.018	-0.016	0.015	0.024	0.029	0.0067	-0.018	-0.020	0.026	0.027	0.037	0.0033
15	-0.011	-0.005	0.036	0.012	0.038	0.0046	-0.022	-0.014	0.024	0.026	0.036	0.0401	-0.020	-0.017	0.031	0.026	0.040	0.0031
25	-0.011	-0.011	0.031	0.016	0.035	0.0038	-0.020	-0.013	0.020	0.024	0.031	0.0067	-0.020	-0.017	0.032	0.026	0.041	0.0026
50	-0.002	-0.008	0.020	0.008	0.022	0.0029	-0.016	-0.012	0.034	0.020	0.039	0.0420	-0.015	-0.014	0.040	0.021	0.045	0.0020
100	-0.020	-0.014	-0.004	0.024	0.025	0.0023	-0.009	0.006	0.048	0.011	0.049	0.0000	-0.007	0.005	0.049	0.009	0.050	0.0023
200	-0.007	0.002	0.022	0.007	0.023	0.0021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-0.009	0.005	0.019	0.010	0.022	0.0010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 5 – Scarti rilevati nella determinazione del vertice PA2 tra le coordinate in statico e in RTK e in funzione di tempi di stazionamento crescenti e i risultati della sessione del 16/11/05 rispetto alla SPR-Arezzo (figura 4).

Complessivamente, l'analisi dei dati conferma che, con entrambi i metodi, il vertice è determinato con precisione topografica con tempi minimi di acquisizione pari a 15 epoche; naturalmente l'accuratezza migliora all'aumentare dei tempi, mentre risulta di grande interesse risulta l'ottimo valore del parametro 3D quality ottenuto.

Conclusioni

I risultati ottenuti con il presente studio confermano, in primo luogo, che l'inquadramento della SPR-Arezzo è stato effettuato in modo corretto e che risulta essere stabile nel tempo. I test hanno inoltre permesso di evidenziare che è possibile ottenere buone precisioni complessive (di qualità centimetrica dal punto di vista planimetrico) effettuando inquadramenti nel sistema WGS 84, utilizzando la sola stazione permanente, sia in modalità statica che RTK. In questo modo, effettuare inquadramenti di rilievi di dettaglio può diventare estremamente semplice e veloce, evitando la necessità di ricorrere a punti noti di riferimento. Nell'ambito dell'attività quotidiana di rilevamento topografico ci sembra, inoltre, estremamente importante conoscere in dettaglio il grado di precisione ottenibile in funzione delle metodologie e dei tempi di acquisizione.

Tutti questi elementi hanno consentito al Servizio Difesa del Suolo della Provincia di Arezzo di uniformare e semplificare le fasi di inquadramento e acquisizione per l'esecuzione di rilievi topografici di dettaglio (sia da parte dei tecnici dell'Ente, che di professionisti o ditte esterni), utilizzando specifiche standard⁵, che prevedono l'utilizzo della sola SPR-Arezzo, per le operazioni di georeferenziazione e il software IGM VERTO2 con i relativi grigliati, per quelle di trasformazione delle coordinate. In questo modo, è stato possibile ottenere dati topografici omogenei e quindi facilmente integrabili tra loro, per livello di qualità e processi di acquisizione.

Più in generale, ci sembra che valga la pena di richiamare l'attenzione sull'importanza per le Pubbliche Amministrazioni di disporre di indicazioni precise su tempi e modalità di acquisizione dei dati per l'espletamento dell'attività topografica ordinaria, in modo da semplificare le fasi di rilievo e/o di collaudo, minimizzando tempi e costi di esecuzione.

Riferimenti bibliografici

Camiciottoli F., Radicchi L. (2005), *Disciplinare tecnico. Campagna di rilevamento topografico piano altimetrico*, Provincia di Arezzo - Servizio Difesa del Suolo, Arezzo.

Intesa GIS, Gruppo di lavoro "Reti plano-altimetriche" (2001). *Raffittimento della rete fondamentale IGM95. Specifiche tecniche*, <http://www.intesagis.it>.

Surace L., (1997), "La nuova rete geodetica nazionale IGM95: risultati e prospettive di utilizzazione", *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, 56-3: 357-378.

⁵ Camiciottoli F., Radicchi L. (2005), *Disciplinare tecnico. Campagna di rilevamento topografico piano altimetrico*, Provincia di Arezzo - Servizio Difesa del Suolo, Arezzo.

Surace L. (1998), “La georeferenziazione delle informazioni territoriali”, *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, 57-2: 181-234.

Stoppini A. (1997): “*Progettazione ed esecuzione di reti gps: tecniche per il miglioramento della qualita' e il contenimento dei costi*”. Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze Geodetiche e Topografiche. Università di Bologna.

Sansò F., De Lacy M.C.: “*Uno studio sulle diverse applicazioni del GPS e sul Futuro sviluppo della Rete di stazioni Permanenti GPS sul Territorio Italiano Orientato alla Creazione di un Servizio Geodetico Nazionale*”. Politecnico di Milano, sede di Como.

Il sistema GPS applicazioni e sviluppi nel rilievo del territorio. Maggiore Editore – 2003 – codice ISBN 88.387.2493.8.