

Prova sperimentale di un SBAS nell'Italia meridionale.

SALVATORE GAGLIONE, TOMMASO COZZOLINO**

SOMMARIO

In quest'articolo si riportano i risultati di misure effettuate in diverse località del sud Italia. Esse fanno parte di una fase di sperimentazione programmata da Eurocontrol che ha messo a disposizione del nostro gruppo la strumentazione necessaria per l'acquisizione delle serie temporali in modalità statica.

1 INTRODUZIONE

L' EGNOS (European Geostationary Navigation overlay Service), sistema satellitare di augmentation, è al giorno d'oggi in fase di implementazione e dovrebbe divenire operativo nel 2004. I tests svolti su un suo prototipo, vale a dire l'EGNOS System Test Bed (ESTB), hanno già dato buoni risultati anche se, come è ovvio che sia, ESTB è meno potente di EGNOS soprattutto per i requisiti di disponibilità del servizio e per il numero di stazioni di controllo e di calcolo. Grazie a questo prototipo si sono già potuti effettuare tests soddisfacenti sui processi che intervengono nelle correzioni differenziali e dei dati d'integrità di un SBAS.

Nelle prove del sistema ESTB svolte si vogliono verificare le quattro caratteristiche di un sistema satellitare e cioè:

- l'accuratezza,
- la continuità,
- la disponibilità,
- l'integrità;

in particolare per verificare l'integrità si deve controllare se i cosiddetti livelli di protezione, il VPL (*Vertical Position Level*) ed l' HPL (*Horizontal Position Level*), sono inferiori ai livelli d'allarme stabiliti nell'GNSS SARPS dell'ICAO per le applicazioni richieste. Tali parametri sono calcolati da caratteristiche del sistema stesso e quindi indipendenti dalle misure,.

Naturalmente si deve verificare se l'errore commesso sulla posizione risulta essere realmente inferiore ai livelli di protezione.

* Dottorandi di ricerca in "Scienze Geodetiche e Topografiche" presso l'Università degli studi di Napoli Parthenope

2 PROVE STATICHE

Sono state svolte varie prove statiche al fine di verificare la precisione che si raggiunge con l'ESTB. Numerosi sono stati test del sistema analoghi a questi in tutta Europa, ma è la prima volta che essi vengono svolti nel sud dell'Italia. Sono stati acquisiti dati in varie località tra cui Catania, Enna, Portici (Napoli) utilizzando le correzioni che provenivano sia dal satellite geostazionario AOR-E sia da quello IOR-E. E' stato possibile ricevere il segnale dal satellite IOR-E con un buon rapporto segnale rumore (S/N), proprio perché si è operato a latitudini più basse rispetto a quelle delle altre località in cui si sono effettuati test analoghi. Le prove su IOR-E sono state richieste esplicitamente da EUROCONTROL.

Si presentano i risultati ottenuti nelle seguenti condizioni d'acquisizione:

Tabella 1 – Condizioni di acquisizione

Località	Periodo	Posizione			Correzioni SBAS	Satellite SBAS
		φ	λ	<i>h quota ellissoidica</i>		
Portici	dalle 17:45 del 13/01/2003 alle 20:45 del 13/01/2003	40°48'58".12 N	14°20'7".3 E	98.5 m	Si	AOR-E
Catania	dalle 10:59 del 19/02/2003 alle 11:48 del 20/02/2003	37°31'39".32 N	15°04'02".3 E	223.22 m	Si	AOR-E
Enna	dalle 16:47 del 20/02/2003 alle 10:47 del 21/03/2003	37°34'09".02 N	14°16'10".72 E	1011.44 m	Si	IOR-E

Equipaggiamento

Il ricevitore utilizzato è il: Novatel Millennium OEM-3 con un'antenna Novatel GPS choke-ring. Questo ricevitore ha 12 canali (10 GPS + 1 SBAS) e lavora su due frequenze L1/L2. I dati sono stati scaricati su un PC portatile fornito del software Novatel SLOG. La figura 1 riporta lo schema a blocchi del sistema di acquisizione assemblato.

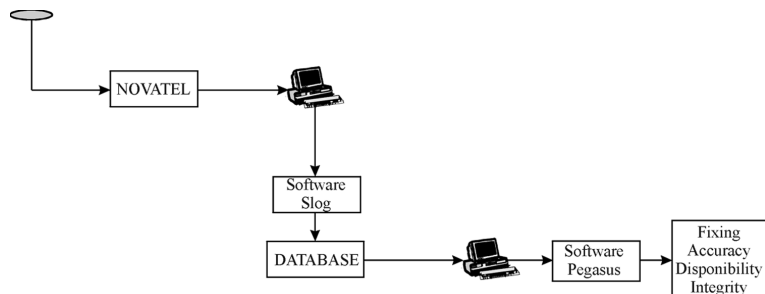


Figura 1 – Sistema di acquisizione

Elaborazione dei dati

I dati sono stati processati utilizzando il software Pegasus*Plus v1.2 sviluppato da EUROCONTROL con la collaborazione di un gruppo di lavoro del GOV (GNSS-1 Operazionale Validation). Questo *tool* è in grado di fornire una soluzione navigazionale in accordo con l' RTCA il DO229A MOPS.

2.1 RISULTATI

2.1.1 ACCURATEZZA ORIZZONTALE E VERTICALE

La tabella seguente riassume l'Errore sulla Posizione Orizzontale (HPE Horizontal Position Error) e l' Errore sulla Posizione Verticale (VPE Vertical Position Error)

Tabella 2 – Errori sulla posizione

Località	Portici (AOR-E)	Enna (IOR-E)	Catania (AOR-E)
95 % HPE	2.9 m	2.8 m	2.1 m
95% VPE	4.2 m	4.0 m	3.1 m

I requisiti di accuratezza imposti dal ICAO's GNSS Standards and Recommended Practies (SARPS) sono :

Tabella 3 – Requisiti dell'errore di posizione

Operation	Horizontal Accuracy 95%	Vertical Accuracy 95%
NPA	220 m	N/A
APV-I	220 m	20 m
APV-II	16 m	8 m
CAT-I	16 m	6-4 m

Dal confronto tra le due tabelle precedenti si può notare come siano soddisfatti i requisiti fino alla CAT-I.

2.1.2 INTEGRITÀ DEL SISTEMA

Ricordando la definizione di *Integrità* di un sistema di posizionamento (possibilità del sistema di avvisare gli utenti di un suo cattivo funzionamento per operazioni specifiche), si introducono di seguito i livelli di protezione Orizzontale e Verticale (HPL e VPL) che forniscono un limite superiore all' errore sulla posizione dell'utente.

I valori ottenuti per il set di misure effettuate sono:

Tabella 4 – Livelli di Protezione

Località	Portici (AOR-E)	Enna (IOR-E)	Catania (AOR-E)
95 % HPL	15.0 m	9.8 m	13.6 m
95% VPL	25.7 m	13.9 m	16.4 m

I limiti d'allarme con i quali l'utente deve confrontare il suo livello di protezione sono definiti nell'GNSS SARPS dell'ICAO:

Tabella 5 – Requisiti dei Livelli di Protezione

Operation	Horizontal Alarm Limit	Vertical Alarm Limit
NPA	556 m	N/A
APV-I	556 m	50 m
APV-II	40 m	20 m
CAT-I	40 m	15-10 m

Dal confronto di queste ultime tabelle si può verificare come per il canale orizzontale non ci sono problemi di nessun tipo; per quanto riguarda invece il dominio verticale nelle prove effettuate le categorie che non sono state soddisfatte sono l' APV-II ed il CAT-I.

2.1.3 DISPONIBILITÀ DEL SISTEMA

E' stato possibile verificare la disponibilità del sistema di navigazione per operazioni specifiche. Per disponibilità, ricordiamo, si intende la percentuale di tempo durante il quale il sistema ha soddisfatto il requisito di accuratezza, integrità e continuità per la prefissata operazione. Risultati dettagliati sono illustrati nelle cifre seguenti:

Tabella 6 – Disponibilità del sistema

Località	Portici (AOR-E)	Enna (IOR-E)	Catania (AOR-E)
Horizontal CAT-I	100 %	100 %	100 %
Vertical APV-I	100 %	100 %	100 %
Vertical APV-II	92.69 %	98.878096 %	99.9931%
Vertical CAT-I	82.86 %	82.150648 %	79.2152 %

2.2 TEST CAMPIONE

Si presentano di seguito i grafici ottenuti dal software *Pegasus Plus* per la sola prova di Portici essendo del tutto analoghi quelli delle altre prove.

La figura 2 mostra l'errore sulla posizione:

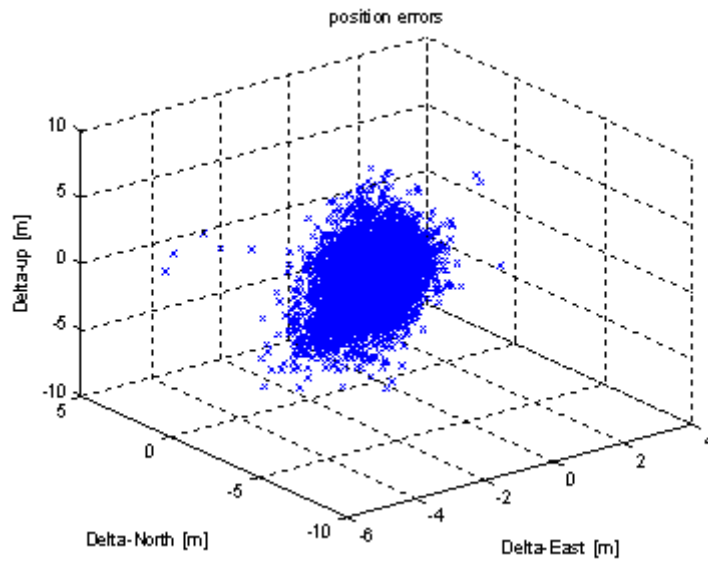


Figura 2 Errore sulla posizione

Per quanto riguarda la distribuzione statistica dell'errore si ha (vd. Figura 3):

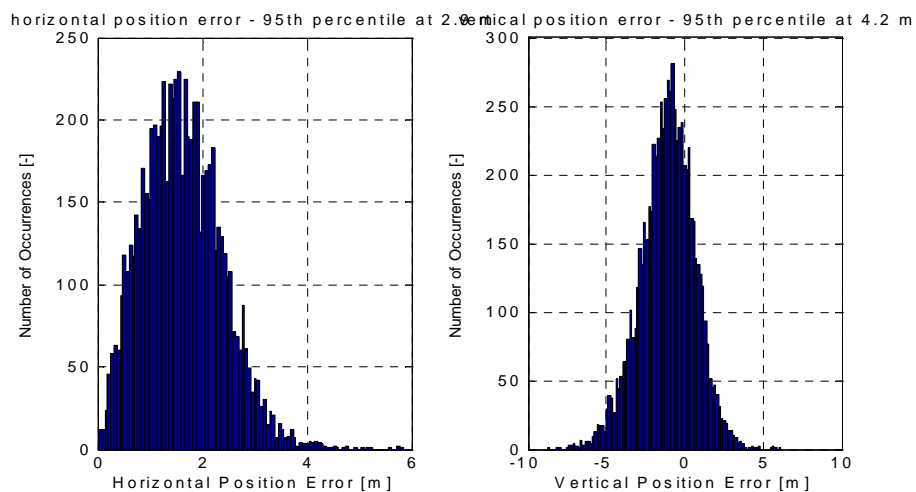


Figura 3 Istogrammi dell'errore sulla posizione orizzontale e verticale

Le figure 4 e 5 rappresentano l'errore sulla posizione (linea blu) ottenuto dal confronto della soluzione misurata con quella nota per l'antenna. La linea verde invece rappresenta il livello di protezione relativo, si può facilmente notare come in nessun caso l'errore sulla posizione è maggiore del livello di protezione:

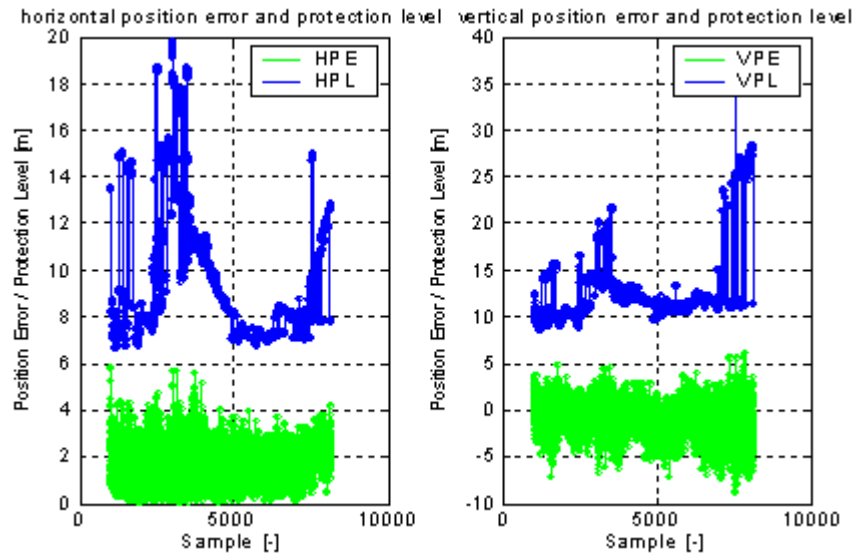


Figura 4 Confronto tra l'errore sulla posizione e il relativo livello di protezione

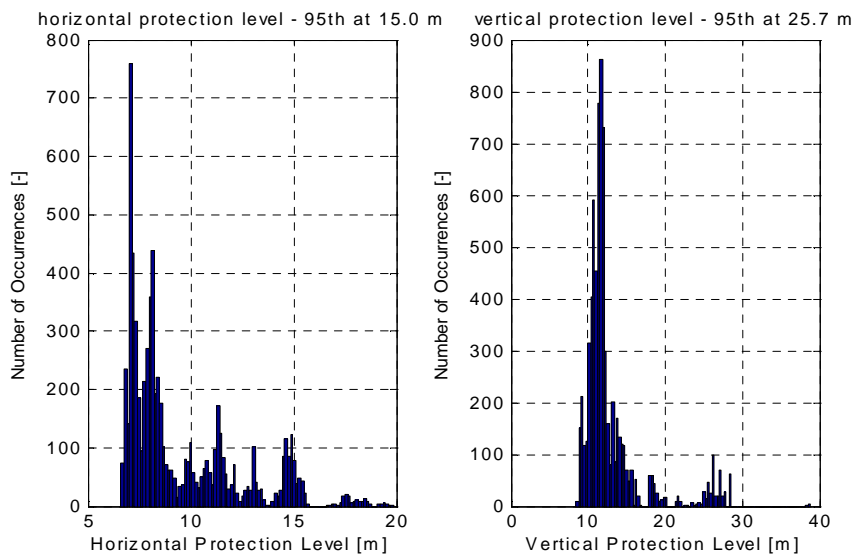


Figura 5 Istogrammi dei livelli di protezione

La figura 6 fornisce informazioni di disponibilità. Il sistema è disponibile quando sta operando con un accuratezza, integrità (livelli di protezione) e continuità specificate. I risultati sono presentati nel piano orizzontale e (APV – II e CAT – I) e nella dimensione verticale :

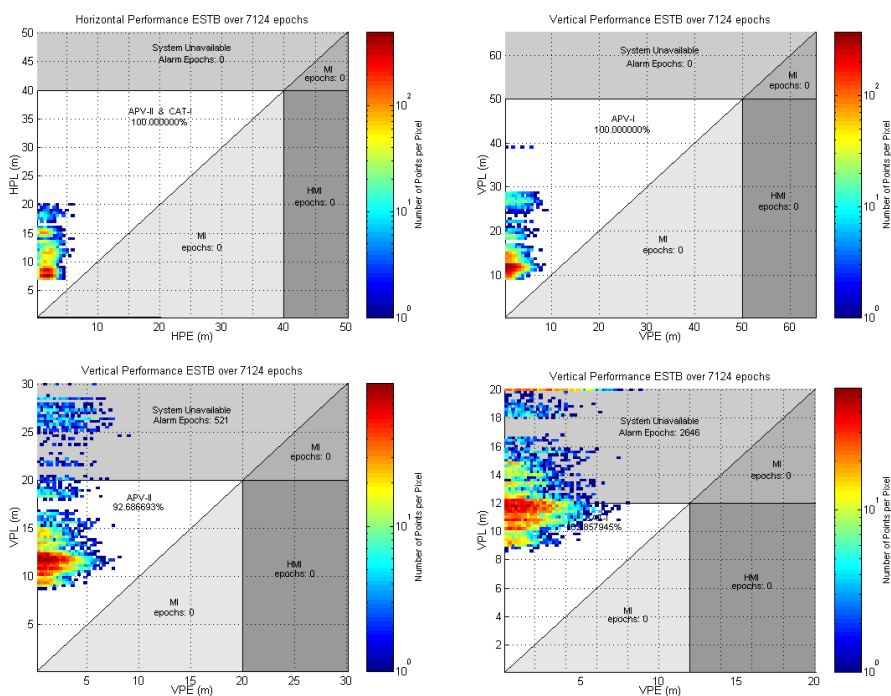


Figura 6 Grafici di Stanford

I grafici precedenti (Figura 6), noti come ‘Stanford graphs’, mostrano il confronto tra il valore assoluto dell’ errore sulla posizione orizzontale e verticale (HPE e VPE) e i relativi livelli di protezione (HPL e VPL). Ricordando la tabella 2.7.1, si può notare come si sono raggiunti i livelli d’integrità richiesti per l’APV I nel 100% dei casi sia nel dominio orizzontale sia in quello verticale. Invece, per quanto riguarda l’APV II, il VPL è spesso maggiore del limite d’allarme. Per quest’ultima categoria quindi il sistema non garantisce l’integrità del sistema.

3 PROVA DINAMICA

Questa prova è stata effettuata per verificare le potenzialità di EGNOS in ambiente urbano. L’esperimento è stato svolto montando l’apposita strumentazione su di un veicolo mobile terrestre (vd. Figura).



In particolare per poter assicurare la posizione del veicolo in movimento si sono utilizzati una coppia di ricevitori *Trimble 4700*, uno posizionato in una posizione nota che fungeva da base station l'altro a bordo del veicolo. I dati raccolti da questi due ricevitori sono stati post processati per ottenere una traiettoria di riferimento rispetto alla quale confrontare i risultati ottenuti utilizzando il ricevitore *Novatel OM3* capace di ricevere il segnale ESTB. L'equipaggiamento a bordo del veicolo prevedeva quindi due ricevitori (il *Trimble e il Novatel*) collegati ad un'unica antenna per mezzo di uno splitter ed un laptop collegato ai due ricevitori per l'archiviazione dei dati.

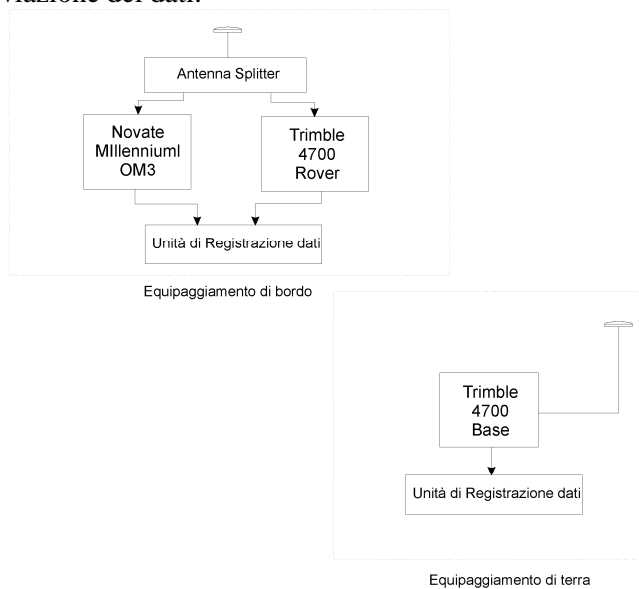


Figura 7

I dati sono stati raccolti a Roma dalle 11:26 (UTC) del 29 aprile 2003 alle 12:29 dello stesso giorno. Il sito in cui è stato installato il ricevitore *Trimble 4700 reference* ha coordinate:

$\varphi = 41^{\circ}52'47''.06$ N	$\lambda = 12^{\circ}33'20''.61$ E	(Quota Ortometrica) = 111,746
------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------

la traiettoria seguita elaborata post-processando i dati dei ricevitori *Trimble 4700* è visibile in figura

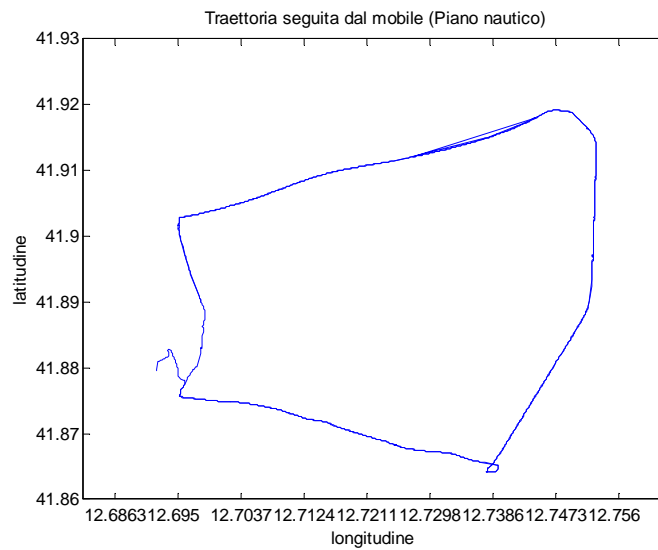


Figura 8 Traiettoria nominale

Si presenta il confronto di questa traiettoria con quella ottenuta elaborando i dati acquisiti dal ricevitore *Novatel* e processati con il programma *Pegasus Plus*:

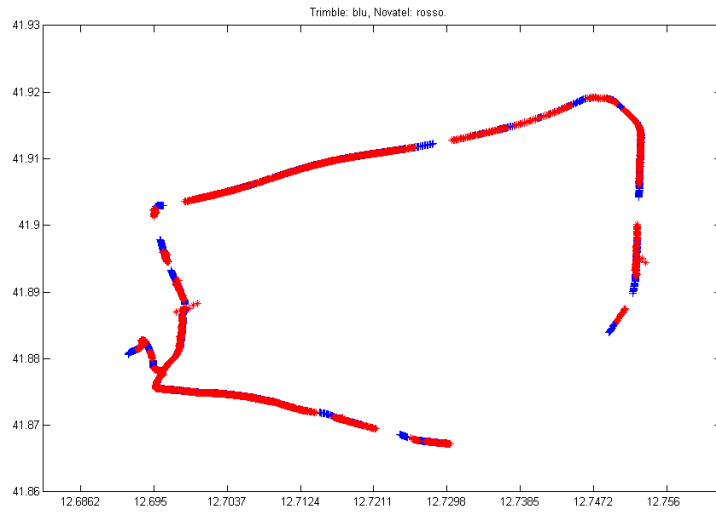


Figura 9 Confronto con la posizione misurata

Durante questa prova come si può notare dalle figure 9 e 10 non si è avuta una copertura del segnale ESTB permanente. Il grafico in figura 9 mostra dei buchi che dipendono proprio dall'assenza di tale segnale.

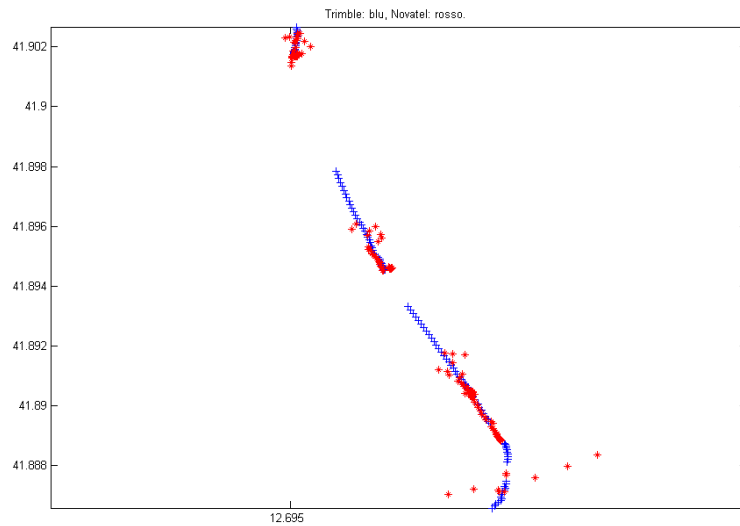


Figura 10

Per quanto riguarda le precisioni ottenute i risultati non sono soddisfacenti. I problemi riscontrati in questa prova sono di molteplice natura.

In primo luogo, un ricevitore in ambiente urbano a causa di impedimenti di natura fisica è soggetto sia a frequenti perdite di segnale sia a subire pesanti effetti di multipath.

La prova, inoltre, è stata inficiata dal cattivo funzionamento nel periodo di raccolta dati del sistema ESTB, che in alcuni momenti non ha fornito le correzioni differenziali, o le ha fornite in maniera errata. Quest'ultimo fatto ha portato a calcoli della posizione affetti da notevoli errori in molti istanti.

4 CONCLUSIONI

Per quanto riguarda la prova statica del sistema ESTB, il test ha mostrato il buon funzionamento del prototipo in diversi siti dell'Italia meridionale (vd. Tabella n°2 e 4); la prova dinamica, invece, non ha alcun valore, poiché le condizioni in cui si è operato sono state particolari, come evidenziato precedentemente. Tale fatto è stato anche confermato da uno studio analogo fatto da EUROCONTROL su questi dati che ha verificato il momentaneo malfunzionamento dell' ESTB.

Si coglie l'occasione per ringraziare il Prof. Mario Vultaggio il Prof. Vincenzo Nastro e i tecnici dell'Istituto di Navigazione G. Simeon Alberto Greco, Franco Rossi e Luigi Russo; inoltre per la strumentazione messa a disposizione e per la loro proficua collaborazione si ringraziano l'Ing. Santiago SOLEY e l'Ing. Rick Farnworth dell'agenzia EUROCONTROL, e la ELMAR s.r.l. di Roma.

5 REFERENCE

- [1] PEGASUS*Plus Technical Notes, EUROCONTROL
- [2] Minimum Operational Performance Standards for Airborne Supplemental Navigation Equipment Using GPS, RTCA Document 208, July 1991
- [3] RTCA: Minimal Operational Performance Standards for GPS/WAAS Airborne Equipment, Doc. No. Do 229 A, June 1998
- [4] ESTB SIS User Interface Description, ESA, Doc.-No. : E-TN-ITF-E31-0008-ESA, issue 0 revision 1, 20-06-00
- [5] GPS Standard Positioning Service Performance Standard, October 2001
- [6] ESA EGNOS web pages <http://www.esa.int/export/esaEG/estb.html>
- [7] ESTB – Egnos System Test Bed, dott.Salvatore Gaglione dott. Tommaso Cozzolino