

TEST DI ACCURATEZZA E RIPETIBILITÀ DI LUNGA DURATA SU POSIZIONAMENTI NRTK E NETWORKDGPS.

Guido FASSELLINI, Fabio RADICIONI, Aurelio STOPPINI

Università degli Studi di Perugia - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Via Duranti, 93 – 06125 Perugia – topos@unipg.it

Riassunto

Le prestazioni, in termini di accuratezza e ripetibilità, del posizionamento in tempo reale con correzioni di rete (NetworkDGPS e NRTK) sono generalmente valutate per brevi sessioni (poche epoche con un campionamento veloce, per esempio 1 secondo) seguendo le normali tecniche di rilievo adottate con tali metodi.

Una serie di test di lunga durata (da 4 a 25 ore) sono stati realizzati su postazioni fisse acquisendo con continuità correzioni differenziali di rete. Le soluzioni in tempo reale per ogni epoca hanno fornito lunghe serie temporali di coordinate tridimensionali che sono state analizzate per stabilirne precisione e accuratezza: i risultati sono stati messi in relazione al numero di satelliti utilizzati, ai parametri di DOP e confrontati con le soluzioni ottenuti dall'elaborazione in post-processamento dei dati statici.

La sperimentazione è stata eseguita in Umbria, impiegando la rete di stazioni permanenti realizzata dalla Regione Umbria e dall'Università di Perugia (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale – DICA, Laboratorio di Topografia).

Abstract

The performance of a NetworkDGPS or NRTK positioning system, in terms of accuracy and repeatability, is normally evaluated for very short sessions (a few epochs at a fast sampling rate, e.g. 1 second) following the normal surveying praxis adopted with such methods.

A series of tests have been carried out for long sessions (4 to 25 hours) on fixed locations, acquiring GNSS signals and network corrections with continuity. The real time solutions (epoch by epoch) have given long time series of three-dimensional instantaneous positions, analyzed in terms of precision and accuracy: the results (NRTK and NetworkDGPS positions) have been related to the number of used satellites and to the DOP parameters and compared with the static GNSS solutions.

The experimentation has been performed in the area of Umbria (Italy), using the regional GNSS permanent stations network realized thanks to a joint project programme between the Umbria Region and the Department of Civil and Environmental Engineering (DICA) of Perugia University.

1. Reti di stazioni permanenti gestite dall'Università di Perugia

Lo sviluppo di reti regionali di stazioni permanenti GNSS ha avuto recentemente una notevole accelerazione dovuta alla consapevolezza che lo sviluppo tecnologico, abbinato ai traguardi ottenuti dalla ricerca scientifica, consente di utilizzare i dati di queste reti per sempre nuovi servizi. Allo stato attuale tali reti sono impiegate principalmente da tecnici e da Enti pubblici per il posizionamento in tempo reale.

Il Laboratorio di Topografia gestisce attualmente due reti di stazioni permanenti GNSS:

- GPSUMBRIA, la rete ufficiale della Regione Umbria realizzata grazie alla Convenzione tra la Regione Umbria e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale – DICA, Laboratorio di

Topografia: fornisce dati per l'utilizzo in post-elaborazione e correzioni differenziali in tempo reale. E' costituita da dieci stazioni permanenti GNSS che coprono l'intero territorio della Regione (Figura 1). Informazioni relative a tale rete, i dati per l'utilizzo in post-elaborazione e il modulo per l'adesione alla sperimentazione del tempo reale sono disponibili nel sito web: <http://www.gpsumbria.it>

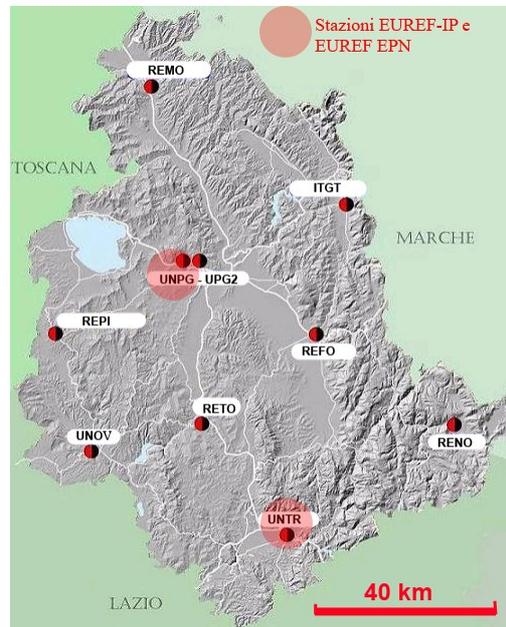


Figura 1 Rete di stazioni permanenti GNSS: GPSUMBRIA (<http://www.gpsumbria.it>)

- LABTOPO, rete di stazioni permanenti gestita dall'Università di Perugia che fornisce dati per l'utilizzo in post-elaborazione. E' costituita da 20 stazioni permanenti GNSS distribuite approssimativamente a copertura del centro Italia. Informazioni relative a tale rete e i dati per l'utilizzo in post-elaborazione sono disponibili al sito web: <http://labtopo.ing.unipg.it/labtopo> .

	Modello (secondo rcvr ant.tab dell'IGS)	Acronimi identificativi stazioni permanenti⁽¹⁾
ANTENNA	TPSCR3_GGD CONE	RETO, REFO, REPI, REMO, RENO, ITRN, UNUB, IEMO, MOIE, CAIE, GUIE, COIE, ITFA, ITGT, UNOV, ITRA, CSGP
	TPSCR3_GGD	UNTR
	TPSCR.G3	UPG2
	JPSREGANT_DD_E	UNPG
RICEVITORE	TPS_LEGACY_E_GGD	ITFA, UNUB
	ODYSSEY_RS	UNPG, RETO, REFO, REPI, REMO, RENO, ITRN, IEMO, MOIE, CAIE, GUIE, COIE, ITGT, UNOV, UNTR, ITRA, CSGP
	NET-G3	UPG2
OROLOGIO ATOMICO	RUBIDIUM	UNPG, RETO, REFO, REPI, REMO, RENO
SENSORE METEO	Pressione, Temperatura, Umidità	UNPG, RETO, REFO, REPI, REMO, RENO

⁽¹⁾ Stazioni della rete **Labtopo**: UNPG, UPG2, RETO, REFO, REPI, REMO, RENO, ITRN, UNUB, IEMO, MOIE, CAIE, GUIE, COIE, ITGT, UNOV, UNTR, ITRA, CSGP;

Stazioni della rete **GPSUMBRIA**: UNPG, UPG2, RETO, REFO, REPI, REMO, RENO, ITGT, UNOV, UNTR.

Tabella 1 – Hardware installato nelle stazioni permanenti della rete Labtopo e GPSUMBRIA

La monumentazione di ogni sito della rete GPSUMBRIA e della maggior parte della rete LABTOPO (informazioni sono presenti nelle monografie) è eseguita secondo le specifiche definite dall'IGS e dall'EUREF. Le stazioni permanenti GNSS: UNPG (Perugia) e UNTR (Terni) fanno parte della rete EUREF EPN (UNPG invia anche RINEX meteo files con campionamento a 30 secondi) e del progetto EUREF-IP real-time. In tabella 1 è riportato l'hardware installato nelle stazioni permanenti delle due reti.

Tutti i dati sono sottoposti a controllo di qualità attraverso il software TEQC dell'UNAVCO e scaricabili dai siti web: www.gpsumbria.it e <http://labtopo.ing.unipg.it/labtopo> con campionamento a 1, 5 (Rinex data files orari) o 30 secondi (Rinex data files giornalieri e Rinex meteo files orari).

Le funzionalità in tempo reale della rete GPSUMBRIA sono ottenute mediante il software GNSMART della Geo++ ®. Le correzioni differenziali (vedi tabella 2) sono distribuite in forma gratuita, in questa prima fase di sperimentazione (l'iscrizione avviene attraverso la compilazione di un modulo scaricabile dai due siti web citati) attraverso modem oppure, preferibilmente, attraverso protocollo Ntrip con username e password collegandosi ad un indirizzo IP.

Identificativo stream	RTCM	Types	NMEA
FKP	RTCM 2.3	20(1),21(1), 3(17), 14(31), 22(17)	NO
FKP NMEA	RTCM 2.3	20(1),21(1), 3(17), 14(31), 22(17)	SI
VRS NMEA	RTCM 2.3	20(1),21(1), 3(17), 14(31), 22(17)	SI
Codice	RTCM 2.0	1(1), 3(17), 14(31)	NO
1819 VRSNMEA	RTCM 2.3	18(1), 19(1), 1(1), 3(15), 22(17)	SI

Tabella 2 – Correzioni differenziali distribuite dalla rete GPSUMBRIA

2. Test di lunga durata con correzioni differenziali NetworkRTK.

Il primo test è stato compiuto per comparare due differenti tipi di correzione differenziale di fase: VRS (Virtual Reference Station) e FKP (Flächen-Korrektur-Parameter) calcolate dal software GNSMART. I due rover sono stati collocati in un posizione pressoché baricentrica al triangolo UNPG-REFO-RETO. Sono stati usati per i tests due kit rover con configurazioni simili collocati su punti fissi per l'intera durata dell'esperimento:

- Topcon HIPER-PRO con controller FC-100 e cellulare Nokia N70 per l'invio di un messaggio NMEA e per ricevere correzioni differenziali VRS;
- Topcon HIPER-PRO con controller FC-100 e cellulare Nokia 6630 per l'invio di un messaggio NMEA e per ricevere correzioni differenziali FKP.

Per entrambi i ricevitori sono stati registrati anche i raw data files per la stima delle coordinate in post-elaborazione.

Il test con correzioni VRS è stato eseguito a partire dalle 8.26 (local time) per 2028 epoche con un campionamento di 15 secondi e ha fornito i seguenti risultati: 61% di epoche fixed, 37% float e 2% in posizionamento assoluto.

Il test con correzioni FKP è stato eseguito a partire dalle 8.26 (local time) per 1100 epoche con un campionamento di 15 secondi e ha fornito i seguenti risultati: 99% di epoche fixed, 1% float e nessun posizionamento assoluto.

La Figura 2 mostra che entrambe le soluzioni sono precise e accurate: in planimetria tutte le soluzioni sono in un range di 10 cm., ma la maggior parte sono in 3 cm. (in un range di 3 cm. vi sono: 84% VRS e 76% FKP di coordinate Nord, 90% VRS e 82% FKP di coordinate Est); le soluzioni altimetriche sono peggiori, come prevedibile, nel posizionamento satellitare ed emergono alcune differenze tra le soluzioni VRS e FKP: tutte le soluzioni VRS sono in un range di 20 cm. e

tutte le FKP in 30 cm. (a causa della dispersione di alcune soluzioni tra 816,20 m e 816,32 m) e la maggior parte sono in 7 cm.: 83% delle soluzioni altimetriche VRS e 85% FKP.

E' importante sottolineare che in entrambi i metodi non ci sono stati falsi fissaggi di ambiguità, di cui la letteratura fa menzione.

I valori degli RMS confermano questa analisi e dimostrano la piccola differenza in termini di precisione e accuratezza tra i due metodi (vedere tabella 3): il RMS è circa 1 cm. in planimetria e 3 cm. in altimetria. Anche le differenze tra il valore *monografico* (ottenuto dalla stima in post-processamento dei raw-data statici) e il valore medio in tempo reale sono circa 1 cm. in planimetria e minori di 4 cm. in altimetria.

Valori espressi in metri		Nord	Est	Altezza
VRS	RMS	0.012	0.010	0.029
	Differenza: valore monografico-valore medio	0.003	-0.006	-0.023
FKP	RMS	0.012	0.011	0.034
	Differenza: valore monografico-valore medio	0.008	-0.004	-0.038

Tabella 3 - FKP e VRS: RMS e differenza tra il valore ottenuto dalla stima in post-processamento dei raw-data statici e il valore medio delle soluzioni ottenute dalle correzioni differenziali

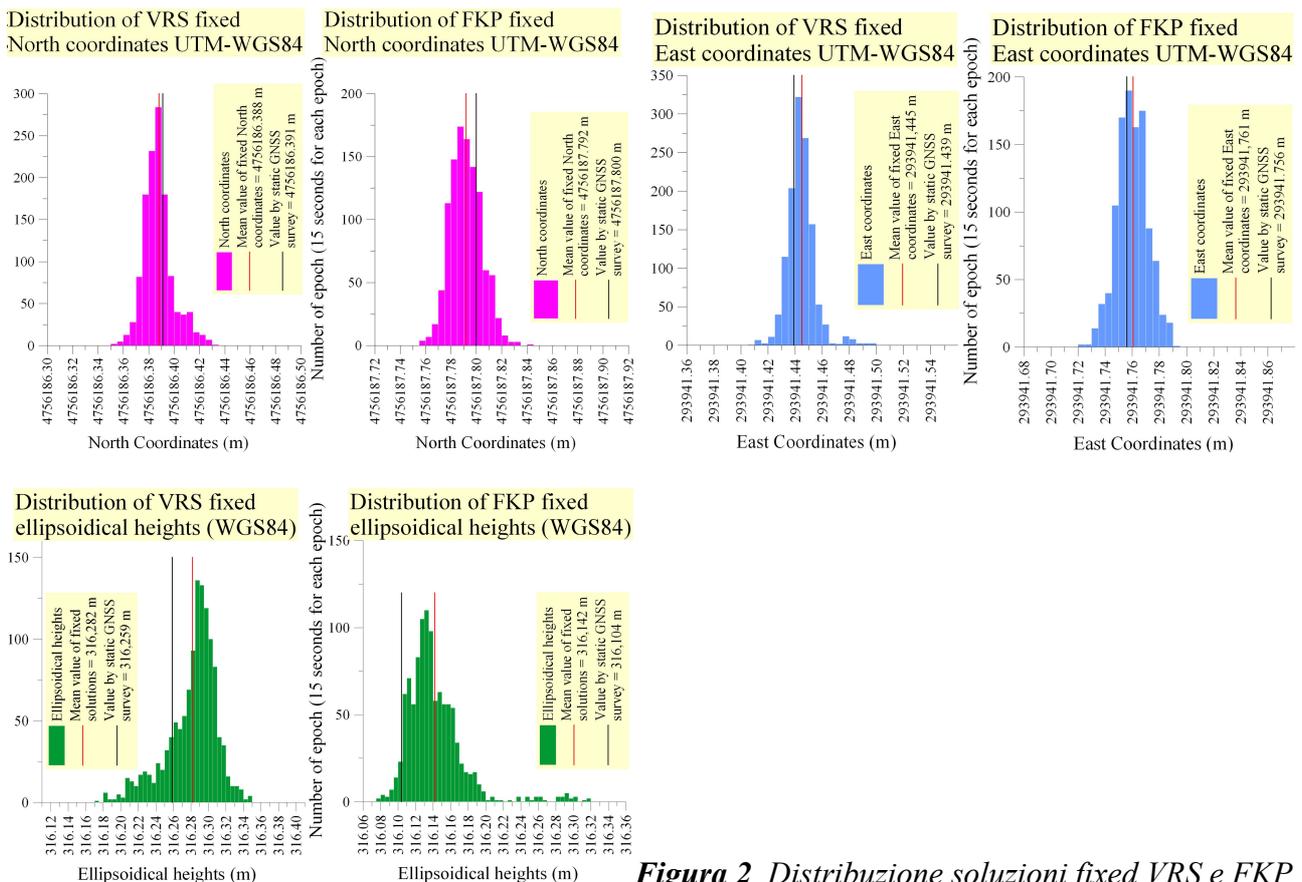


Figura 2 Distribuzione soluzioni fixed VRS e FKP

In Figura 3 c'è il diretto confronto durante le stesse epoche tra i due tipi di correzioni differenziali: si può notare che la tecnica FKP fornisce più soluzioni fixed rispetto al VRS (nella figura sono presenti periodi costituiti da molte epoche in cui non si hanno soluzioni VRS fixed, ma sono presenti soluzioni FKP) anche con una configurazione satellitare non buona. D'altra parte si evidenzia un minor *rumore* delle soluzioni VRS. La precisione del risultato dipende anche dalla

configurazione satellitare: la differenza tra valore medio e la soluzione differenziale per una singola epoca cresce all'aumentare del PDOP.

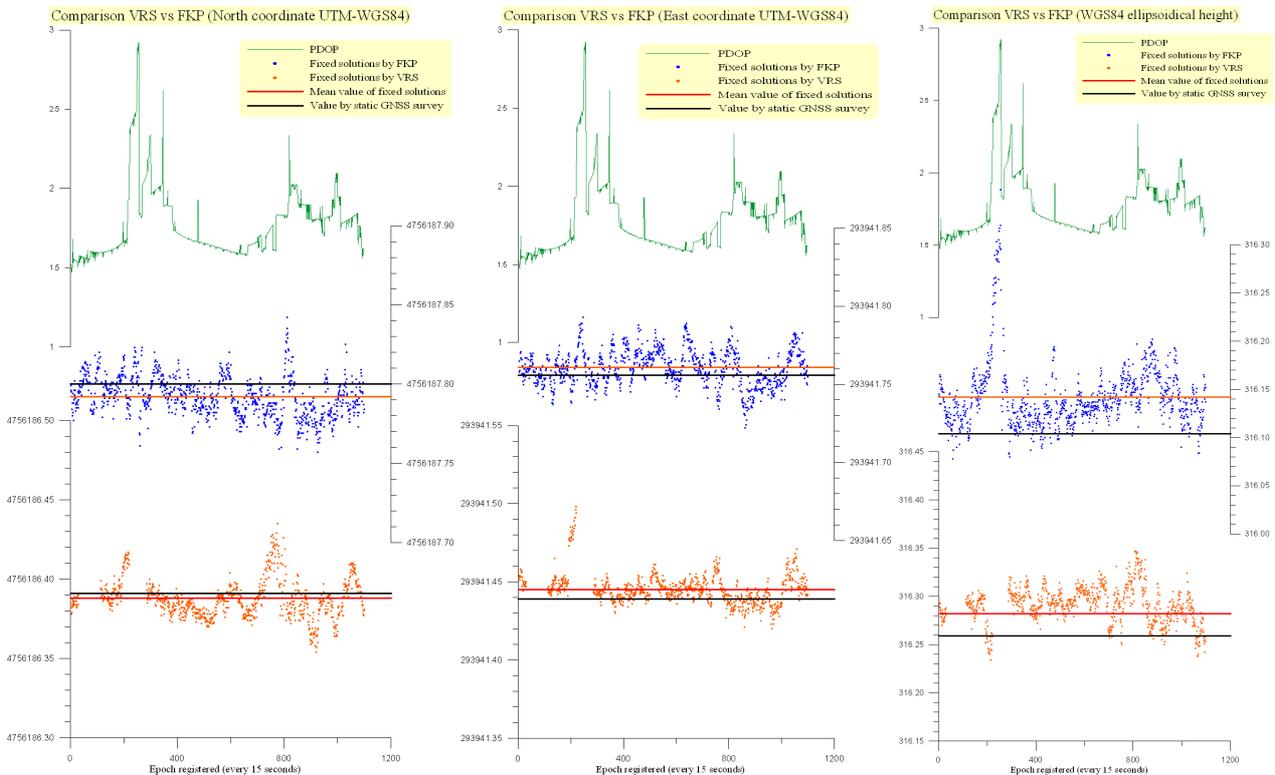


Figura 3 Paragone VRS – FKP nelle soluzioni Nord, Est e Altezza ellissoidica.

3. Test di lunga durata con correzioni differenziali NetworkDGPS.

Il test con correzioni differenziali di rete di codice ha fornito soluzioni molto precise ed accurate.

Gli strumenti erano costituiti dall'antenna Topcon LEGANT installata con centramento forzato su un sito di una stazione permanente, un ricevitore Topcon LEGACY_E_GGD connesso ad un controller Topcon FC-100 e ad un PC, su cui era installato il software GNSSInternetRadio, scritto dal BKG (Bundesamt for Kartographie und Geodasie), per ricevere le correzioni differenziali di codice dalla rete in tempo reale GPSUMBRIA.

Questo test è stato eseguito per 25 ore con un campionamento di 15 secondi per un totale di 6000 epoche, di cui solamente 15 in posizionamento assoluto.

La Figura 4 mostra che la maggior parte delle soluzioni sono contenute in un range di 0,25 m in planimetria e circa mezzo metro in altimetria. I valori del RMS e le differenze tra il valore *monografico* e il valore medio in tempo reale sono molto piccoli in relazione a questo tipo di correzione differenziale.

Tali risultati rendono le correzioni differenziali di codice di rete utili in molte applicazioni, non solamente per applicazioni GIS. I vantaggi di questa tecnica sono: il basso costo dell'hardware, la possibilità di ricevere correzioni differenziali di rete da centinaia di chilometri dalla rete stessa, la possibilità del posizionamento anche con una configurazione satellitare non ottimale.

4. Conclusioni

Attraverso i tests di lunga durata delle correzioni differenziali distribuite dalla rete GPSUMBRIA si intendeva provare la stabilità delle soluzioni real-time al variare della configurazione satellitare e la ripetibilità delle stesse.

L'assenza di interruzioni nella ricezione delle correzioni differenziali da Internet dimostra la diffusa copertura nel territorio del segnale GPRS-UMTS.

I due tipi di correzioni differenziali di fase (VRS e FKP) si sono dimostrati entrambi precisi e

accurati: la maggior parte delle soluzioni fixed rientrano in un intervallo di 3 cm. in planimetria e 7 in altimetria. FKP ha fornito più soluzioni fixed del VRS, ma le soluzioni VRS appaiono più stabili del FKP. Per tutte le epoche con entrambe le metodologie non sono stati evidenziati falsi fissaggi dell'ambiguità. Questo livello di precisione permette l'uso delle correzioni differenziali di rete per la maggior parte delle applicazioni, perché la precisione è ora paragonabile al rilievo statico-rapido. La precisione sub-metrica del posizionamento con le correzioni differenziali di codice di rete è forse il risultato più importante di questi test, perché apre a questa tecnica nuovi ambiti applicativi

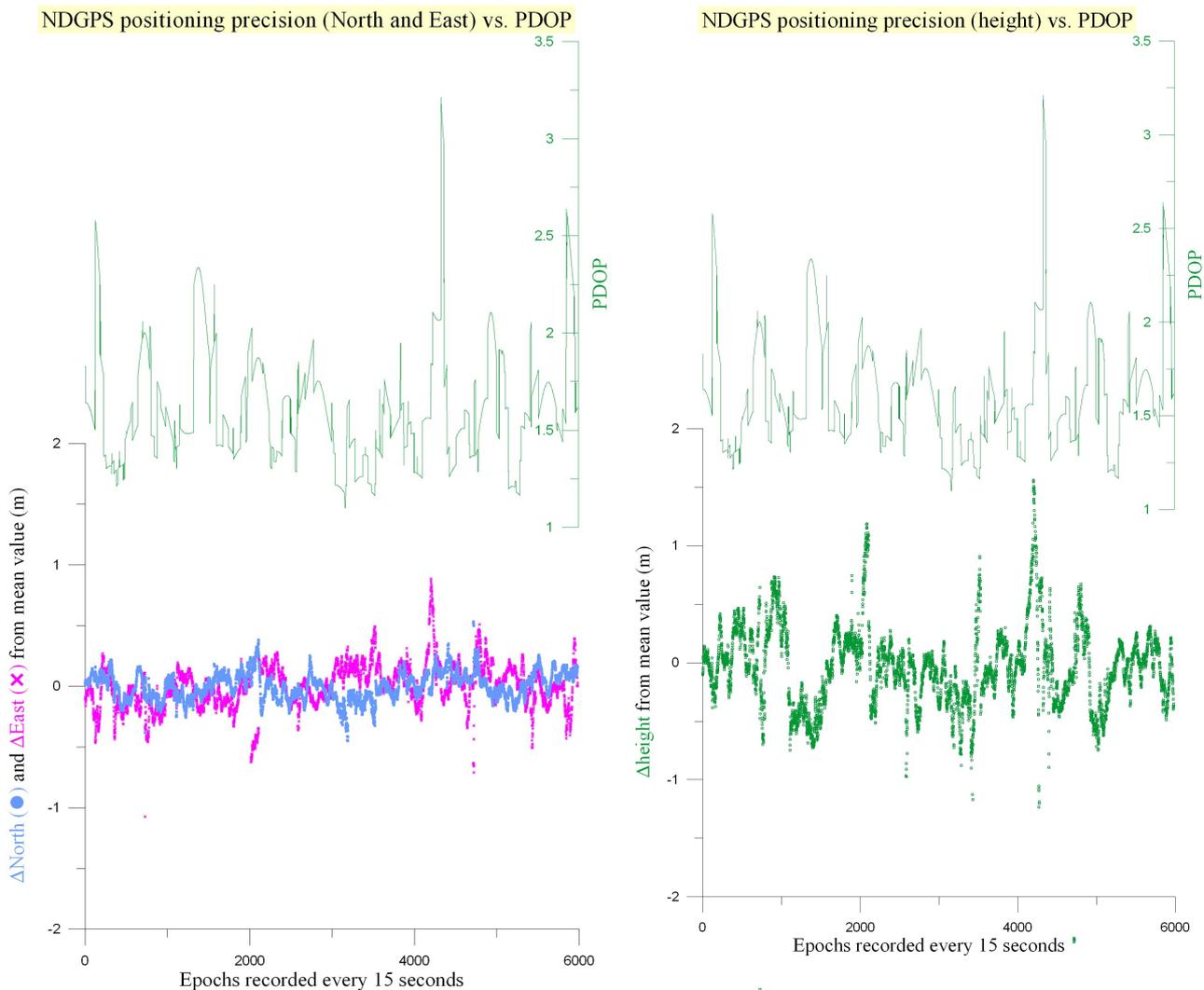


Figura 4 Precisione delle correzioni differenziali NetworkDGPS

Riferimenti bibliografici

- Cina, A., Manzino, A., Piras, M., Roggero, M. (2004). Reti GPS per il tempo reale, le informazioni contenute nel segnale differenziale. Bollettino SIFET, n.° 4 – 2004.
- Euler, H.-J., Zelzer, O., Takac, F., Zebhauser, B. E. (2003). Applicability of Standardized Network RTK Message for Surveying Rovers. In: *Proc. of ION GPS/GNSS 2003, 9-12 September 2003*, Portland, OR, pagg 1361-1369.
- Rogowski, J. B., Kujawa, L., Leszczynski, M. (2006). Studies on accessibility and reliability of RTK measurements by Internet. In: *Proc. Of Riga EUREF Meeting, Latvia, June 14-17 2006*, EUREF Publication No. 16.