



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

A.A. 2020-2021

Sessione di Laurea Ottobre 2021

**Posizionamento di precisione con sensori GNSS low-cost in aree
montane ad alta quota**

Relatore: Prof. Paolo Dabove

Candidato: Mattia Gerbi

Indice

1	Concetti base di posizionamento GNSS	4
1.1	Le costellazioni GNSS	4
1.2	Tipologie di segnale e misure	4
1.2.1	Segnale costellazioni CDMA/FDMA	5
1.2.2	Segnale GPS	5
1.2.3	Segnale GLONASS	6
1.2.4	Segnale Galileo	6
1.2.5	Segnale BeiDou	7
1.3	Tipologie di ricevitori	7
1.4	Errori nelle misure	8
1.4.1	Principali tipologie di biases	8
1.5	Principali tecniche di posizionamento	9
1.5.1	Posizionamento stand alone o assoluto	9
1.5.2	Posizionamento relativo	9
1.5.3	Posizionamento differenziale	9
1.5.4	Posizionamento NRTK	10
2	Obiettivi	11
2.1	Efficacia del posizionamento in ambiente non convenzionale con sensori low-cost	11
2.2	Efficacia dell'inclusione di nuove costellazioni in post-processamento	12
2.3	Possibili applicazioni nell'ambito dell'ingegneria civile	12
3	Considerazioni preliminari alle campagne di misura	14
3.1	Posizione reciproca degli strumenti	14
3.2	Pianificazione campagna di misura	15
3.3	Considerazioni sul sistema di riferimento temporale	16
4	Campagne di misura	17
4.1	Campagna di misura n.ro 1	17
4.1.1	Caratterizzazione del sito di misura	17
4.1.2	Note riassuntive sulla campagna di misura	20
4.2	Campagna di misura n.ro 2	21
4.2.1	Caratterizzazione del sito di misura	21
4.2.2	Note riassuntive sulla campagna di misura	24
4.3	Campagna di misura n.ro 3	26
4.3.1	Caratterizzazione del sito di misura	26
4.3.2	Note riassuntive sulla campagna di misura	29
5	Considerazioni preliminari al processamento dei dati	30
5.1	Validazione dati grezzi acquisiti	30
5.2	Tecniche di posizionamento in fase di post-processamento	31
5.3	Software e impostazioni utilizzati per il post-processamento	31

6	Pianificazione del processamento dei dati	34
6.1	Combinazioni master/rover e ordine di processamento	34
6.2	Definizione della durata dei periodi di post-processamento	35
6.3	Combinazioni di costellazioni satellitari adottate in post-processamento	36
6.4	Scelta dei parametri di confronto tra le varie soluzioni	36
6.4.1	Valutazione planimetrica	36
6.4.2	Valutazione altimetrica	37
7	Processamento dei dati	38
7.1	Procedure operative utilizzate	38
7.2	Tabelle dei risultati	40
7.2.1	Combinazione master/rover n.ro 1	40
7.2.2	Combinazione master/rover n.ro 2	47
7.2.3	Combinazione master/rover n.ro 3	60
7.3	Grafici dei risultati	72
7.3.1	Combinazione master/rover n.ro 1	73
7.3.2	Combinazione master/rover n.ro 1 vs. Combinazione master/rover n.ro 2	76
7.3.3	Combinazione master/rover n.ro 2 vs. Combinazione master/rover n.ro 3	79
7.4	Tabelle riassuntive dei risultati	93
7.5	Analisi dei risultati	95
7.5.1	Combinazione master/rover n.ro 1	95
7.5.2	Combinazione master/rover n.ro 1 vs. Combinazione master/rover n.ro 2	96
7.5.3	Combinazione master/rover n.ro 2 vs. Combinazione master/rover n.ro 3	98
8	Ripetibilità dei risultati al variare delle campagne di misura	100
8.1	Finalità	100
8.2	Modalità operative	100
8.3	Note riassuntive sulla campagna di misura	101
8.4	Tabelle dei risultati	103
8.5	Grafici dei risultati	107
8.6	Tabelle riassuntive dei risultati	109
8.7	Analisi dei risultati	110
9	Conclusioni	111
	Appendice	113
	Bibliografia e Sitografia	140

Capitolo 1

Concetti base di posizionamento GNSS

1.1 Le costellazioni GNSS

Per posizionamento si intende la determinazione della posizione di un punto nello spazio in maniera univoca mediante l'uso di apposite misure. L'acronimo GNSS sta per *Global Navigation Satellite System* e indica un insieme di costellazioni di satelliti che consentono di effettuare il posizionamento. La costellazione più antica e collaudata è quella GPS (*Global Positioning System*), sviluppata e gestita dal Dipartimento della Difesa Americana [1]. Seguono poi, in ordine cronologico, la costellazione russa GLONASS e la costellazione europea Galileo che risulta la prima costellazione satellitare nata per scopi civili e non militari. Si aggiungono ancora la costellazione cinese Beidou e quella giapponese QZSS. Risulta importante precisare che il concetto base del posizionamento non cambia se, anziché considerare una singola costellazione, si ricade nel caso multi-costellazione. In entrambi i casi infatti si hanno dei satelliti, la cui posizione risulta nota in quanto essi percorrono orbite prestabilite, che in maniera continuativa nel tempo emettono dei segnali radio. Questi segnali inviati dai satelliti possono essere decodificati da appositi ricevitori permettendo così di effettuare il posizionamento. Ciascuna costellazione è costituita da tre segmenti [2][3]:

- **Segmento spaziale:** costituito dai satelliti che vengono classificati mediante l'acronimo MEO (*Medium Earth Orbit*) con altezze di volo variabili in funzione della costellazione considerata tra 19100km e 23200km. Le loro funzioni principali sono quelle di trasmettere segnali e mantenere un sistema temporale accurato;
- **Segmento di controllo:** è un insieme di stazioni a terra omogeneamente distribuite su tutta l'area del globo, con maggior concentrazione nella fascia equatoriale. Le stazioni stimano le effemeridi e monitorano le posizioni dei satelliti controllando che coincidano con quelle previste. In caso ciò non avvenga il segmento di controllo ha la possibilità di inviare opportune correzioni al satellite in questione per far sì che possa riallinearsi con l'orbita corretta;
- **Segmento utente:** costituito da ogni entità dotata di un ricevitore e di un'antenna. Il ricevitore processa il segnale mentre l'antenna lo riceve.

Si precisa come con il termine GNSS non si intende solo il ricevitore o le costellazioni ma l'intero sistema costituito dai tre segmenti precedentemente descritti. In particolare gli utenti sono dotati di uno strumento passivo (ricevitore+antenna) che dunque può solo ricevere informazioni senza trasmetterne a sua volta ai satelliti. Per contro il sistema di controllo, per come concepito, è caratterizzato da strumenti attivi che possono anche trasmettere informazioni ai satelliti.

1.2 Tipologie di segnale e misure

Il segnale trasmesso dai satelliti è costituito da tre componenti [2][3]:

- **Componente sinusoidale o carrier phase:** si tratta di una senoide con lunghezza d'onda variabile in funzione della frequenza, consente di effettuare misure di fase;
- **Componente impulsiva:** costituita da un'onda quadra compresa tra +1 e -1, consente di effettuare misure di codice o di pseudo-range;
- **Componente messaggio:** anche chiamato messaggio navigazionale che contiene al suo interno i parametri orbitali, ovvero le effemeridi, che consentono il calcolo della posizione dei satelliti. Rende disponibili informazioni sullo stato di salute dei satelliti oltre che parametri utili per correggere eventuali errori d'orologio dei satelliti in modo da poter mantenere una sincronia temporale tra loro. Contiene inoltre una serie di coefficienti che permettono di trattare, attraverso l'uso di un modello matematico, il ritardo ionosferico.

Per quanto concernente il posizionamento esistono due tipologie di misure che possono essere effettuate; quelle di codice e quelle di fase [4]. Le misure di codice possono ottenersi grazie all'uso di ricevitori in grado di decodificare solo le componenti impulsive dei segnali (codici), mentre quelle di fase sono relative all'uso di ricevitori che, oltre ai codici, decodificano anche una o più portanti.

1.2.1 Segnale costellazioni CDMA/FDMA

Le costellazioni CDMA (*Code Dependent Multiple Access*) sono tutte quelle per le quali un ricevitore riesce a distinguere un satellite da un altro in funzione del codice che sta trasmettendo. Invece per le costellazioni FDMA (*Frequency Dependent Multiple Access*) vengono utilizzati gli stessi codici ma frequenze della portante differenti per ogni satellite [3]. In **Tabella 1.1** si riportano le principali costellazioni satellitari e le si classifica come CDMA oppure FDMA.

Tabella 1.1: Classificazione CDMA/FDMA

Costellazione	CDMA	FDMA
GPS	x	
GLONASS		x
Galileo	x	
BeiDou	x	

Quando si pensa al segnale di una costellazione CDMA in via semplificativa si può immaginare una componente sinusoidale, che costituisce la portante, uguale per tutti i satelliti della costellazione. A questa componente si aggiunge una componente impulsiva ad onda quadra con una predefinita lunghezza d'onda. Questa onda quadra presenta una ripetibilità limitata alla sola lunghezza d'onda, ma al suo interno la successione e la posizione degli impulsi risulta essere diversa per ciascun satellite facente parte della costellazione in esame.

Passando al segnale per una costellazione FDMA questa volta si può immaginare una componente impulsiva ad onda quadra identica per tutti i satelliti combinata con una componente sinusoidale che avrà una frequenza diversa per ciascun satellite della costellazione considerata.

1.2.2 Segnale GPS

La costellazione GPS è caratterizzata da tre frequenze portanti che sono ottenibili a partire da una frequenza fondamentale $f_0=10.23\text{MHz}$ moltiplicata per opportuni coefficienti [2][3]. Noto poi il valore della velocità della luce nel vuoto $c=3\cdot 10^8\text{m/s}$ e della frequenza f è possibile stimare le rispettive lunghezze d'onda λ tramite la seguente espressione:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

In **Tabella 1.2** si riportano le principali caratteristiche relative alle portanti [6]:

Tabella 1.2: Caratteristiche segnale GPS

Segnale	Portante	$\lambda_{port}[cm]$
L1	$154 \cdot f_0$	≈ 19
L2	$120 \cdot f_0$	≈ 24
L5	$115 \cdot f_0$	≈ 25

Coerentemente con il concetto di costellazione CDMA, il segnale trasmesso (segnale broadcast), è costituito da misure di fase modulate da diversi codici. In particolare si riportano i codici:

- **C/A**: codice civile su portante L1 - $\frac{1}{10} \cdot f_0$, $\lambda \approx 293m$;
- **L2C**: codice civile su portante L2 - $\frac{1}{20} \cdot f_0$, $\lambda \approx 587m$.

Si vuole sottolineare come per tutte le costellazioni CDMA ciascuna portante sia modulata da opportuni codici, nell'elenco sopra riportato si è scelto di riportare i codici GPS più frequentemente utilizzati. Si può immediatamente notare come tra le lunghezze d'onda dei codici e quelle delle portanti vi sia una differenza non trascurabile in termini di ordine di grandezza, questo vale a dire che ci si dovrà aspettare analoga differenza anche tra le precisioni attese sfruttando misure di codice o di fase.

1.2.3 Segnale GLONASS

Il segnale GLONASS è costituito dalle portanti L1, L2, L3 con valori di frequenza definiti a partire dalle seguenti espressioni [5]:

$$f_1 = 1602 + 0.5625 \cdot k \rightarrow k = [-7 \div 8]$$

$$f_2 = \frac{7}{9} \cdot f_1$$

$$f_3 = \frac{3}{4} \cdot f_1$$

Come è possibile notare, a differenza dei satelliti delle costellazioni CDMA, i satelliti GLONASS hanno le portanti che presentano ognuna una frequenza diversa in funzione del parametro k [7]. Infatti come già specificato la costellazione GLONASS è del tipo FDMA. Tuttavia la nuova portante L3, non ancora operativa, nasce per trasmettere segnali CDMA in modo da rendere in parte coerente la costellazione GLONASS con le altre costellazioni CDMA senza, allo stesso tempo, snaturare la sua tradizionale concezione FDMA.

1.2.4 Segnale Galileo

Il segnale Galileo è costituito da diverse frequenze chiamate E1, E6 ed E5 (a sua volta suddivisa in E5a e E5b). In **Tabella 1.3** si riportano le principali caratteristiche relative alle portanti [5][8]:

Tabella 1.3: Caratteristiche segnale Galileo

Segnale	Portante	$\lambda_{port}[cm]$
E1	$154 \cdot f_0$	≈ 19
E6	$125 \cdot f_0$	≈ 23
E5a	$115 \cdot f_0$	≈ 25
E5b	$118 \cdot f_0$	≈ 25

La costellazione Galileo è classificabile come CDMA e dunque ciascuna portante sarà modulata da codici differenti.

1.2.5 Segnale BeiDou

Il segnale BeiDou è costituito da diverse frequenze chiamate B1I, B2I, B3I. In **Tabella 1.4** si riportano le principali caratteristiche relative alle portanti [5][9]:

Tabella 1.4: Caratteristiche segnale BeiDou

Segnale	Portante [MHz]	λ_{port} [cm]
B1I	1561.098	≈ 19
B2I	1207.140	≈ 25
B3I	1268.520	≈ 24

La costellazione BeiDou è classificabile come CDMA e dunque ciascuna portante sarà modulata da codici differenti.

1.3 Tipologie di ricevitori

Sul mercato esistono varie tipologie di ricevitori [2] tra cui:

- **Ricevitori geodetici:** sono ricevitori che consentono di effettuare il posizionamento nella maniera più precisa ed accurata possibile. Si possono anche avere dei modelli che presentano antenna e ricevitore tutto integrato ma in ogni caso è assente ogni interfaccia grafica basata su mappe. Attualmente sono in commercio ricevitori che, nonostante siano geodetici a tutti gli effetti, presentano tuttavia un costo decisamente più contenuto se comparato con il costo medio di un ricevitore geodetico ad elevate prestazioni (ad esempio quelli che vengono installati presso le stazioni permanenti);
- **Ricevitori GIS:** hanno un livello precisione inferiore rispetto ai primi ma possono contestualizzare la posizione del punto battuto su cartografia e risultano dunque ottimi per rilievi speditivi;
- **Ricevitori mass-market:** la caratteristica più interessante di questa categoria sono le dimensioni che sono molto limitate garantendo una agevole trasportabilità. Il costo è molto più contenuto, non è presente alcuna interfaccia grafica e chiaramente le performance sono leggermente inferiori. Alcuni di questi ricevitori acquisiscono dati grezzi attraverso il collegamento ad un computer mediante porta seriale USB e software dedicato di gestione dell'acquisizione. Il software gratuito STRSVR (*Streaming Data to Server*) facente parte della suite RTKLIB (**Paragrafo 5.3**) rappresenta un esempio;
- **Smartphone:** costituiscono l'ultima frontiera del posizionamento. Attualmente non vi è la possibilità di ottenere gli stessi risultati di un posizionamento di precisione effettuato con strumenti geodetici tuttavia le potenzialità di tali dispositivi, utilizzati come strumenti per il posizionamento, risulta oggetto di studio [10][11] e in ogni caso fornisce già risultati significativi se si considera un posizionamento per fini speditivi.

I ricevitori a loro volta possono essere mono-costellazione o multi-costellazione a seconda che possano ricevere informazioni da una sola costellazione o da due o più costellazioni. Si precisa come ogni ricevitore sia in grado di decodificare le misure di codice ma non necessariamente quelle di fase deducibili a partire dalle portanti caratterizzate da opportune frequenze. Dunque una ulteriore classificazione riguarda il numero di frequenze decodificabili [3][4]. Per questo motivo si possono distinguere ricevitori:

- **A singola frequenza:** qualora oltre alle misure di codice sia possibile decodificare una singola frequenza portante;
- **Multi-frequenza:** qualora oltre alle misure di codice sia possibile decodificare una o più frequenze portanti.

1.4 Errori nelle misure

Le misura della distanza tra il satellite i -esimo di una certa costellazione e un ricevitore terrestre risulta essere affetta, come qualsiasi misura, da una certa componente di errore. Dunque la distanza satellite i -esimo/ricevitore, a prescindere dal fatto che si stiano considerando misure di codice (pseudo-range) o di fase risulta essere costituita da due componenti [2]:

- Distanza ottimale in assenza di errori;
- Errori di misura.

Gli errori di misura a loro volta si distinguono in:

- **Errori grossolani o outliers:** derivanti da fattori umani;
- **Errori accidentali:** ascrivibili a rumori e disturbi di misura che sono quantificabili empiricamente come circa l'1% della lunghezza d'onda del segnale cui fanno riferimento;
- **Errori sistematici o biases:** si tratta di errori che sono intrinsecamente presenti all'interno delle misure.

1.4.1 Principali tipologie di biases

In questa sezione si riportano quelli che sono i bias maggiormente ricorrenti nelle misure satellitari [3][4].

- **Errore di orologio del ricevitore:** questo errore deriva dal fatto che sui satelliti, vista l'importanza del mantenimento di un sistema di riferimento temporale accurato, vengono installati orologi atomici che hanno costi e stabilità nettamente superiori rispetto agli orologi con cui sono equipaggiati i ricevitori terrestri. Per questi motivi le due scale temporali, quella dei satelliti e quella del ricevitore, risultano essere caratterizzate da un'asincronia temporale che costituisce l'errore d'orologio nonché un termine incognito in fase di processamento dei dati;
Errore di orologio del satellite: questo errore riguarda l'eventuale asincronia temporale tra gli orologi dei satelliti di una data costellazione, tale errore è deducibile dal messaggio navigazionale.
- **Ritardo ionosferico:** Il segnale elettromagnetico emesso dai satelliti deve attraversare diversi strati dell'atmosfera. In particolare la ionosfera è quello strato caratterizzato dalla presenza elevata di ioni che soprattutto in caso di irraggiamento solare vengono eccitati causando dei disturbi nella trasmissione del segnale elettromagnetico provocando il ritardo ionosferico;
- **Bias geometrici:** questi sono costituiti dalla somma del ritardo troposferico e dell'errore d'effemeridi. Spesso risulta difficile separare i due contributi e dunque spesso si considerano sotto un'unica voce di errore. In particolare il segnale elettromagnetico emesso dai satelliti attraversa anche lo strato basso dell'atmosfera denominato troposfera al cui interno avviene la maggior parte dei fenomeni meteorologici. Dunque il segnale subisce delle distorsioni per la presenza di piccole goccioline d'acqua che riflettono e rifrangono il segnale. L'errore d'effemeridi invece deriva dal fatto che la posizione dei satelliti all'interno di un sistema di riferimento ECEF (*Earth Centered Earth Fixed*) sia assunta come nota. Infatti le effemeridi contengono al loro interno i parametri kepleriani per la determinazione delle orbite dei satelliti e dunque della loro posizione in relazione al tempo. Tuttavia la posizione dei satelliti risulta nota ma non con precisione infinita, il livello di incertezza con la quale viene stimata la posizione di un satellite costituisce l'errore di effemeridi;
- **Variazione del centro di fase:** anche chiamato PCV (*Phase Center Variation*) è un errore relativo al fatto che il segnale satellitare viene acquisito nel centro di fase dell'antenna la cui posizione a causa di imperfezioni costruttive, non risulta mai ricadere perfettamente lungo l'asse verticale dello strumento. Attraverso una fase di calibrazione è tuttavia possibile stimare questo bias che dunque può essere corretto;

- **Errore di multipath:** è un errore che si ha quando parte del segnale satellitare arriva al centro di fase dell'antenna in maniera non diretta. Questo può avvenire in presenza di superfici riflettenti quali ad esempio superfici vetrate. Il ricevitore dunque allo stesso tempo riceve una parte di segnale in maniera diretta e una parte dello stesso segnale in modo indiretto. Il percorso effettuato dal segnale elettromagnetico tuttavia non risulta lo stesso nei due casi e dunque lo strumento si trova nell'impossibilità di discernere tra il segnale diretto e quello indiretto.

1.5 Principali tecniche di posizionamento

1.5.1 Posizionamento stand alone o assoluto

Il posizionamento stand alone o assoluto è una tecnica che non prevede l'utilizzo di una stazione di base. L'operatore dunque esegue le misure affidandosi esclusivamente al suo ricevitore e le coordinate del punto oggetto di analisi vengono determinate in un sistema di riferimento globale. Come introdotto al **Paragrafo 1.4.1** le misure di distanza tra un satellite i -esimo di una certa costellazione e il ricevitore sono affette da una componente bias. Mediante tale tecnica di posizionamento non si ha a disposizione alcuna informazione circa la correzione di tali bias e dunque sarà possibile ottenere solamente precisioni metriche [2][4]. Il posizionamento assoluto può essere effettuato sia con misure di codice che con misure di fase. Può accadere che, nell'effettuare un posizionamento assoluto, si faccia uso sia delle misure di codice che di quelle di fase. Il software RTKPOST ad esempio utilizza entrambe le tipologie di misure per effettuare un posizionamento stand alone (Positioning mode: *Single* - $Q=5$) in modo da aumentare la ridondanza del sistema senza tuttavia fissare l'ambiguità di fase ad intero (**Paragrafo 5.3**).

1.5.2 Posizionamento relativo

Il posizionamento relativo è una tecnica per la quale, oltre al ricevitore dell'utente (rover), ci si avvale anche di una stazione di base. Il ricevitore della stazione base è situato su di un punto le cui coordinate sono note mentre le coordinate del ricevitore rover sono incognite [2]. Tale tecnica si utilizza in post-processamento e viene utilizzata in abbinamento alla differenziazione che risulta una delle tecniche a disposizione per la mitigazione dell'effetto dei bias. La distanza tra la stazione base e il ricevitore rover viene chiamata baseline. L'output del posizionamento relativo non è la posizione assoluta del punto di coordinate incognite bensì la sua posizione relativa rispetto alla stazione di base. Se la stazione base e il rover sono posti ad una distanza compresa entro i 15-20km si può ritenere valida l'assunzione per la quale la componente bias per le osservazioni della stazione base e per le osservazioni del rover sia coincidente. A questo punto sarà sufficiente applicare la tecnica di differenziazione che consiste nello scrivere vari ordini di differenze di equazioni in modo da eliminare o ridurre progressivamente i bias comuni ai due ricevitori [3]. In particolare è possibile ottenere:

- **Differenze prime:** ottenibili dalla differenziazione delle equazioni alle osservazioni grezze;
- **Differenze seconde:** ottenibili dalla differenziazione delle equazioni alle differenze prime;
- **Differenze terze:** ottenibili dalla differenziazione delle equazioni alle differenze seconde, particolarmente importanti perchè, sotto le ipotesi di cui sopra, portano ad elidere le incognite ambiguità di fase.

Mediante questa tecnica è possibile effettuare un posizionamento di precisione (nell'ordine dei centimetri e talvolta millimetri) diversamente da quanto accade per un posizionamento assoluto.

1.5.3 Posizionamento differenziale

Il posizionamento differenziale [2][3] prevede nuovamente la presenza di una stazione master posta su di un punto di coordinate note e di un ricevitore rover caratterizzato da coordinate incognite. Siccome la stazione di base ha coordinate note e sono note anche le coordinate dei satelliti è possibile

determinare il range geometrico tra il satellite *i*-esimo e la stazione base. Facendo la differenza tra il range misurato e quello geometrico noto in un caso puramente ideale si troverebbe il valore nullo. Tuttavia, siccome le misure sono affette da una componente bias, il risultato di tale differenza sarà non nullo e pari alla somma di tutti i bias che affliggono quella misura. Tale contributo viene chiamato correzione differenziale e nel caso in cui la distanza tra la stazione master e quella rover sia compresa entro i 15-20km è possibile asserire che la correzione differenziale calcolata presso la stazione base sia valida anche per il rover. La correzione differenziale viene trasmessa in formato RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*) dalla stazione base al rover in tempo reale se i due ricevitori sono collegati mediante un radio modem, modem GSM o indirizzo IP. Il posizionamento differenziale può essere:

- DGPS/DGNSS con misure di codice;
- DGPS/DGNSS con misure di fase o RTK (*Real Time Kinematic*).

1.5.4 Posizionamento NRTK

Il posizionamento differenziale di cui al **Paragrafo 1.5.3** sino ad ora ha coinvolto una singola stazione di base. Le correzioni differenziali vengono stimate per la stazione master e vengono trasmesse al rover per baseline comprese entro i 15-20km. Risulta evidente come per interdistanze superiori l'ipotesi di eguaglianza tra le componenti bias tra i due estremi della baseline divenga sempre meno fondata. Come conseguenza la qualità del posizionamento degrada progressivamente all'aumentare della distanza master/rover. Per interdistanze superiori ai 15-20km e fino ai 40-80km si opta per il posizionamento NRTK (*Network Real Time Kinematic*) che consiste nel trasmettere correzioni differenziali che non sono date dal contributo di una sola stazione permanente, bensì dal contributo di più stazioni permanenti che tra loro costituiscono una rete (CORS - *Continuously Operating Reference Stations*). Una rete CORS risulta costituita dalle stazioni permanenti dislocate sul territorio di competenza e da un centro di controllo che gestisce le stazioni, elabora e trasmette i dati all'utenza. Vi sono diverse modalità di correzione differenziale disponibili all'utente [2][3]:

- **VRS (Virtual Reference Station)**: in tal caso il rover, attraverso il protocollo NMEA (*National Marine Electronics Association*), trasmette la sua posizione al centro di controllo che interpola le correzioni differenziali nella zona limitrofa al ricevitore creando una stazione virtuale caratterizzata da una baseline molto corta in modo da poter effettuare un posizionamento relativo a baseline quasi nulla. Tale processo risulta molto dispendioso per il centro di controllo;
- **MRS (Multi Reference Station)**: è un metodo che si basa su correzioni d'area che vengono trasmesse al rover in formato FKP (*Flächen-Korrektur-Parameter*). Il centro di controllo individua delle aree all'interno delle quali le correzioni differenziali sono costanti considerando le osservazioni delle stazioni permanenti della rete. Per ciascuna di queste aree vengono forniti i parametri d'area necessari per la modellazione dei bias. Tale tecnica è molto snella per il centro di controllo mentre risulta molto onerosa per il rover. Mediante l'utilizzo di queste correzioni d'area non è più necessario che il rover comunichi la sua posizione, le correzioni sono automaticamente disponibili una volta connessi alla rete. I risultati ottenibili mediante questo processo sono di qualità leggermente inferiore rispetto a quelli ottenibili mediante VRS;
- **MAX o MAC (Master Auxiliary)**: secondo tale approccio è il rover che si occupa di modellizzare i bias nell'intorno della sua posizione. Una cella di almeno cinque stazioni permanenti circostanti trasmettono i dati di correzione senza alcuna modellizzazione dei bias. Il rover interpola le correzioni nell'intorno della sua posizione rendendo ancora più snello l'onere computazionale del centro di controllo.

Capitolo 2

Obiettivi

2.1 Efficacia del posizionamento in ambiente non convenzionale con sensori low-cost

Le tecniche di posizionamento satellitare, limitandosi ad ambiti di applicazione terrestri, risultano ormai consolidate per quanto riguarda situazioni in cui il sito di misura sia situato in ambiente convenzionale. Il termine convenzionale intende riferirsi a quelli che sono gli ambienti in cui si svolgono la maggior parte delle operazioni di posizionamento a servizio di svariati ambiti quali il tracciamento di strutture e infrastrutture, monitoraggio di elementi antropici o naturali, rilievi per fini catastali, produzione di cartografia tradizionale/digitale, misurazioni a supporto dell'esercizio di sistemi di trasporto, ecc. In termini più tecnici per ambiente convenzionale si vuole intendere un sito di misura che sia servito da almeno una stazione permanente entro il raggio di 15-20km e che sia posto in condizioni ambientali il più possibile simili rispetto a quelle che caratterizzano il sito della stazione permanente. In tal modo è possibile sfruttare al meglio tutti i vantaggi di un posizionamento relativo. In questa sede si propone di analizzare i risultati relativi ad un posizionamento in ambiente non convenzionale rappresentato da un ambiente montano ad alta quota mediante l'utilizzo di sensori a basso costo professionali e non. In tali ambienti risulta essere infatti minore la probabilità che il sito di misura sia servito da una stazione permanente entro il raggio di 15-20km. Inoltre la quota della stazione permanente e quella del sito di misura potrebbero essere significativamente differenti e questo comporta una riduzione meno significativa dei bias che affliggono le misure secondo quelle che sono le tecniche di differenziazione delle equazioni alle osservazioni grezze (**Paragrafo 5.2**). Tale differenza potrebbe infatti essere causa di un diverso livello di irraggiamento solare che viene esplicitato dall'errore ionosferico.

Fatte queste considerazioni gli obiettivi che si vogliono perseguire sono rivolti al verificare se sia possibile ottenere un posizionamento di precisione sfruttando il solo utilizzo di uno strumento low-cost in ambiente non convenzionale appoggiandosi alla rete di stazioni permanenti. In questo modo si punta a valutare la bontà del risultato che si può ottenere tenuto conto di quelle che sono le eventuali criticità derivanti principalmente da:

- Eventuale eccessiva distanza del sito di misura dalla stazione permanente più vicina con connessi problemi di modellazione dei bias contenuti all'interno delle osservazioni;
- Quantità e qualità delle osservazioni acquisite rispetto a quanto ottenibile, a parità di condizioni, con uno strumento professionale quale un ricevitore geodetico;
- Impossibilità di utilizzo di dati, magari anche di discreta/buona qualità, provenienti da costellazioni non correntemente tracciate dalle stazioni permanenti al fine del post-processamento.

Una volta determinati i risultati ottenibili mediante le modalità di cui sopra un ulteriore obiettivo che ci si pone è quello di valutare possibili margini di miglioramento se a disposizione si potesse avere, oltre ad un sensore low-cost, anche un ricevitore geodetico dal costo comunque contenuto. Gli obiettivi principali in questo caso sono volti a:

- Verificare se l'interfaccia tra due ricevitori geodetici, uno di alto livello con cui si equipaggiano le stazioni permanenti e un altro comunque di buon livello ma a costo contenuto, limiti almeno in parte l'effetto di baseline estese sulla modellazione dei bias rispetto al caso in cui la stazione permanente si interfacci direttamente con un sensore low-cost non professionale. In conseguenza a ciò valutare con che livello di precisione e robustezza sia possibile materializzare una base locale che potrà a sua volta essere utilizzata per ulteriori sviluppi;
- Valutare la potenzialità di un sensore low-cost non professionale usato come rover in coppia con una base locale, materializzata in precedenza, invece che con una stazione permanente;
- Valutare quanto i tempi di acquisizione possano essere ridotti sfruttando questa nuova configurazione per ottenere le medesime precisioni ottenute con la prima configurazione.

2.2 Efficacia dell'inclusione di nuove costellazioni in post-processamento

Oggi i dispositivi low-cost non professionali, nonché i ricevitori geodetici, permettono di poter effettuare un posizionamento multi-costellazione e multifrequenza. Per quanto riguarda un posizionamento relativo tra stazione permanente (master) e ricevitore a basso costo (rover) è possibile includere solo le costellazioni i cui dati di osservazione vengono resi disponibili mediante servizi web dalle stazioni permanenti. Tuttavia i ricevitori odierni riescono a tracciare molte più costellazioni rispetto alle tradizionali GPS e GLONASS i cui dati per il post-processamento sono resi disponibili a livello delle Regioni di Piemonte, Lombardia e Valle d'Aosta mediante le stazioni permanenti della rete *SPIN3 GNSS* [12]. Per queste ragioni un altro obiettivo che ci si pone è quello di verificare se sia possibile utilizzare delle procedure che consentano di unire la necessità di mantenere i vantaggi del posizionamento relativo con l'esigenza di allargare la frontiera del posizionamento in post-processing a costellazioni non ancora contemplate dalle stazioni permanenti valutandone il livello di efficacia assieme ad eventuali criticità.

2.3 Possibili applicazioni nell'ambito dell'ingegneria civile

La geomatica risulta essere una disciplina a servizio dell'ingegneria. Per tali motivi in questa sezione si vogliono menzionare le possibili applicazioni di un posizionamento GNSS di precisione con strumenti low-cost in ambiente di alta montagna relativamente al settore dell'ingegneria civile. Uno degli elementi trainanti di tutta la trattazione è l'analisi delle performance di strumenti low-cost anche non professionali quali ad esempio uno smartphone (**Paragrafo 3.1**). A partire da questa affermazione è possibile ipotizzare come non sia possibile ottenere delle accuratezze millimetriche. Per questi motivi ad oggi la configurazione strumentale costituita da un ricevitore geodetico a basso costo e uno smartphone si assume non ancora sufficiente per alcune possibili applicazioni quali ad esempio il monitoraggio strutturale o il tracciamento di strutture/infrastrutture strategiche. Si ritiene tuttavia che i risultati analizzati possano costituire un'ottima base di partenza per future applicazioni nel campo del:

- Monitoraggio strutturale in ambiente montano: relativo al complesso plinto di fondazione + sostegno in linea di impianti a fune, opere di sostegno, opere idrauliche, plinti di fondazione dei tralicci dell'alta tensione;
- Tracciamento di infrastrutture viarie in ambiente alpino;
- Tracciamento di infrastrutture idrauliche in ambiente alpino quali ad esempio condotte forzate, gasdotti;

Possibili miglioramenti già nell'immediato potrebbero aversi sfruttando due ricevitori geodetici a basso costo utilizzati in modo interscambiabile come master/rover. Un'altra combinazione che potrebbe fornire risultati interessanti potrebbe essere costituita da un ricevitore geodetico a basso costo ed un ricevitore mass market. Viste le evidenti difficoltà relative all'estensione della rete di

stazioni permanenti in ambiente alpino in quota (specialmente durante i periodi invernali) la materializzazione di punti di riferimento ad hoc mediante elementi antropici quali muri di sostegno o pilastri in cemento armato potrebbe garantire una materializzazione delle basi locali in maniera più robusta sfruttando il contributo di differenti operatori che nel tempo rendono disponibili le posizioni stimate all'interno di apposite banche dati. La materializzazione di tali basi in quota consentirebbe poi di potersi appoggiare, qualora fosse necessario, anche a tecniche di posizionamento tradizionali. In particolare si assume che le maggiori dispersioni si abbiano sulla componente altimetrica, dunque la realizzazione di campagne di livellazione geometrica potrebbe ulteriormente migliorare l'affidabilità delle basi locali.

Vi sono altre applicazioni per le quali si ritiene che la configurazione strumentale ricevitore geodetico a basso costo e smartphone fornisca risultati soddisfacenti. Nonostante questo i possibili miglioramenti sopra citati rimangono sempre validi e risulta sempre possibile, quando necessario, affiancare una configurazione strumentale alternativa di efficacia consolidata in modo da poter avere un controllo sulla qualità dei risultati. In particolare si citano le seguenti possibili applicazioni:

- Aggiornamento, modifica, produzione di planimetrie catastali per beni immobili in quota quali rifugi, malghe e strutture a loro servizio, strutture ricettive, abitazioni di piccoli centri, ecc;
- Materializzazione di GCPs (*Ground Control Points*) in ambiente alpino ad alta quota a supporto di voli fotogrammetrici con UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) per successiva produzione di cartografia digitale o tradizionale;
- Stima della posizione di utenti sepolti da valanghe con strumenti low-cost con conseguente possibilità di rendere ancor più efficienti gli interventi del Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico;
- Monitoraggio dei movimenti delle masse nevose per incremento della sicurezza dei comprensori sciistici e degli utenti esposti al rischio valanghe;
- Monitoraggio di versanti in frana o potenzialmente in frana.
- Gestione e aggiornamento del patrimonio escursionistico locale;

Capitolo 3

Considerazioni preliminari alle campagne di misura

In questa sezione si riportano tutta una serie di accorgimenti che risultano essere comuni a tutte le campagne di misura effettuate e che risultano essere essenziali al fine di poter poi post-processare e analizzare i dati correttamente.

3.1 Posizione reciproca degli strumenti

Una volta individuato un sito consono per poter posizionare gli strumenti in modo che questi risultino essere stabili per tutta la durata dell'acquisizione, si procede al posizionamento degli strumenti a disposizione. Gli strumenti utilizzati sono:

- Un ricevitore geodetico GNSS multi-costellazione e multifrequenza *Emlid Reach RS2* - $\approx 2k\text{€}$;
- Uno smartphone *Xiaomi Mi-8* dotato di sensore multi-costellazione e multifrequenza - $\approx 500\text{€}$.

Quando non si hanno a disposizione elementi antropici dalle forme regolari e con dimensioni facilmente individuabili l'unico riferimento relativo al sito di misura è dato da un elemento naturale, quale ad esempio una roccia. In tal caso gli strumenti vengono posizionati in corrispondenza di piccole irregolarità superficiali che conferiscono una sorta di effetto ad incastro che rende stabili gli strumenti. Gli strumenti non devono essere posizionati troppo vicini (non meno di 30-40cm) gli uni agli altri, questo per evitare che si verifichino delle interferenze tra gli strumenti che possano generare disturbi nel segnale acquisito. In particolare risulta essere importante annotare la baseline planimetrica tra i due strumenti una volta messi in posizione misurandola manualmente mediante l'uso di un semplice metro. In questa sede infatti non siamo interessati a stimare la baseline planimetrica con elevata precisione visto e considerato il fatto che:

- Non si è necessariamente nelle condizioni di poter garantire una perfetta planarità della superficie del riferimento dove vengono appoggiati gli strumenti. Infatti non in tutti i siti di misura, specie se posti in alta montagna, si ha la possibilità di avere a disposizione elementi antropici che possano presentare superfici regolari, piane e a sufficiente distanza da ostacoli fissi (ad esempio fabbricati) che potrebbero creare delle zone d'ombra nella ricezione del segnale compromettendo la bontà della sessione di misura. In conclusione la distanza misurata tra i due strumenti in generale risulta essere una distanza inclinata che risulta dunque in contrasto con la necessità di ottenere una misura di distanza orizzontale;
- Il posizionamento risultante da una qualsiasi operazione di misura è sempre relativo al centro di fase dell'antenna che differisce da quello che è il punto a terra. Nel caso di un ricevitore geodetico è possibile connettere la reale posizione del centro di fase dell'antenna con il punto a terra. In prima battuta si può stimare la posizione del centro di fase rispetto all'asse dello strumento attraverso un'operazione di calibrazione che limita l'influenza del bias dispersivo

PCV (*Phase Center Variation*) precedentemente citato al **Paragrafo 1.4.1**. Successivamente tale punto viene proiettato a terra attraverso la depurazione della componente altimetrica dall'ARP (*Antenna Reference Point*) unitamente ad una eventuale altezza dal piano campagna al fondo dello strumento (**Paragrafo 6.4.2**). Tutta questa serie di operazioni risulta essere estremamente complessa da concretizzarsi con un sensore low-cost come ad esempio uno smartphone in cui non risulta essere agevole determinare l'esatta ubicazione dell'antenna del sensore GNSS all'interno della sagoma del dispositivo.

Al fine della analisi dei dati ottenuti risulta essere sufficiente stimare la baseline planimetrica tra i due strumenti attraverso l'utilizzo di strumenti semplici (ad esempio un metro) che consentano di ottenere, tramite una misura diretta sul campo, un valore di riferimento indicativo che verrà utilizzato in fase di post-processamento e analisi dei risultati. In particolare la distanza tra i due strumenti viene misurata, in modo approssimato, tra l'asse del ricevitore geodetico proiettato a terra e l'incrocio delle diagonali che virtualmente si possono tracciare sullo schermo dello smartphone. Come già introdotto in precedenza non sempre si può beneficiare della presenza di elementi antropici utili a materializzare dei riferimenti locali in ambiente montano ad alta quota e perciò risulta essere molto complesso misurare la differenza di quota tra i due strumenti. Questo principalmente a causa della natura irregolare delle superfici rocciose usate come piano di appoggio degli strumenti. Per ovviare a tale problema si assume che la differenza di quota tra gli strumenti sia nulla e nella fase di ricerca del sito dove effettuare misure si pone particolare attenzione all'individuazione di un elemento il più possibile piano che minimizzi le conseguenze della precedente assunzione.

3.2 Pianificazione campagna di misura

I siti di misura sono stati scelti in modo da trovarsi tutti ad una quota superiore ai 2000m s.l.m., questo per porre l'accento su una analisi dei dati derivanti da misure effettuate in ambiente montano ad alta quota. L'obiettivo delle campagne di misura è quello di acquisire dati grezzi, ossia misure di codice e di fase, per un periodo di tempo di 4h in modalità statica per ciascun sito di misura individuato. Il periodo delle campagne di misura risulta essere un compromesso tra:

- L'esigenza di avere a disposizione un periodo di tempo sufficientemente lungo per poter assumere una sufficiente indipendenza dei risultati nei confronti del numero di satelliti, configurazione satellitare (indici DOP - *Dilution Of Precision* [13]), disturbi del segnale e bias (per esempio variazione dell'errore ionosferico dovuto alla variabilità delle condizioni di irraggiamento solare);
- Esigenze puramente organizzative relative al tempo di spostamento per raggiungere il sito di misura, orari di chiusura degli impianti di risalita, eventuali condizioni meteo avverse, durata della batteria (soprattutto per i ricevitori non geodetici).

Particolare attenzione deve essere posta all'ordine con il quale gli strumenti incominciano la fase di acquisizione delle misure. Questa si deve alla diversa tipologia di dati che è possibile ottenere dai diversi strumenti. Infatti lo smartphone consente, attraverso opportuni applicativi, di acquisire e rendere disponibili i soli file di osservazione (.obs). A titolo di esempio in tale sede si è fatto uso dell'applicativo *Geo++ RINEX Logger*. I file di osservazione contengono al loro interno le misure di codice e le misure di fase [3][4] che è possibile ottenere in fase di acquisizione. Il ricevitore geodetico invece non solo consente di ottenere i file di osservazione bensì anche i file di navigazione (.nav). Risulta dunque chiaro come l'ordine corretto con il quale gli strumenti debbano acquisire misure veda sempre in prima posizione il ricevitore che consente di reperire anche i file di navigazione. Questi, contenendo i parametri orbitali dei satelliti, risultano essere elemento vincolante al fine di effettuare un posizionamento in quanto consentono di stimare la posizione dei satelliti in un dato istante temporale. I file di navigazione, in mancanza di uno strumento in grado di renderli disponibili al termine della campagna di misura, possono essere in alternativa reperibili da una stazione permanente nelle vicinanze. Tuttavia le stazioni permanenti non forniscono necessariamente i file di osservazione e file di navigazione relativi a tutte le costellazioni satellitari bensì solo di alcune. Ad oggi le stazioni permanenti della rete *SPIN3 GNSS* [12] - che copre le regioni

di Piemonte, Lombardia e Valle d'Aosta - mettono a disposizione, ai fini del post-processamento, i dati delle sole costellazioni GPS e GLONASS. In definitiva qualora sia necessario avvalersi di dati facenti capo a costellazioni satellitari differenti, il ricevitore che consente di recepire sia le osservazioni che il file di navigazione deve essere sempre il primo a iniziare e l'ultimo a terminare l'acquisizione dei dati.

3.3 Considerazioni sul sistema di riferimento temporale

Risulta importante precisare come il sistema di riferimento temporale su cui si basa l'acquisizione e il processamento dei dati grezzi non sia quello locale UTC+02 (considerando il fuso orario di pertinenza oltre che la vigenza dell'ora legale durante tutte le campagne di acquisizione), bensì è il GPST (*GPS Time*). Nel giorno 06/01/1980 il sistema GPST risultava essere coincidente con UTC Time. Da quella data in poi i due sistemi temporali continuano ad accumulare dei secondi di sfasamento chiamati *leap seconds*. Ad oggi il GPST è avanti di 18s rispetto a UTC Time [14]. Queste considerazioni risultano di fondamentale importanza quando, al fine di effettuare un posizionamento relativo in post-processamento, risulta necessario reperire dati a partire da servizi web forniti dalle stazioni permanenti. Quando si scaricano tali dati bisogna sempre effettuare una conversione dal sistema temporale locale a GPST. Per questioni di praticità è chiaro come, visti i soli 18s di sfasamento, ad oggi sia sufficiente passare dall'orario locale a UTC+00, trascurando i *leap seconds*, scaricando i dati dalle stazioni permanenti per una finestra temporale leggermente superiore a quella strettamente necessaria.

Capitolo 4

Campagne di misura

4.1 Campagna di misura n.ro 1

4.1.1 Caratterizzazione del sito di misura

La prima campagna di misura è stata svolta lungo il sentiero che collega Pian del re, località montana situata in provincia di Cuneo, con il Lago Fiorenza situato ai piedi del Monviso. Il sentiero parte dalla quota di circa 2020 m s.l.m e raggiunge il lago alpino ad una quota di 2113 m s.l.m (Figura 4.1).



Figura 4.1: Vista del Lago Fiorenza - 2113 m s.l.m.

Per quanto riguarda l'individuazione del sito di misura lungo il sentiero sono stati individuati dei picchetti segnavia in legno infissi nel terreno. Questi tuttavia, a causa del fenomeno annuale di gelo/disgelo degli strati superficiali del terreno, dell'azione dovuta ad eventuali movimenti di masse nevose unitamente alla scarsa profondità di infissione, risultano essere precari non riuscendo a garantire nel tempo una stabilità sufficiente per effettuare un posizionamento. Vista l'impossibilità di sfruttare i picchetti segnavia è stata individuata una roccia affiorante di medie dimensioni con una superficie caratterizzata da zone con assenza di asperità significative. Tale roccia risulta essere ben salda in quanto solidale con supporto roccioso e dunque si assume che il sito di misura garantisca una buona stabilità nei confronti della variazione di posizione nel corso degli anni. La roccia in questione inoltre riporta il segnavia del sentiero e dunque, seppur in ambiente alpino, il

sito di misura risulta accessibile e di facile individuazione. Si riporta in **Figura 4.2** l'assetto degli strumenti in posizione presso il sito di misura, mentre in **Figura 4.7** e **Figura 4.8** si contestualizza il sito di misura nell'ambiente circostante.

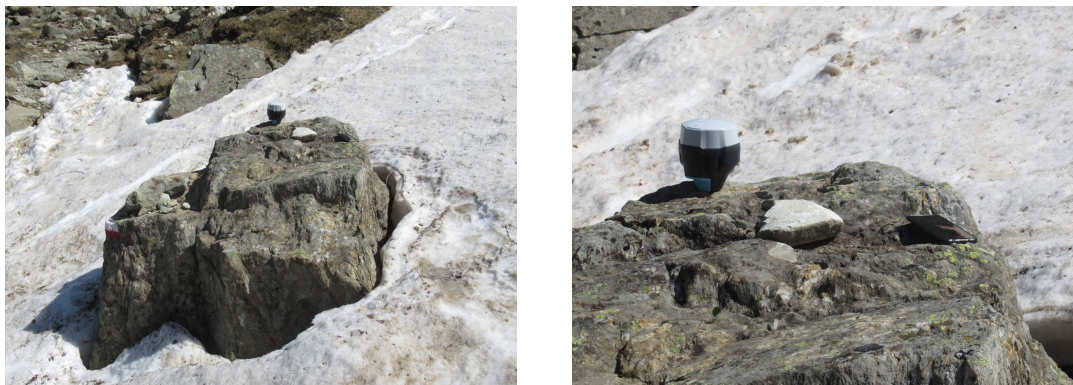


Figura 4.2: Assetto strumenti in posizione di misura



Figura 4.3: Collocazione sito di misura nell'ambiente circostante - Vista Sud



Figura 4.4: Collocazione sito di misura nell'ambiente circostante - Vista Ovest

Nella **Tabella 4.1** vengono ricapitolate tutte le informazioni utili a caratterizzare il sito di misura.

Tabella 4.1: Caratteristiche sito di misura

Sito di misura n.ro 1	Pian del Re
Provincia	Cuneo
Comune	Crissolo
Quota indicativa	2113m s.l.m - Lago Fiorenza
Riferimento	Roccia affiorante con segnavia
Accessibilità	Sentiero Pian del Re - Lago Fiorenza
Stazione permanente più vicina	Ostana (OSTA)
Distanza da stazione permanente più vicina	Circa 7km in linea d'aria

4.1.2 Note riassuntive sulla campagna di misura

Nella **Tabella 4.2** vengono ricapitolate alcune informazioni relative alla campagna di misura n.ro 1.

Tabella 4.2: Note campagna di misura n.ro 1

Campagna di misura n.ro 1	Pian del Re
Data	20/05/2021
Modalità di acquisizione	Statica
Ora di inizio acquisizione [GPST]	09:35:12
Ora di fine acquisizione [GPST]	13:35:12
Durata campagna	4h
Baseline tra gli strumenti	45cm circa
Condizioni meteo	Sereno senza nuvole

Si precisa come gli orari e la durata siano relativi al solo periodo di processamento dei dati. Infatti la durata effettiva dell'acquisizione risulta maggiore rispetto alle 4h, in particolare l'acquisizione è incominciata con qualche minuto di anticipo ed è terminata qualche minuto dopo. Le 4h sulle quali viene effettuato il processamento vengono ritagliate all'interno di tale periodo di acquisizione.

4.2 Campagna di misura n.ro 2

4.2.1 Caratterizzazione del sito di misura

La seconda campagna di misura si è svolta a partire dalla piccola realtà di Malzat che, assieme ad altre piccole borgate, costituisce il comune di Prali facente a sua volta parte della Città Metropolitana di Torino. La salita in quota dalla borgata di Malzat può avvenire mediante due impianti a fune classificabili come seggiovie biposto ad ammorsamento fisso. Il primo tratto dell'impianto consente di raggiungere, a partire dai 1470m s.l.m di Malzat, la quota di 2230m s.l.m presso Pian dell'Alpet, dove è presente anche un punto di ristoro. Il secondo tratto sale da Pian dell'Alpet sino al Bric Rond ad una quota di 2540m s.l.m. In particolare la misura ha avuto luogo a lato del gruppo di piste da sci denominate Ciatlet, che da Bric Rond scendono a Pian dell'Alpet. Tale zona risulta facilmente raggiungibile in quanto situata nelle immediate vicinanze della stazione di monte dell'impianto a fune Malzat-Pian dell'Alpet (**Figura 4.5**).



Figura 4.5: Vista della stazione di monte dell'impianto Malzat-Pian dell'Alpet dalle piste da sci - 2230 m s.l.m.

Le zone circostanti la stazione di monte dell'impianto e il punto di ristoro adibite a piste da sci nel periodo invernale per ovvie ragioni di sicurezza non presentano elementi antropici e naturali significativi. La zona limitrofa, situata a Nord-Est della stazione di monte, appare essere costituita da terreno di riporto misto a frammenti di roccia di piccola pezzatura, vista la realizzazione di una breve rampa di accesso alle piste e di una porzione in rilevato a servizio di un piccolo fabbricato. L'attenzione si è spostata dunque ai lati della pista da sci che presenta rocce di pezzatura più grossolana e vegetazione. Alcune rocce, seppur presentanti una superficie abbastanza regolare, sono state scartate in quanto solo appoggiate o debolmente vincolate al terreno. La roccia che è stata scelta si presenta a filo terreno consentendo di assumere che sia pienamente solidale con il supporto. Questa risulta inoltre presentare una superficie regolare e pressoché piana. Inoltre la presenza di vegetazione erbacea, grazie all'azione degli apparati radicali, consente una maggior stabilità dello strato di supporto nei confronti di piccoli smottamenti, fenomeni di ruscellamento superficiale e dilavamento. Si riporta in **Figura 4.6** l'assetto degli strumenti in posizione presso il sito di misura, mentre in **Figura 4.7** e **Figura 4.8** si contestualizza il sito di misura nell'ambiente circostante.

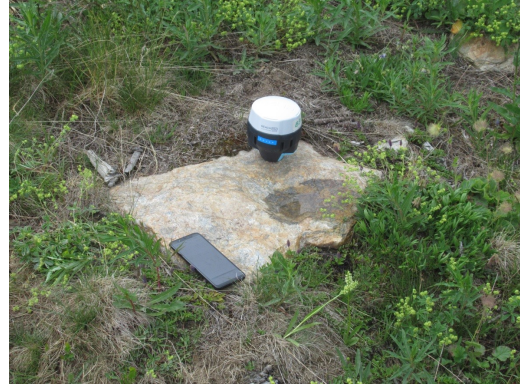


Figura 4.6: Assetto strumenti in posizione di misura



Figura 4.7: Collocazione sito di misura nell'ambiente circostante - Vista Nord-Est



Figura 4.8: Collocazione sito di misura nell'ambiente circostante - Vista Nord-Ovest

Nella **Tabella 4.3** vengono ricapitolate tutte le informazioni utili a caratterizzare il sito di misura.

Tabella 4.3: Caratteristiche sito di misura

Sito di misura n.ro 2	Pian dell'Alpet
Provincia	Città Metropolitana di Torino
Comune	Prali
Quota indicativa	2230m s.l.m - Stazione di monte impianto
Riferimento	Roccia a filo terreno
Accessibilità	Rampa sterrata di accesso alle piste da sci
Stazione permanente più vicina	Ostana (OSTA)
Distanza da stazione permanente più vicina	Circa 23km in linea d'aria

4.2.2 Note riassuntive sulla campagna di misura

Nella **Tabella 4.4** vengono ricapitolate alcune informazioni relative alla campagna di misura n.ro 2.

Tabella 4.4: Note campagna di misura n.ro 2

Campagna di misura n.ro 2	Pian dell'Alpet
Data	07/07/2021
Modalità di acquisizione	Statica
Ora di inizio acquisizione [GPST]	07:36:00
Ora di fine acquisizione [GPST]	11:36:00
Durata campagna	4h
Baseline tra gli strumenti	47cm circa
Condizioni meteo	Cielo coperto con nebbia fitta a tratti

Si precisa come gli orari e la durata siano relativi al solo periodo di processamento dei dati. Infatti la durata effettiva dell'acquisizione risulta maggiore rispetto alle 4h, in particolare l'acquisizione è incominciata con qualche minuto di anticipo ed è terminata qualche minuto dopo. Le 4h sulle quali viene effettuato il processamento vengono ritagliate all'interno di tale periodo di acquisizione. Particolare rilievo vuole essere posto alle condizioni di misura eseguite a tratti in presenza di una fitta coltre di nebbia. Questo per mettere in evidenza come la tecnica del posizionamento satellitare, qualora non siano presenti altri ostacoli fissi, in ambiente outdoor a campo libero sia sempre possibile anche in presenza di visibilità scarsa o nulla. Questa condizione invece risulta essere proibitiva per operazioni di rilievo eseguite con tecniche topografiche tradizionali (ad esempio mediante livellazione geometrica e/o stazione totale) ma anche innovative (laser scanner, fotogrammetria). In **Figura 4.9** si possono osservare le condizioni di scarsa visibilità della zona del sito di misura osservato da lontano mentre in **Figura 4.10** e **Figura 4.11** si possono apprezzare le condizioni di scarsa visibilità riscontrate presso il sito di misura e zone limitrofe durante la fase di acquisizione. Per facilitare individuazione del sito di misura è stato posto accanto ad esso un impermeabile dal colore acceso.



Figura 4.9: Condizioni di scarsa visibilità relative alla zona del sito di misura osservato da lontano



Figura 4.10: Condizioni di scarsa visibilità relative al sito di misura



Figura 4.11: Condizioni di scarsa visibilità relative all'area circostante il sito di misura

4.3 Campagna di misura n.ro 3

4.3.1 Caratterizzazione del sito di misura

La terza campagna di misura è stata effettuata sempre internamente al territorio del comune di Prali. Il sito di misura questa volta è posto nelle vicinanze della stazione di monte della seggiovia biposto ad ammassamento fisso che collega Pian dell'Alpet (2230m s.l.m), dove ha avuto luogo la seconda campagna di misurazione, con Bric Rond (2540m s.l.m). Nello specifico il sito di misura si raggiunge a partire dalla stazione di monte dell'impianto Pian dell'Alpet-Bric Rond percorrendo un breve tratto della Mulattiera Militare Conca Cialancia sino a raggiungere un piccolo fabbricato rettangolare con copertura a falda unica. Da questo punto si prosegue in direzione Nord-Est sino a raggiungere un pianoro caratterizzato dalla presenza di numerose rocce affioranti (**Figura 4.12**). Inoltre da tale sito di misura è possibile scorgere in direzione Ovest il punto di ristoro presso Pian dell'Alpet, dove hanno sede anche la stazione di monte dell'impianto Malzat-Pian dell'Alpet e stazione di valle dell'impianto Pian dell'Alpet-Bric Rond.



Figura 4.12: Vista della stazione di monte dell'impianto Pian dell'Alpet-Bric Rond (2540m s.l.m) e del piccolo fabbricato rettangolare con copertura a falda unica lungo la mulattiera militare

Lungo la Mulattiera Militare è presente un pannello esplicativo con altezza da terra di circa 1m riportante informazioni sulle cime che da quel punto risultano osservabili. Tale pannello risulta una superficie piana e potenzialmente valida per effettuare una acquisizione, tuttavia si è ritenuto di evitare la sua scelta in modo da scongiurare la presenza di turisti nelle immediate vicinanze che potrebbero disturbare il segnale coprendo temporaneamente lo strumento o causare ripetute vibrazioni nell'atto dell'appoggiarsi al pannello stesso. Questo aspetto andrebbe infatti ad inficiare la natura statica dell'acquisizione. Si preferisce dunque raggiungere un'area pressoché piana che presenta molte rocce affioranti, tra queste se ne sceglie una che sia solidale al supporto e con superficie regolare oltre che piana. Si riporta in **Figura 4.13** l'assetto degli strumenti in posizione presso il sito di misura, mentre in **Figura 4.14** e **Figura 4.15** si contestualizza il sito di misura nell'ambiente circostante.



Figura 4.13: Assetto strumenti in posizione di misura



Figura 4.14: Collocazione sito di misura nell'ambiente circostante - Vista Nord-Est



Figura 4.15: Collocazione sito di misura nell'ambiente circostante - Vista Ovest

Nella **Tabella 4.5** vengono ricapitolate tutte le informazioni utili a caratterizzare il sito di misura.

Tabella 4.5: Caratteristiche sito di misura

Sito di misura n.ro 3	Bric Rond
Provincia	Città Metropolitana di Torino
Comune	Prali
Quota indicativa	2540m s.l.m - Stazione di monte impianto
Riferimento	Roccia affiorante
Accessibilità	Mulattiera militare Conca Cialancia
Stazione permanente più vicina	Ostana (OSTA)
Distanza da stazione permanente più vicina	Circa 22km in linea d'aria

4.3.2 Note riassuntive sulla campagna di misura

Nella **Tabella 4.6** vengono ricapitolate alcune informazioni relative alla campagna di misura n.ro 3.

Tabella 4.6: Note campagna di misura n.ro 3

Campagna di misura n.ro 3	Bric Rond
Data	21/07/2021
Modalità di acquisizione	Statica
Ora di inizio acquisizione [GPST]	08:11:00
Ora di fine acquisizione [GPST]	12:11:00
Durata campagna	4h
Baseline tra gli strumenti	85cm circa
Condizioni meteo	Cielo sereno a tratti coperto con nuvole basse

Si precisa come gli orari e la durata siano relativi al solo periodo di processamento dei dati. Infatti la durata effettiva dell'acquisizione risulta maggiore rispetto alle 4h, in particolare l'acquisizione è incominciata con qualche minuto di anticipo ed è terminata qualche minuto dopo. Le 4h sulle quali viene effettuato il processamento vengono ritagliate all'interno di tale periodo di acquisizione.

Capitolo 5

Considerazioni preliminari al processamento dei dati

In questa sezione si pone l'accento su quelle che sono le verifiche necessarie per appurare la buona riuscita dell'acquisizione dei dati durante la campagna di misura. Si accenna a quelle che sono le tecniche di posizionamento utilizzate in fase di post-processamento e su come il processamento dei dati sia stato pianificato.

5.1 Validazione dati grezzi acquisiti

Al fine di poter valutare l'effettiva riuscita della campagna di misura risulta essere necessario richiamare qualche nozione utile per la lettura dei file di osservazione [15]. Di particolare interesse risulta essere la parte di intestazione del file di osservazione (.obs) le cui righe riportano la dicitura OBS TYPES. In queste righe viene riportata la chiave di lettura delle osservazioni che vengono elencate in seguito alla fine dell'intestazione. Le righe in questione sono caratterizzate da gruppi di 3 elementi (lettera+numero+lettera) il cui significato viene di sotto riportato:

- **Prima lettera:** questa rappresenta la tipologia di misura che viene acquisita dallo strumento e assume la seguente codifica contenuta in **Tabella 5.1**;

Tabella 5.1: Codifica prima lettera OBS TYPE

Lettera	Significato
C	Misura di codice
L	Misura di fase
D	Doppler
S	SNR - Rapporto segnale/rumore

- **Numero:** rappresenta la decodifica internazionale delle frequenze;
- **Seconda lettera:** nel caso di una costellazione CDMA esplicita la tipologia di codice che modula la frequenza mentre per una costellazione FDMA non assume particolare significato e viene assegnata di default.

La validazione si materializza in fase di scarico dei dati grezzi acquisiti durante le campagne di misura. In particolare si controlla:

- che per tutta la durata dell'acquisizione le misure non siano state acquisite su una sola delle frequenze disponibili, circostanza per la quale non sarebbe possibile sfruttare tutte le potenzialità di uno strumento multifrequenza;
- la coincidenza dell'ora GPST di inizio e fine acquisizione;

- l'acquisizione dei dati da tutte le costellazioni disponibili;
- assenza o presenza non troppo marcata di valori del rapporto segnale/rumore troppo bassi (<30-35dB).

5.2 Tecniche di posizionamento in fase di post-processamento

Una volta acquisiti i dati grezzi per ciascuna campagna di misura si procede con la fase di post-processamento. In questa sede non si è interessati ad un posizionamento assoluto o stand alone in quanto questo, non prevedendo la presenza di una stazione di base, non permette di avere informazioni circa la correzione dei bias che caratterizzano le misure. Si preferisce invece sfruttare un posizionamento relativo (**Paragrafo 1.5.2**) che prevede l'individuazione di una stazione master di coordinate note e di una stazione rover di coordinate incognite che risultano essere quanto si vuole ottenere dal posizionamento. Questa tecnica di posizionamento relativo permette di scrivere delle equazioni alle osservazioni grezze che, qualora la baseline tra la stazione master e quella rover sia contenuta entro i 15-20km, contengono termini di errore che possono essere considerati pienamente comparabili tra i due punti. A questo punto sarà sufficiente differenziare opportunamente tali equazioni [3][4] (differenze prime, doppie e triple) per poter mano a mano elidere o ridurre le varie componenti di bias che affliggono le misure arrivando poi a stimare la posizione della stazione rover rispetto alla posizione nota della stazione master.

5.3 Software e impostazioni utilizzati per il post-processamento

Il post-processamento viene effettuato facendo uso della suite di software open-source RTKLIB [16][17]. In particolare i tool che sono stati utilizzati sono riportati di seguito:

- **RTKCONV**: per la conversione dei dati acquisiti dai ricevitori da formato proprietario a formato RINEX (Receiver INdependent EXchange format);
- **RTKPLOT**: per la visualizzazione dei dati acquisiti nonché dei dati processati;
- **RTKPOST**: per il post-processamento dei dati.

Per ciascuno dei vari processamenti che caratterizzano una campagna di misura vengono utilizzati tutta una serie di impostazioni e accorgimenti che vengono di seguito esposti:

- In tutti i casi si effettua un posizionamento statico con strumenti multifrequenza. Per questa ragione si decide di sfruttare tutte le informazioni che possono essere lette sulle frequenze aggiuntive che lo strumento è in grado di decodificare rispetto ad uno strumento a singola frequenza. Il processamento dunque fornisce risultati che sono frutto della considerazione di tutte le frequenze disponibili che vengono riportate in **Tabella 5.2** e **Tabella 5.3**;

Tabella 5.2: Frequenze decodificate dal ricevitore geodetico

Costellazione	Frequenze decodificate
GPS	L1,L2
GLONASS	L1,L2
Galileo	E1,E5b
BeiDou	B1,B2

Tabella 5.3: Frequenze decodificate dallo smartphone

Costellazione	Frequenze decodificate
GPS	L1,L5
GLONASS	L1
Galileo	E1,E5a
BeiDou	B1

- In fase di post-processamento viene adottato un valore di cut-off pari a 10° per depurare i dati grezzi dalle misure che provengono da satelliti con angolo di elevazione troppo basso e per cui il cui segnale risulta essere di scarsa qualità;
- Il ricevitore geodetico applica già in fase di acquisizione un filtro di default che consente di conservare le sole misure caratterizzate da un rapporto segnale/rumore (SNR - Signal to Noise Ratio) superiore a 35dB. Il medesimo filtro viene invece applicato in fase di post-processamento allo smartphone;
- Per quanto riguarda il fissaggio dell'ambiguità di fase per la costellazione GPS si opta per un fissaggio del tipo *fix and hold*. In conseguenza all'esito positivo del ratio test (ratio>3.0) l'ambiguità di fase passa da un valore float ad un valore intero e nelle epoche successive a tale evento l'ambiguità di fase non viene più considerata come una incognita bensì diviene termine noto. In aggiunta non si considera il fissaggio dell'ambiguità di fase per nessuna altra costellazione aggiuntiva a quella GPS in quanto nel caso di una costellazione FDMA gli algoritmi che fissano l'ambiguità di fase risultano essere meno efficaci rispetto al caso CDMA. Tuttavia anche in quest'ultimo caso si preferisce mantenere la sola ambiguità GPS in quanto, utilizzando sensori low-cost, uno dei problemi principali si assume essere la frammentarietà e a tratti scarsità di misure valide disponibili per il processamento. Questo si traduce in un numero inferiore di equazioni alle osservazioni grezze che possono essere scritte per ciascuna epoca di misura. Tale aspetto risulta essere in contrasto con l'aggiunta di ulteriori incognite quali le ambiguità di fase di una costellazione aggiuntiva a quella GPS;
- Il processamento viene svolto attraverso l'uso del filtro di Kalman con modalità *combined* che prevede sia il filtraggio (filtering) che il lisciamento (smoothing) dei dati. Il filtraggio consiste nel determinare la miglior stima dei parametri per l'epoca di misura corrente attraverso una prima fase di predizione che fa uso di equazioni di stato e una seconda fase di correzione della predizione che sfrutta equazioni di misura. Il lisciamento invece consiste, a partire dall'ultima epoca di misura, nel determinare la migliore stima dei parametri relativi alle epoche precedenti. Questa tecnica risulta molto dispendiosa da un punto di vista della allocazione di memoria in quanto devono essere memorizzate le realizzazioni dei vari parametri per ciascuna epoca del filtraggio. Infatti il lisciamento può essere fatto solo una volta raggiunta l'ultima epoca di misura per poi rideterminare a ritroso tutte le soluzioni alle epoche precedenti. Con l'utilizzo della modalità *combined* queste due tecniche vengono eseguite in successione;
- Il processamento viene svolto in modalità statica e si considera un'unica soluzione rappresentativa di tutto l'orizzonte temporale sul quale viene eseguito il processamento (Solution for static mode: *Single*). In questo ultimo caso tutte le misure di tutte le epoche sono utilizzate per stimare attraverso il metodo dei minimi quadrati le incognite: latitudine, longitudine, altezza ellissoidica del punto di interesse oltre che uno sfasamento d'orologio tra satelliti e ricevitore per ciascuna costellazione impiegata. E' chiaro sin da subito come tale processo goda di una elevata ridondanza visto il numero limitato di parametri da stimare a fronte del numero molto elevato delle equazioni alle osservazioni grezze che è possibile scrivere avendo a disposizione buoni file di osservazione. Si riporta per completezza l'alternativa a tale metodologia, che non viene utilizzata nel processamento dei dati raccolti nelle varie campagne di misure (Solution for static mode: *All*). In questo caso come risultato non si ottiene più un'unica soluzione rappresentativa dell'intera estensione temporale del processamento bensì una soluzione distinta per ciascuna epoca di misura. Infatti ad ogni epoca la soluzione viene

ristimata, sulla base delle sole misure dell'epoca corrente partendo dall'ipotesi che la soluzione approssimata sia quella stimata all'epoca precedente e assumendo l'ipotesi di staticità (Filtro di Kalman in condizioni statiche). Questo secondo metodo gode di ridondanza inferiore ma ad esempio nel caso del filtraggio se le misure valide all'interno di un'epoca di misura fossero nulle o in ogni caso esigue il filtro di Kalman fornisce sempre una soluzione che sarà pari alla soluzione stimata al passo precedente con applicata una correzione nulla. Al contrario il fatto di utilizzare il metodo dei minimi quadrati (per passare da una soluzione per ciascuna epoca ad un'unica soluzione valida per l'intero tempo di processamento) non prevede la possibilità di ottenere sempre e comunque una soluzione. Infatti si dovessero avere dei problemi circa l'invertibilità della matrice disegno dovuti a epoche caratterizzate da significativi deficit di misure valide ai fini del processamento si potrebbe ricadere nell'eventualità in cui il risultato non risulti disponibile.

Capitolo 6

Pianificazione del processamento dei dati

Secondo gli obiettivi prefissati al **Capitolo 2** sarà necessario confrontare i risultati ottenuti dal processamento dei dati grezzi per diverse combinazioni di:

- Coppie master/rover;
- Durata del periodo di post-processamento;
- Costellazioni satellitari impiegate.

6.1 Combinazioni master/rover e ordine di processamento

L'ordine nel processamento dei dati e relativi risultati è funzionale a quelli che sono gli obiettivi esposti nel **Paragrafo 2.1**. In particolare si effettuano in ordine i set di processamenti relativi alle seguenti combinazioni master/rover:

1. Prima combinazione:

Master: Stazione Permanente

Rover: Ricevitore geodetico

Il rover in questo caso è rappresentato da un ricevitore geodetico a basso costo (se comparato con il costo dei ricevitori montati sulle stazioni permanenti). Tale ricevitore può essere utilizzato come base locale per applicazioni future. Mediante questa prima combinazione è possibile determinare le coordinate di tale base locale nella maniera più precisa possibile vista la contemporanea disponibilità delle osservazioni di una stazione permanente e di un ricevitore geodetico, seppur a costo contenuto;

2. Seconda combinazione:

Master: Stazione Permanente

Rover: Smartphone

Il rover in questo caso risulta essere un sensore low-cost quale uno smartphone che rappresenta la nuova frontiera del posizionamento con un costo ancor più contenuto rispetto ad un ricevitore geodetico a basso costo. Attraverso questa seconda combinazione si vuole simulare la situazione nella quale l'utente si trovi a dover effettuare un posizionamento di precisione in ambiente non convenzionale dotato di un solo sensore low-cost potendo tuttavia usufruire

dell'ausilio delle osservazioni di una stazione permanente. A questo punto è possibile determinare nuovamente le coordinate della base locale ed effettuare confronti con la combinazione master/rover n.ro 1 per valutare quale sia la configurazione che fornisce i risultati migliori per quanto riguarda la materializzazione di una base locale. Un'ulteriore analisi prevede la stima di una baseline planimetrica (da confrontare con quella reale) e di una variazione di altezza ellissoidica rispetto ad una base locale virtuale rappresentata dalle coordinate del ricevitore geodetico calcolate con la prima combinazione. La base locale viene definita virtuale per rafforzare il fatto che questa non sia in questo scenario fisicamente presente ma serva solamente per ottenere risultati comparabili con quelli della combinazione n.ro 3 dove la base locale diviene reale;

3. Terza combinazione:

Master: Ricevitore geodetico
Rover: Smartphone

In questo caso il rover rimane sempre il sensore low-cost di cui è dotato lo smartphone ma il master diventa il ricevitore geodetico e non più la stazione permanente. La base locale di coordinate note passa da virtuale (seconda combinazione) a reale e vuole simulare la situazione in cui un utente si trovi a dover effettuare un posizionamento di precisione in ambiente non convenzionale dotato sia di un sensore che di un ricevitore geodetico a basso costo. Il vantaggio di utilizzare tale combinazione può essere quello di evitare un'interfaccia diretta tra strumenti che possiedono caratteristiche e performance troppo diverse tra loro. In questo senso il ricevitore geodetico, seppur a basso costo, rappresenta l'anello di congiunzione tra un ricevitore di alto livello installato su di una stazione permanente e un ricevitore low-cost con cui risulta equipaggiato ad esempio uno smartphone.

6.2 Definizione della durata dei periodi di post-processamento

I dati grezzi vengono acquisiti in modalità statica e in modo continuo su di una finestra temporale di 4h, tuttavia durante la fase di post-processamento si vuole valutare la qualità del posizionamento ottenuto in funzione della durata della campagna di misura. Questo risulta necessario per poter comprendere se, una volta definito un certo livello di precisione target, la durata dell'acquisizione possa essere ridotta (rispetto alle 4h) utilizzando opportune combinazioni di strumenti e strategie operative. La valutazione del processamento su orizzonti temporali differenti risulta anche fondamentale per comprendere se vi sia un limite inferiore al di sotto del quale non sia possibile scendere pena il non raggiungimento di precisioni adeguate all'ambito di applicazione del posizionamento. Per questo motivo oltre al posizionamento sulle 4h complessive si effettuano molteplici ulteriori processamenti riferendoli a differenti finestre temporali interne alle 4h di acquisizione complessiva. In particolare, per le campagne di misura ordinarie, si pianifica di effettuare un post-processamento secondo quanto riportato in **Tabella 6.1**:

Tabella 6.1: Pianificazione fase di post-processamento per campagna di misura i-esima

Durata	N.ro di processamenti
4h	1
1h	4
30min	4
10min	4
5min	4

Gli orari di inizio e fine acquisizione per i processamenti da 1h si ottengono dalla scomposizione delle 4h complessive in quattro ore singole mentre per i quattro processamenti da 30, 10, 5min gli orari di inizio e fine processamento vengono scelti in modo che risultino distribuiti nella maniera

più omogenea possibile sul periodo complessivo di acquisizione depurato dei suoi primi 30min. Questo si rende necessario per limitare l'effetto dei disturbi al segnale che dovessero manifestarsi nel periodo immediatamente successivo all'istante di inizio acquisizione.

6.3 Combinazioni di costellazioni satellitari adottate in post-processamento

Il set di processamenti riportato in **Tabella 6.1** viene ripetuto per ciascuna combinazione master/rover precedentemente introdotta sfruttando sia un posizionamento a singola costellazione (solo GPS) sia una serie di posizionamenti a doppia costellazione (GPS + ulteriore costellazione i-esima). Infatti l'utilizzo di più costellazioni alla volta non per forza porta ad un miglioramento dei risultati in quanto è utile ricordare che i satelliti di una singola costellazione sono temporalmente sincroni tra loro ma tale affermazione non vale tra costellazioni diverse. Dunque ogni costellazione aggiuntiva comporta un ulteriore errore di orologio in quanto sarà diverso l'asincronismo temporale tra i satelliti di quella stessa costellazione e il ricevitore. Si assume che la quantità e la qualità delle osservazioni ottenibili da un ricevitore low-cost rispetto al caso di un ricevitore geodetico, seppur a basso costo, sia nettamente inferiore e dunque specie quando si utilizzano strumenti non professionali risulta sconveniente introdurre troppe incognite aggiuntive al problema visto il numero contenuto di equazioni alle osservazioni grezze valide che è possibile scrivere. Inoltre per le combinazioni master/rover prima e seconda si potranno usare solo le costellazioni i cui dati vengono resi disponibili dalle stazioni permanenti. Avvalendosi delle stazioni permanenti della rete *SPIN3 GNSS* [12] a livello delle Regioni di Piemonte, Lombardia e Valle d'Aosta le uniche due combinazioni di costellazioni possibili per un post-processamento, sono GPS e GPS+GLONASS.

6.4 Scelta dei parametri di confronto tra le varie soluzioni

La quantità di informazioni che si ottengono da un singolo processamento sono molteplici, risulta dunque importante definire un numero limitato di parametri che consentano di garantire una descrizione completa e sintetica di quelli che sono i risultati ottenuti per ciascuna analisi effettuata. In sede di post-processamento mediante il software gratuito RTKPOST (**Paragrafo 5.3**) è possibile ottenere, per ciascuna analisi effettuata, il valore delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine e altezza ellissoidica) del rover, le rispettive deviazioni std e il valore del ratio. Se il valore del ratio supera il valore soglia, fissato a 3.0, l'ambiguità di fase viene fissata ad intero (Q=1) mentre in caso contrario l'ambiguità di fase permane float (Q=2) [3][17]. Le coordinate in output sono espresse in un sistema di riferimento ECEF (*Earth Centered Earth Fixed*) con ellissoide di riferimento WGS84 che, in tale sede, può essere considerato equivalente al sistema di riferimento ETRF2000 (ver.2008.0). Ad oggi infatti solo quest'ultimo risulta essere il sistema di riferimento ufficialmente adottato in Italia [3][18].

6.4.1 Valutazione planimetrica

Risulta alquanto complesso valutare l'entità di variazioni in latitudine e longitudine espresse in gradi sessadecimali. Per questo motivo un passaggio preliminare a qualsiasi valutazione sui risultati ottenuti è la conversione, all'interno del sistema di riferimento ETRF2000, da coordinate geografiche planimetriche latitudine e longitudine in coordinate piane UTM Nord ed Est rispetto al fuso 32. La trasformazione in questione si intende conforme alla rappresentazione di Gauss per fusi [18]. Tale conversione è stata effettuata mediante l'uso del software gratuito, diffuso a livello nazionale, *ConveRgo* (Conversioni di coordinate per le Regioni) [19][20]. Una volta effettuata questa conversione sarà possibile determinare:

$$\Delta N = N_i - N_{ref}$$

$$\Delta E = E_i - E_{ref}$$

Rispettivamente variazione della coordinata Nord ed Est valutate come la differenza tra la coordinata Nord/Est della realizzazione i-esima e la coordinata Nord/Est relativa ad una realizzazione

presa come riferimento che verrà specificata in funzione della combinazione master/rover oggetto di analisi (**Paragrafo 7.1**). Una volta note queste grandezze è possibile definire la baseline come segue:

$$Baseline_{plan,i} = \sqrt{\Delta N^2 + \Delta E^2}$$

In conclusione per quanto riguarda le valutazioni planimetriche si farà uso del parametro:

$$\Delta Baseline_{plan} = Baseline_{plan,i} - Baseline_{plan,ref}$$

Dove:

- $Baseline_{plan,i}$: è la baseline planimetrica stimata in fase di post-processamento relativa al caso i-esimo;
- $Baseline_{plan,ref}$: è una baseline planimetrica di riferimento che viene esplicitata in funzione della combinazione master/rover oggetto di analisi (**Paragrafo 7.1**).

Tale espressione viene valutata in segno al fine di poter verificare se la stima della $\Delta Baseline$ i-esima avviene per eccesso/difetto. Al fine di consolidare quanto precedentemente descritto al **Paragrafo 3.1** è utile sottolineare ancora una volta come il valore di baseline reale sia misurato senza pretesa di ottenere grande precisione. Tuttavia questo non riduce quella che è la validità del parametro $\Delta Baseline_{plan}$ utilizzato per i confronti tra soluzioni diverse in planimetria. Infatti tale parametro è espresso in termini relativi ed è definito a meno di una costante.

6.4.2 Valutazione altimetrica

La valutazione della componente altimetrica risulta più agevole in quanto si basa sulla determinazione di una differenza di altezze ellissoidiche già espresse in metri. Si effettua la differenza in segno tra una altezza ellissoidica relativa ad un caso i-esimo e una altezza ellissoidica assunta come riferimento e variabile in funzione della combinazione master/rover di interesse (**Paragrafo 7.1**). In questa sede non risulta necessario convertire le altezze ellissoidiche in quote ortometriche mediante la stima del valore di ondulazione del geode piuttosto che in altezze normali mediante la stima dell'anomalia d'altezza. Per quanto riguarda la componente altimetrica è importante ricordare che lo strumento misura relativamente al centro di fase dell'antenna, punto esatto dove viene ricevuto il segnale dai satelliti. In generale per ottenere l'altezza ellissoidica corretta del punto in esame sarà necessario conoscere l'altezza del fondo dello strumento dalla superficie del terreno e la distanza tra il fondo dello strumento e l'ARP (*Antenna Reference Point*) [21]. La prima distanza può essere misurata direttamente in sito preventivamente alla fase di acquisizione mentre la seconda distanza viene resa nota dal costruttore. Nelle varie campagne di misura effettuate il ricevitore geodetico viene posizionato senza far uso di palina dunque sarà necessario sottrarre alla componente altimetrica ottenuta in post-processamento la sola distanza tra l'ARP e il fondo dello strumento, pari a 134mm. Per quanto riguarda lo smartphone, vista l'impossibilità di conoscere l'esatta ubicazione del centro di fase dell'antenna e assumendo comunque trascurabile lo spessore del dispositivo rispetto alle precisioni in gioco, l'altezza ellissoidica corretta si ritiene coincidente con quella stimata in post-processamento.

Capitolo 7

Processamento dei dati

7.1 Procedure operative utilizzate

Ripercorrendo quelli che sono gli obiettivi esposti al **Paragrafo 2.1**, specificati più nel dettaglio al **Paragrafo 6.1**, è necessario analizzare i risultati relativi a:

1. **Combinazione master/rover n.ro 1:** l'obiettivo di tale set di processamenti è quello di definire le coordinate di una base locale da utilizzarsi per applicazioni successive e valutare il livello di precisione e robustezza ottenibili. Il confronto sarà dunque fatto tra realizzazioni facenti capo alla sola combinazione master/rover n.ro 1. In particolare dopo la conversione dei risultati da coordinate geografiche in coordinate piane si determinano le variazioni di coordinata Nord ed Est prendendo come riferimento le coordinate piane della stazione permanente di riferimento. Mediante queste variazioni di coordinata Nord ed Est è possibile stimare:

→ *Baseline_{plan,ps}*: baseline tra la stazione permanente e il ricevitore geodetico.

Sempre prendendo come riferimento l'altezza ellissoidica della stazione permanente viene determinata:

→ *Δh_{ps}*: variazione di altezza ellissoidica tra stazione permanente e ricevitore geodetico (corretta rispetto a ARP).

A questo punto il calcolo della $\Delta\text{Baseline}_1$ e della Δh_1 vengono effettuati prendendo come riferimento la realizzazione con ID A1 in quanto relativa alla finestra temporale più ampia e dunque meno condizionata dal numero di satelliti disponibili nonché dalla configurazione satellitare. Si sottolinea che tale processo è stato ripetuto per ciascuna campagna di misura e per ciascuna delle combinazioni satellitari disponibili;

2. **Combinazione master/rover n.ro 1 vs. Combinazione master/rover n.ro 2:** in questo caso i due set di processamenti vengono confrontati per mettere in evidenza la differenza tra la materializzazione di una base locale mediante uso di stazione permanente + ricevitore geodetico piuttosto che stazione permanente + sensore low-cost. Il fatto che solo la combinazione master/rover n.ro 1 venga analizzata separatamente deriva dal fatto che si assume come la materializzazione della base locale sia migliore sfruttando l'uso di strumenti professionali quali ricevitori geodetici. Tale confronto risulta utile a validare quanto assunto in precedenza. Nello specifico si ripete l'esatto procedimento esplicitato per il caso della combinazione master/rover n.ro 1 questa volta considerando la coppia stazione permanente + smartphone. Al termine di tale procedimento si ottengono delle $\Delta\text{Baseline}_1$ e delle Δh_1 relative alla combinazione master/rover n.ro 2 che possono essere confrontate con quelle ottenute per la combinazione master/rover n.ro 1. Risulta importante sottolineare come in entrambe le combinazioni oggetto di confronto il master sia sempre la stazione permanente mentre il rover sia rappresentato in un caso dal ricevitore geodetico e nell'altro dallo smartphone che, durante le campagne di misura, acquisiscono i dati grezzi in contemporanea. Per tale ragione la baseline tra gli strumenti è diversa da zero in quanto questi occupano posizioni differenti.

Questo fatto non risulta tuttavia essere un ostacolo al confronto tra i risultati ottenuti dalle due combinazioni, infatti si confrontano delle grandezze relative e non assolute.

3. **Combinazione master/rover n.ro 2 vs. Combinazione master/rover n.ro 3:** mediante questo confronto si vuole stabilire quale tra le due combinazioni master/rover sia la più accurata nella stima della baseline rispetto a quella misurata sul campo tra il ricevitore geodetico e lo smartphone. Come già sottolineato al **Paragrafo 6.1** in questo caso si farà uso di una base locale (considerata come virtuale o reale), determinata mediante combinazione master/rover n.ro 1. In particolare dopo la conversione dei risultati da coordinate geografiche in coordinate piane si determinano le variazioni di coordinata Nord ed Est prendendo come riferimento le coordinate piane della base locale coincidente con la posizione del ricevitore geodetico relativa a:

→ Combinazione master/rover n.ro 1

→ ID processamento A1

→ Processamento GPS only

Ci si riferisce nuovamente al processamento che prevede la finestra temporale più ampia al fine di minimizzare la dipendenza dei risultati dal numero di satelliti disponibili e dalla configurazione satellitare. Inoltre si sceglie come riferimento la soluzione stimata con un posizionamento GPS only in quanto si assume che la qualità e la quantità di osservazioni ottenibili sfruttando due ricevitori geodetici (uno ad elevate prestazioni installato su di una stazione permanente e l'altro a costo più contenuto) sia sufficiente a fornire una stima robusta delle coordinate della base locale anche utilizzando una sola costellazione satellitare. La base locale risulta virtuale per la combinazione master/rover n.ro 2 e reale per la combinazione master/rover n.ro 3. Infatti la combinazione master/rover n.ro 2, senza l'introduzione della base virtuale, consentirebbe solo di determinare la baseline planimetrica tra lo smartphone e la stazione permanente, che è di rilievo solo per quanto presentato al punto 2. In questo caso invece si è interessati a stimare:

→ *Baseline_plan*: baseline planimetrica tra il ricevitore geodetico (reale/virtuale) e lo smartphone.

Tale baseline stimata viene poi depurata della baseline misurata in sito ottenendo:

→ Δ *Baseline_plan*: differenza in segno tra baseline planimetrica stimata e misurata in sito.

Prendendo come riferimento l'altezza ellissoidica della base locale (corretta rispetto a ARP) si determina:

→ Δh : variazione altezza ellissoidica tra il ricevitore geodetico e lo smartphone.

Alla fine di questo processo si ottengono vari set di Δ *Baseline_plan* e di Δh funzione di due diverse combinazioni master/rover, diversi tempi di processamento, differenti combinazioni di costellazioni satellitari.

7.2 Tabelle dei risultati

7.2.1 Combinazione master/rover n.ro 1

In questa sezione si riportano le tabelle dei risultati per ciascun processamento relativo alla combinazione master/rover n.ro 1 (**Tabella 7.1**). Per ciascun caso esaminato sono riportate due tabelle:

- La prima riporta in forma sintetica gli output del processamento mediante software RTK-POST (Le tabelle dei risultati estesi sono riportate in **Appendice**);
- La seconda riporta in forma estesa le ulteriori elaborazioni effettuate sui risultati del post-processamento.

Tabella 7.1: Combinazione master/rover n.ro 1

	Master	Rover
Descrizione	Stazione Permanente Ostana (OSTA)	Ricevitore geodetico (Emlid)
lat	44.692336890	-
lon	7.188340378	-
height	1309.4291	-
Nord	4950370.237	-
Est	356451.141	-
height	1309.4291	-

Tabella 7.2: Campagna misura n.ro 1, OSTA - Emlid, GPS only, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4951245.965	348905.212	2142.2397	1	827.3
B1	1h	4951245.968	348905.213	2142.2415	1	999.9
B2	1h	4951245.964	348905.214	2142.2262	1	266.0
B3	1h	4951245.962	348905.206	2142.2446	1	420.0
B4	1h	4951245.969	348905.214	2142.2371	1	999.9
C1	30'	4951245.965	348905.212	2142.2519	1	189.4
C2	30'	4951245.964	348905.204	2142.2562	1	999.9
C3	30'	4951245.977	348905.213	2142.2361	1	999.9
C4	30'	4951245.965	348905.212	2142.2464	1	736.3
D1	10'	4951245.963	348905.212	2142.2455	1	999.9
D2	10'	4951245.959	348905.211	2142.2349	1	760.1
D3	10'	4951245.956	348905.204	2142.2369	1	999.9
D4	10'	4951245.969	348905.214	2142.2326	1	999.9
E1	5'	4951245.971	348905.211	2142.2321	1	999.9
E2	5'	4951245.971	348905.210	2142.2372	1	3.0
E3	5'	4951245.968	348905.207	2142.2633	1	999.9
E4	5'	4951245.976	348905.217	2142.2420	1	4.1

ID	h_corr [m]	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	2142.1057	875.728	-7545.929	7596.574	832.6766	0.000	0.0000
B1	2142.1075	875.731	-7545.928	7596.574	832.6784	-0.001	0.0018
B2	2142.0922	875.727	-7545.927	7596.572	832.6631	-0.002	-0.0135
B3	2142.1106	875.725	-7545.935	7596.580	832.6815	0.006	0.0049
B4	2142.1031	875.732	-7545.927	7596.573	832.6740	-0.002	-0.0026
C1	2142.1179	875.728	-7545.929	7596.574	832.6888	0.000	0.0122
C2	2142.1222	875.727	-7545.937	7596.582	832.6931	0.008	0.0165
C3	2142.1021	875.740	-7545.928	7596.575	832.6730	0.000	-0.0036
C4	2142.1124	875.728	-7545.929	7596.574	832.6833	0.000	0.0067
D1	2142.1115	875.726	-7545.929	7596.574	832.6824	0.000	0.0058
D2	2142.1009	875.722	-7545.930	7596.575	832.6718	0.000	-0.0048
D3	2142.1029	875.719	-7545.937	7596.581	832.6738	0.007	-0.0028
D4	2142.0986	875.732	-7545.927	7596.573	832.6695	-0.002	-0.0071
E1	2142.0981	875.734	-7545.930	7596.576	832.6690	0.002	-0.0076
E2	2142.1032	875.734	-7545.931	7596.577	832.6741	0.003	-0.0025
E3	2142.1293	875.731	-7545.934	7596.580	832.7002	0.005	0.0236
E4	2142.1080	875.739	-7545.924	7596.571	832.6789	-0.004	0.0023

Tabella 7.3: Campagna misura n.ro 1, OSTA - Emlid, GPS+GLONASS, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4951245.965	348905.212	2142.2402	1	809.5
B1	1h	4951245.968	348905.213	2142.2425	1	999.9
B2	1h	4951245.964	348905.214	2142.2263	1	266.0
B3	1h	4951245.962	348905.206	2142.2447	1	414.6
B4	1h	4951245.969	348905.214	2142.2369	1	999.9
C1	30'	4951245.965	348905.212	2142.2518	1	189.8
C2	30'	4951245.964	348905.204	2142.2558	1	999.9
C3	30'	4951245.977	348905.213	2142.2361	1	999.9
C4	30'	4951245.965	348905.212	2142.2462	1	735.4
D1	10'	4951245.964	348905.212	2142.2433	1	999.9
D2	10'	4951245.958	348905.211	2142.2350	1	761.2
D3	10'	4951245.956	348905.204	2142.2368	1	999.9
D4	10'	4951245.969	348905.214	2142.2324	1	999.9
E1	5'	4951245.970	348905.211	2142.2336	1	999.9
E2	5'	4951245.971	348905.210	2142.2375	1	3.2
E3	5'	4951245.959	348905.204	2142.2505	1	999.9
E4	5'	4951245.960	348905.213	2142.2278	1	194.4

ID	h_corr [m]	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	2142.1062	875.728	-7545.929	7596.574	832.6771	0.000	0.0000
B1	2142.1085	875.731	-7545.928	7596.574	832.6794	-0.001	0.0023
B2	2142.0923	875.727	-7545.927	7596.572	832.6632	-0.002	-0.0139
B3	2142.1107	875.725	-7545.935	7596.580	832.6816	0.006	0.0045
B4	2142.1029	875.732	-7545.927	7596.573	832.6738	-0.002	-0.0033
C1	2142.1178	875.728	-7545.929	7596.574	832.6887	0.000	0.0116
C2	2142.1218	875.727	-7545.937	7596.582	832.6927	0.008	0.0156
C3	2142.1021	875.740	-7545.928	7596.575	832.6730	0.000	-0.0041
C4	2142.1122	875.728	-7545.929	7596.574	832.6831	0.000	0.0060
D1	2142.1093	875.727	-7545.929	7596.574	832.6802	0.000	0.0031
D2	2142.1010	875.721	-7545.930	7596.575	832.6719	0.000	-0.0052
D3	2142.1028	875.719	-7545.937	7596.581	832.6737	0.007	-0.0034
D4	2142.0984	875.732	-7545.927	7596.573	832.6693	-0.002	-0.0078
E1	2142.0996	875.733	-7545.930	7596.576	832.6705	0.002	-0.0066
E2	2142.1035	875.734	-7545.931	7596.577	832.6744	0.003	-0.0027
E3	2142.1165	875.722	-7545.937	7596.582	832.6874	0.007	0.0103
E4	2142.0938	875.723	-7545.928	7596.573	832.6647	-0.002	-0.0124

Tabella 7.4: Campagna misura n.ro 2, OSTA - Emlid, GPS only, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970813.686	346942.664	2297.8127	1	19.4
B1	1h	4970813.716	346942.632	2297.7304	1	328.3
B2	1h	4970813.698	346942.612	2297.6962	1	17.7
B3	1h	4970813.695	346942.649	2297.8557	1	72.7
B4	1h	4970813.701	346942.625	2297.6979	1	240.7
C1	30'	4970813.718	346942.626	2297.7792	1	999.9
C2	30'	4970813.707	346942.627	2297.7188	1	39.8
C3	30'	4970813.716	346942.603	2297.6528	1	234.2
C4	30'	4970813.700	346942.623	2297.6811	1	20.3
D1	10'	4970813.725	346942.623	2297.7721	1	999.9
D2	10'	4970813.700	346942.619	2297.7356	1	243.0
D3	10'	4970813.717	346942.608	2297.6696	1	292.7
D4	10'	4970813.696	346942.628	2297.6869	1	230.5
E1	5'	4970813.542	346942.408	2297.7160	2	1.1
E2	5'	4970813.806	346942.553	2297.5501	2	1.3
E3	5'	4970813.711	346942.606	2297.6428	1	4.0
E4	5'	4970813.712	346942.628	2297.7057	1	3.4

ID	h_corr [m]	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	2297.6787	20443.449	-9508.477	22546.524	988.2496	0.000	0.0000
B1	2297.5964	20443.479	-9508.509	22546.565	988.1673	0.041	-0.0823
B2	2297.5622	20443.461	-9508.529	22546.557	988.1331	0.033	-0.1165
B3	2297.7217	20443.458	-9508.492	22546.538	988.2926	0.014	0.0430
B4	2297.5639	20443.464	-9508.516	22546.554	988.1348	0.030	-0.1148
C1	2297.6452	20443.481	-9508.515	22546.569	988.2161	0.045	-0.0335
C2	2297.5848	20443.470	-9508.514	22546.559	988.1557	0.035	-0.0939
C3	2297.5188	20443.479	-9508.538	22546.577	988.0897	0.053	-0.1599
C4	2297.5471	20443.463	-9508.518	22546.554	988.1180	0.030	-0.1316
D1	2297.6381	20443.488	-9508.518	22546.577	988.2090	0.053	-0.0406
D2	2297.6016	20443.463	-9508.522	22546.556	988.1725	0.032	-0.0771
D3	2297.5356	20443.480	-9508.533	22546.576	988.1065	0.052	-0.1431
D4	2297.5529	20443.459	-9508.513	22546.548	988.1238	0.024	-0.1258
E1	2297.5820	20443.305	-9508.733	22546.501	988.1529	-0.023	-0.0967
E2	2297.4161	20443.569	-9508.588	22546.680	987.9870	0.156	-0.2626
E3	2297.5088	20443.474	-9508.535	22546.571	988.0797	0.047	-0.1699
E4	2297.5717	20443.475	-9508.513	22546.563	988.1426	0.039	-0.1070

Tabella 7.5: Campagna misura n.ro 2, OSTA - Emlid, GPS+GLONASS, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970813.686	346942.664	2297.8079	1	19.4
B1	1h	4970813.715	346942.632	2297.7264	1	271
B2	1h	4970813.732	346942.626	2297.6855	1	3.4
B3	1h	4970813.695	346942.649	2297.8520	1	72.6
B4	1h	4970813.701	346942.625	2297.6979	1	241.6
C1	30'	4970813.718	346942.626	2297.7769	1	999.9
C2	30'	4970813.706	346942.627	2297.7186	1	215.6
C3	30'	4970813.716	346942.603	2297.6508	1	234.6
C4	30'	4970813.700	346942.623	2297.6812	1	20.3
D1	10'	4970813.725	346942.623	2297.7716	1	999.9
D2	10'	4970813.700	346942.619	2297.7356	1	244
D3	10'	4970813.717	346942.608	2297.6695	1	294
D4	10'	4970813.696	346942.628	2297.6869	1	230.6
E1	5'	4970813.568	346942.266	2297.7248	2	1.1
E2	5'	4970813.776	346942.446	2297.4958	2	1.2
E3	5'	4970813.711	346942.606	2297.6427	1	11.6
E4	5'	4970813.712	346942.628	2297.7056	1	47.4

ID	h_corr [m]	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	2297.6739	20443.449	-9508.477	22546.524	988.2448	0.000	0.0000
B1	2297.5924	20443.478	-9508.509	22546.564	988.1633	0.040	-0.0815
B2	2297.5515	20443.495	-9508.515	22546.582	988.1224	0.058	-0.1224
B3	2297.7180	20443.458	-9508.492	22546.538	988.2889	0.014	0.0441
B4	2297.5639	20443.464	-9508.516	22546.554	988.1348	0.030	-0.1100
C1	2297.6429	20443.481	-9508.515	22546.569	988.2138	0.045	-0.0310
C2	2297.5846	20443.469	-9508.514	22546.558	988.1555	0.034	-0.0893
C3	2297.5168	20443.479	-9508.538	22546.577	988.0877	0.053	-0.1571
C4	2297.5472	20443.463	-9508.518	22546.554	988.1181	0.030	-0.1267
D1	2297.6376	20443.488	-9508.518	22546.577	988.2085	0.053	-0.0363
D2	2297.6016	20443.463	-9508.522	22546.556	988.1725	0.032	-0.0723
D3	2297.5355	20443.480	-9508.533	22546.576	988.1064	0.052	-0.1384
D4	2297.5529	20443.459	-9508.513	22546.548	988.1238	0.024	-0.1210
E1	2297.5908	20443.331	-9508.875	22546.585	988.1617	0.061	-0.0831
E2	2297.3618	20443.539	-9508.695	22546.697	987.9327	0.174	-0.3121
E3	2297.5087	20443.474	-9508.535	22546.571	988.0796	0.047	-0.1652
E4	2297.5716	20443.475	-9508.513	22546.563	988.1425	0.039	-0.1023

Tabella 7.6: Campagna misura n.ro 3, OSTA - Emlid, GPS only, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970302.328	347737.887	2610.6585	1	9.9
B1	1h	4970302.339	347737.838	2610.5221	1	90.9
B2	1h	4970302.364	347737.814	2610.4761	1	97.5
B3	1h	4970302.365	347737.827	2610.4306	1	3.0
B4	1h	4970302.368	347738.162	2610.2877	2	1.1
C1	30'	4970302.364	347737.808	2610.3810	1	22.3
C2	30'	4970302.342	347737.826	2610.4677	1	71.1
C3	30'	4970302.373	347737.838	2610.4757	1	8.6
C4	30'	4970302.354	347737.790	2610.5454	1	209.8
D1	10'	4970302.375	347737.809	2610.4771	1	208.6
D2	10'	4970302.230	347737.991	2610.4612	2	1.1
D3	10'	4970302.146	347737.756	2610.0913	1	3.7
D4	10'	4970302.362	347737.794	2610.5554	1	16.9
E1	5'	4970302.341	347737.831	2610.5076	1	3.5
E2	5'	4970302.373	347737.811	2610.5207	1	388.6
E3	5'	4970302.348	347737.824	2610.4965	1	137.1
E4	5'	4970302.399	347737.853	2610.1368	2	1.2

ID	h_corr [m]	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	2610.5245	19932.091	-8713.254	21753.369	1301.0954	0.000	0.0000
B1	2610.3881	19932.102	-8713.303	21753.398	1300.9590	0.030	-0.1364
B2	2610.3421	19932.127	-8713.327	21753.431	1300.9130	0.062	-0.1824
B3	2610.2966	19932.128	-8713.314	21753.427	1300.8675	0.058	-0.2279
B4	2610.1537	19932.131	-8712.979	21753.295	1300.7246	-0.073	-0.3708
C1	2610.2470	19932.127	-8713.333	21753.433	1300.8179	0.065	-0.2775
C2	2610.3337	19932.105	-8713.315	21753.406	1300.9046	0.037	-0.1908
C3	2610.3417	19932.136	-8713.303	21753.429	1300.9126	0.061	-0.1828
C4	2610.4114	19932.117	-8713.351	21753.431	1300.9823	0.063	-0.1131
D1	2610.3431	19932.138	-8713.332	21753.443	1300.9140	0.074	-0.1814
D2	2610.3272	19931.993	-8713.150	21753.237	1300.8981	-0.131	-0.1973
D3	2609.9573	19931.909	-8713.385	21753.254	1300.5282	-0.114	-0.5672
D4	2610.4214	19932.125	-8713.347	21753.437	1300.9923	0.068	-0.1031
E1	2610.3736	19932.104	-8713.310	21753.403	1300.9445	0.034	-0.1509
E2	2610.3867	19932.136	-8713.330	21753.440	1300.9576	0.072	-0.1378
E3	2610.3625	19932.111	-8713.317	21753.412	1300.9334	0.044	-0.1620
E4	2610.0028	19932.162	-8713.288	21753.447	1300.5737	0.079	-0.5217

Tabella 7.7: Campagna misura n.ro 3, OSTA - Emlid, GPS+GLONASS, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970302.327	347737.884	2610.6410	1	10.8
B1	1h	4970302.341	347737.837	2610.5175	1	102.5
B2	1h	4970302.363	347737.814	2610.4702	1	106.1
B3	1h	4970302.366	347737.918	2610.2454	2	1.4
B4	1h	4970302.343	347737.911	2610.3038	2	1.1
C1	30'	4970302.364	347737.808	2610.3764	1	22
C2	30'	4970302.342	347737.826	2610.4673	1	71.3
C3	30'	4970302.373	347737.838	2610.4729	1	8.0
C4	30'	4970302.354	347737.790	2610.5446	1	317.6
D1	10'	4970302.375	347737.809	2610.4761	1	235.5
D2	10'	4970302.211	347737.967	2610.4010	2	1.2
D3	10'	4970302.146	347737.756	2610.0918	1	3.1
D4	10'	4970302.362	347737.794	2610.5554	1	37.3
E1	5'	4970302.341	347737.831	2610.5073	1	5.4
E2	5'	4970302.373	347737.811	2610.5208	1	401.1
E3	5'	4970302.348	347737.825	2610.4966	1	138.4
E4	5'	4970302.344	347738.007	2610.2374	2	1.2

ID	h_corr [m]	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	2610.5070	19932.090	-8713.257	21753.369	1301.0779	0.000	0.0000
B1	2610.3835	19932.104	-8713.304	21753.401	1300.9544	0.032	-0.1235
B2	2610.3362	19932.126	-8713.327	21753.430	1300.9071	0.061	-0.1708
B3	2610.1114	19932.129	-8713.223	21753.391	1300.6823	0.022	-0.3956
B4	2610.1698	19932.106	-8713.230	21753.373	1300.7407	0.004	-0.3372
C1	2610.2424	19932.127	-8713.333	21753.433	1300.8133	0.064	-0.2646
C2	2610.3333	19932.105	-8713.315	21753.406	1300.9042	0.037	-0.1737
C3	2610.3389	19932.136	-8713.303	21753.429	1300.9098	0.061	-0.1681
C4	2610.4106	19932.117	-8713.351	21753.431	1300.9815	0.062	-0.0964
D1	2610.3421	19932.138	-8713.332	21753.443	1300.9130	0.074	-0.1649
D2	2610.2670	19931.974	-8713.174	21753.229	1300.8379	-0.140	-0.2400
D3	2609.9578	19931.909	-8713.385	21753.254	1300.5287	-0.115	-0.5492
D4	2610.4214	19932.125	-8713.347	21753.437	1300.9923	0.068	-0.0856
E1	2610.3733	19932.104	-8713.310	21753.403	1300.9442	0.034	-0.1337
E2	2610.3868	19932.136	-8713.330	21753.440	1300.9577	0.071	-0.1202
E3	2610.3626	19932.111	-8713.316	21753.412	1300.9335	0.043	-0.1444
E4	2610.1034	19932.107	-8713.134	21753.335	1300.6743	-0.034	-0.4036

7.2.2 Combinazione master/rover n.ro 2

In questa sezione si riportano le tabelle dei risultati per ciascun processamento relativo alla combinazione master/rover n.ro 2 (**Tabella 7.8**). Per ciascun caso esaminato sono riportate tre tabelle:

- La prima riporta in forma sintetica gli output del processamento mediante software RTK-POST (Le tabelle dei risultati estesi sono riportate in **Appendice**);
- La seconda riporta in forma estesa le ulteriori elaborazioni effettuate sui risultati del post-processamento al fine del confronto tra combinazione master/rover n.ro 1 e n.ro 2 circa la materializzazione di una base locale per successive applicazioni;
- La terza riporta in forma estesa le ulteriori elaborazioni effettuate sui risultati del post-processamento al fine del confronto tra combinazione master/rover n.ro 2 e n.ro 3 circa la determinazione della baseline tra gli strumenti.

Tabella 7.8: Combinazione master/rover n.ro 2

	Master	Rover
Descrizione	Stazione Permanente Ostana (OSTA)	Smartphone (Mi-8)
lat	44.692336890	-
lon	7.188340378	-
height	1309.4291	-
Nord	4950370.237	-
Est	356451.141	-
height	1309.4291	-

Tabella 7.9: Campagna misura n.ro 1, OSTA - Mi-8, GPS only, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4951245.848	348904.788	2142.0899	1	4.4
B1	1h	4951245.854	348904.790	2142.0860	1	989.5
B2	1h	4951245.854	348904.796	2142.0562	1	999.9
B3	1h	4951245.856	348904.785	2142.0901	1	7.9
B4	1h	4951245.863	348904.765	2142.0040	1	7.6
C1	30'	4951245.847	348904.789	2142.0965	1	3.1
C2	30'	4951245.853	348904.790	2142.1007	1	22.4
C3	30'	4951245.868	348904.778	2142.0611	1	20.0
C4	30'	4951245.861	348904.764	2142.0112	1	3.5
D1	10'	4951246.403	348904.049	2142.1661	1	3.2
D2	10'	4951246.109	348905.162	2141.8984	1	999.9
D3	10'	4951245.372	348903.236	2143.1928	1	3.3
D4	10'	4951245.860	348904.761	2141.9599	1	8.1
E1	5'	4951246.403	348904.049	2142.1661	1	3.2
E2	5'	4951245.790	348905.018	2142.3338	1	3.5
E3	5'	4951245.886	348904.478	2141.6979	1	3.2
E4	5'	4951245.376	348903.821	2141.8962	1	3.5

ID	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	875.611	-7546.353	7596.982	832.6608	0.000	0.0000
B1	875.617	-7546.351	7596.981	832.6569	-0.001	-0.0039
B2	875.617	-7546.345	7596.975	832.6271	-0.007	-0.0337
B3	875.619	-7546.356	7596.986	832.6610	0.004	0.0002
B4	875.626	-7546.376	7597.007	832.5749	0.025	-0.0859
C1	875.610	-7546.352	7596.981	832.6674	-0.001	0.0066
C2	875.616	-7546.351	7596.981	832.6716	-0.001	0.0108
C3	875.631	-7546.363	7596.994	832.6320	0.012	-0.0288
C4	875.624	-7546.377	7597.008	832.5821	0.025	-0.0787
D1	876.166	-7547.092	7597.780	832.7370	0.798	0.0762
D2	875.872	-7545.979	7596.641	832.4693	-0.341	-0.1915
D3	875.135	-7547.905	7598.469	833.7637	1.487	1.1029
D4	875.623	-7546.380	7597.010	832.5308	0.028	-0.1300
E1	876.166	-7547.092	7597.780	832.7370	0.798	0.0762
E2	875.553	-7546.123	7596.747	832.9047	-0.235	0.2439
E3	875.649	-7546.663	7597.294	832.2688	0.312	-0.3920
E4	875.139	-7547.320	7597.888	832.4671	0.906	-0.1937

ID	$\Delta N[m]$	$\Delta E[m]$	baseline_plan[m] (ref=0.45m)	Δ baseline[m]	$\Delta h[m]$
A1	-0.117	-0.424	0.440	-0.010	-0.0158
B1	-0.111	-0.422	0.436	-0.014	-0.0197
B2	-0.111	-0.416	0.431	-0.019	-0.0495
B3	-0.109	-0.427	0.441	-0.009	-0.0156
B4	-0.102	-0.447	0.458	0.008	-0.1017
C1	-0.118	-0.423	0.439	-0.011	-0.0092
C2	-0.112	-0.422	0.437	-0.013	-0.0050
C3	-0.097	-0.434	0.445	-0.005	-0.0446
C4	-0.104	-0.448	0.460	0.010	-0.0945
D1	0.438	-1.163	1.243	0.793	0.0604
D2	0.144	-0.050	0.152	-0.298	-0.2073
D3	-0.593	-1.976	2.063	1.613	1.0871
D4	-0.105	-0.451	0.463	0.013	-0.1458
E1	0.438	-1.163	1.243	0.793	0.0604
E2	-0.175	-0.194	0.261	-0.189	0.2281
E3	-0.079	-0.734	0.738	0.288	-0.4078
E4	-0.589	-1.391	1.511	1.061	-0.2095

Tabella 7.10: Campagna misura n.ro 1, OSTA - Mi-8, GPS+GLONASS, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4951245.848	348904.788	2142.0907	1	4.3
B1	1h	4951245.853	348904.790	2142.0874	1	999.9
B2	1h	4951245.858	348904.800	2142.0543	1	999.9
B3	1h	4951245.852	348904.791	2142.0629	1	3.0
B4	1h	4951245.864	348904.765	2142.0068	1	7.6
C1	30'	4951245.846	348904.788	2142.1003	1	4.2
C2	30'	4951245.847	348904.788	2142.0882	1	5.9
C3	30'	4951245.847	348905.542	2142.1486	1	750.5
C4	30'	4951245.861	348904.764	2142.0114	1	3.4
D1	10'	4951245.509	348905.772	2143.1823	1	3.1
D2	10'	4951244.937	348906.323	2144.7245	1	3.2
D3	10'	4951246.070	348906.686	2142.8473	1	4.0
D4	10'	4951246.098	348904.394	2142.0137	1	9.5
E1	5'	4951245.891	348906.060	2144.3567	1	3.9
E2	5'	4951245.340	348905.686	2143.2614	1	4.4
E3	5'	4951245.784	348904.769	2141.9942	1	28.9
E4	5'	4951245.854	348904.783	2142.1023	1	3.1

ID	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	875.611	-7546.353	7596.982	832.6616	0.000	0.0000
B1	875.616	-7546.351	7596.981	832.6583	-0.001	-0.0033
B2	875.621	-7546.341	7596.971	832.6252	-0.011	-0.0364
B3	875.615	-7546.350	7596.980	832.6338	-0.003	-0.0278
B4	875.627	-7546.376	7597.007	832.5777	0.025	-0.0839
C1	875.609	-7546.353	7596.982	832.6712	0.000	0.0096
C2	875.610	-7546.353	7596.982	832.6591	0.000	-0.0025
C3	875.610	-7545.599	7596.233	832.7195	-0.749	0.0579
C4	875.624	-7546.377	7597.008	832.5823	0.025	-0.0793
D1	875.272	-7545.369	7595.966	833.7532	-1.017	1.0916
D2	874.700	-7544.818	7595.352	835.2954	-1.630	2.6338
D3	875.833	-7544.455	7595.122	833.4182	-1.860	0.7566
D4	875.861	-7546.747	7597.402	832.5846	0.420	-0.0770
E1	875.654	-7545.081	7595.724	834.9276	-1.259	2.2660
E2	875.103	-7545.455	7596.032	833.8323	-0.951	1.1707
E3	875.547	-7546.372	7596.994	832.5651	0.011	-0.0965
E4	875.617	-7546.358	7596.988	832.6732	0.006	0.0116

ID	$\Delta N[m]$	$\Delta E[m]$	baseline_plan[m] (ref=0.45m)	Δ baseline[m]	$\Delta h[m]$
A1	-0.117	-0.424	0.440	-0.010	-0.0150
B1	-0.112	-0.422	0.437	-0.013	-0.0201
B2	-0.107	-0.412	0.426	-0.024	-0.0379
B3	-0.113	-0.421	0.436	-0.014	-0.0477
B4	-0.101	-0.447	0.458	0.008	-0.0963
C1	-0.119	-0.424	0.440	-0.010	-0.0176
C2	-0.118	-0.424	0.440	-0.010	-0.0340
C3	-0.118	0.330	0.350	-0.100	0.0465
C4	-0.104	-0.448	0.460	0.010	-0.1010
D1	-0.456	0.560	0.722	0.272	1.0708
D2	-1.028	1.111	1.514	1.064	2.6236
D3	0.105	1.474	1.478	1.028	0.7444
D4	0.133	-0.818	0.829	0.379	-0.0849
E1	-0.074	0.848	0.851	0.401	2.2586
E2	-0.625	0.474	0.784	0.334	1.1582
E3	-0.181	-0.443	0.479	0.029	-0.1351
E4	-0.111	-0.429	0.443	-0.007	-0.0057

Tabella 7.11: Campagna misura n.ro 2, OSTA - Mi-8, GPS only, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970814.151	346942.595	2297.5989	1	969.7
B1	1h	4970814.163	346942.593	2297.6457	1	999.9
B2	1h	4970814.127	346943.357	2297.2290	1	3.8
B3	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	4970814.032	346942.861	2297.8033	1	8.6
C2	30'	4970814.010	346943.823	2297.2454	1	3.0
C3	30'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	30'	4970814.240	346942.915	2297.0820	1	3.1
D1	10'	4970814.169	346942.587	2297.6486	1	3.4
D2	10'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	10'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	4970813.990	346942.174	2297.9677	2	1.7
E1	5'	4970813.987	346942.050	2297.4804	2	1.4
E2	5'	4970814.241	346943.061	2297.1794	2	1.2
E3	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	20443.914	-9508.546	22546.975	988.1698	0.000	0.000
B1	20443.926	-9508.548	22546.986	988.2166	0.012	0.0468
B2	20443.890	-9507.784	22546.632	987.7999	-0.343	-0.3699
B3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	20443.795	-9508.280	22546.755	988.3742	-0.220	0.2044
C2	20443.773	-9507.318	22546.329	987.8163	-0.646	-0.3535
C3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	20444.003	-9508.226	22546.920	987.6529	-0.054	-0.5169
D1	20443.932	-9508.554	22546.994	988.2195	0.020	0.0497
D2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	20443.753	-9508.967	22547.006	988.5386	0.032	0.3688
E1	20443.750	-9509.091	22547.056	988.0513	0.081	-0.1185
E2	20444.004	-9508.080	22546.860	987.7503	-0.115	-0.4195
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.47m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	0.465	-0.069	0.470	0.000	-0.0798
B1	0.477	-0.071	0.482	0.012	-0.0330
B2	0.441	0.693	0.821	0.351	-0.4497
B3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	0.346	0.197	0.398	-0.072	0.1246
C2	0.324	1.159	1.203	0.733	-0.4333
C3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	0.554	0.251	0.608	0.138	-0.5967
D1	0.483	-0.077	0.489	0.019	-0.0301
D2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	0.304	-0.490	0.577	0.107	0.2890
E1	0.301	-0.614	0.684	0.214	-0.1983
E2	0.555	0.397	0.682	0.212	-0.4993
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 7.12: Campagna misura n.ro 2, OSTA - Mi-8, GPS+GLONASS, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970814.153	346942.600	2297.5957	1	614.5
B1	1h	4970814.162	346942.593	2297.6461	1	999.9
B2	1h	4970814.063	346942.306	2297.9099	1	72.5
B3	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	4970814.032	346942.861	2297.8028	1	8.6
C2	30'	4970814.010	346943.823	2297.2454	1	3.0
C3	30'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	30'	4970814.240	346942.915	2297.0820	1	3.1
D1	10'	4970814.169	346942.587	2297.6486	1	3.4
D2	10'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	10'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	4970813.990	346942.174	2297.9677	2	1.7
E1	5'	4970814.015	346942.066	2297.5170	2	1.2
E2	5'	4970814.241	346943.061	2297.1794	2	1.2
E3	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	20443.9160	-9508.5410	22546.9744	988.1666	0.000	0.0000
B1	20443.9250	-9508.5480	22546.9855	988.2170	0.011	0.0504
B2	20443.8260	-9508.8350	22547.0168	988.4808	0.042	0.3142
B3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	20443.7950	-9508.2800	22546.7546	988.3737	-0.220	0.2071
C2	20443.7730	-9507.3180	22546.3290	987.8163	-0.645	-0.3503
C3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	20444.0030	-9508.2260	22546.9204	987.6529	-0.054	-0.5137
D1	20443.9320	-9508.5540	22546.9944	988.2195	0.020	0.0529
D2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	20443.7530	-9508.9670	22547.0062	988.5386	0.032	0.3720
E1	20443.7780	-9509.0750	22547.0745	988.0879	0.100	-0.0787
E2	20444.0040	-9508.0800	22546.8598	987.7503	-0.115	-0.4163
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.47m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	0.467	-0.064	0.471	0.001	-0.0830
B1	0.476	-0.071	0.481	0.011	-0.0326
B2	0.377	-0.358	0.520	0.050	0.2312
B3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	0.346	0.197	0.398	-0.072	0.1241
C2	0.324	1.159	1.203	0.733	-0.4333
C3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	0.554	0.251	0.608	0.138	-0.5967
D1	0.483	-0.077	0.489	0.019	-0.0301
D2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	0.304	-0.490	0.577	0.107	0.2890
E1	0.329	-0.598	0.683	0.213	-0.1617
E2	0.555	0.397	0.682	0.212	-0.4993
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 7.13: Campagna misura n.ro 3, OSTA - Mi-8, GPS only, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970301.461	347737.895	2610.3241	1	3.1
B1	1h	4970301.455	347737.470	2610.0669	1	3.7
B2	1h	4970301.688	347738.269	2609.8937	1	4.0
B3	1h	4970301.469	347737.895	2610.2711	1	239.8
B4	1h	4970301.525	347738.748	2610.2013	1	3.6
C1	30'	4970301.596	347738.392	2609.8390	1	4.7
C2	30'	4970301.729	347738.678	2609.9042	1	108.0
C3	30'	4970301.653	347738.367	2610.0237	1	3.4
C4	30'	4970301.453	347737.860	2609.6572	1	3.4
D1	10'	4970301.653	347737.847	2610.3170	1	5.4
D2	10'	4970301.439	347737.898	2610.2785	1	3.1
D3	10'	4970301.235	347737.383	2610.0084	1	3.6
D4	10'	4970301.425	347738.223	2610.6453	2	1.1
E1	5'	4970302.021	347739.026	2610.0333	1	3.0
E2	5'	4970301.483	347738.260	2610.2631	2	1.2
E3	5'	4970301.841	347738.919	2609.9409	2	1.0
E4	5'	4970301.632	347738.226	2610.1984	2	1.0

ID	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	19931.224	-8713.246	21752.571	1300.8950	0.000	0.0000
B1	19931.218	-8713.671	21752.736	1300.6378	0.1647	-0.2572
B2	19931.451	-8712.872	21752.629	1300.4646	0.0582	-0.4304
B3	19931.232	-8713.246	21752.578	1300.8420	0.0073	-0.0530
B4	19931.288	-8712.393	21752.288	1300.7722	-0.2830	-0.1228
C1	19931.359	-8712.749	21752.496	1300.4099	-0.0754	-0.4851
C2	19931.492	-8712.463	21752.503	1300.4751	-0.0681	-0.4199
C3	19931.416	-8712.774	21752.558	1300.5946	-0.0131	-0.3004
C4	19931.216	-8713.281	21752.578	1300.2281	0.0067	-0.6669
D1	19931.416	-8713.294	21752.766	1300.8879	0.1952	-0.0071
D2	19931.202	-8713.243	21752.550	1300.8494	-0.0214	-0.0456
D3	19930.998	-8713.758	21752.569	1300.5793	-0.0020	-0.3157
D4	19931.188	-8712.918	21752.407	1301.2162	-0.1644	0.3212
E1	19931.784	-8712.115	21752.631	1300.6042	0.0601	-0.2908
E2	19931.246	-8712.881	21752.445	1300.8340	-0.1260	-0.0610
E3	19931.604	-8712.222	21752.509	1300.5118	-0.0620	-0.3832
E4	19931.395	-8712.915	21752.595	1300.7693	0.0241	-0.1257

ID	$\Delta N[m]$	$\Delta E[m]$	baseline_plan[m] (ref=0.85m)	Δ baseline[m]	$\Delta h[m]$
A1	-0.867	0.008	0.867	0.017	-0.2004
B1	-0.873	-0.417	0.967	0.117	-0.4576
B2	-0.640	0.382	0.745	-0.105	-0.6308
B3	-0.859	0.008	0.859	0.009	-0.2534
B4	-0.803	0.861	1.177	0.327	-0.3232
C1	-0.732	0.505	0.889	0.039	-0.6855
C2	-0.599	0.791	0.992	0.142	-0.6203
C3	-0.675	0.480	0.828	-0.022	-0.5008
C4	-0.875	-0.027	0.875	0.025	-0.8673
D1	-0.675	-0.040	0.676	-0.174	-0.2075
D2	-0.889	0.011	0.889	0.039	-0.2460
D3	-1.093	-0.504	1.204	0.354	-0.5161
D4	-0.903	0.336	0.963	0.113	0.1208
E1	-0.307	1.139	1.180	0.330	-0.4912
E2	-0.845	0.373	0.924	0.074	-0.2614
E3	-0.487	1.032	1.141	0.291	-0.5836
E4	-0.696	0.339	0.774	-0.076	-0.3261

Tabella 7.14: Campagna misura n.ro 3, OSTA - Mi-8, GPS+GLONASS, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970301.461	347737.896	2610.3229	1	3.1
B1	1h	4970301.480	347737.873	2610.1492	1	3.5
B2	1h	4970301.463	347737.760	2610.1361	1	3.0
B3	1h	4970302.396	347740.264	2609.5865	1	5.1
B4	1h	4970301.607	347738.347	2610.3646	1	3.0
C1	30'	4970301.548	347738.216	2610.0126	1	13.2
C2	30'	4970301.068	347737.224	2610.5444	1	21.5
C3	30'	4970301.386	347737.092	2610.3346	1	4.4
C4	30'	4970301.453	347737.860	2609.6574	1	3.6
D1	10'	4970301.475	347737.858	2610.2966	1	4.4
D2	10'	4970303.923	347738.504	2611.9925	1	3.2
D3	10'	4970301.459	347737.907	2610.2339	1	3.1
D4	10'	4970301.432	347738.133	2610.6097	2	1.1
E1	5'	4970302.021	347739.026	2610.0329	1	3.0
E2	5'	4970301.089	347737.461	2611.1638	1	5.5
E3	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	4970301.630	347738.182	2610.1949	2	1.0

ID	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
A1	19931.224	-8713.245	21752.571	1300.8938	0.000	0.0000
B1	19931.243	-8713.268	21752.597	1300.7201	0.027	-0.1737
B2	19931.226	-8713.381	21752.627	1300.7070	0.056	-0.1868
B3	19932.159	-8710.877	21752.479	1300.1574	-0.092	-0.7364
B4	19931.370	-8712.794	21752.524	1300.9355	-0.047	0.0417
C1	19931.311	-8712.925	21752.522	1300.5835	-0.048	-0.3103
C2	19930.831	-8713.917	21752.480	1301.1153	-0.091	0.2215
C3	19931.149	-8714.049	21752.824	1300.9055	0.253	0.0117
C4	19931.216	-8713.281	21752.578	1300.2283	0.007	-0.6655
D1	19931.238	-8713.283	21752.599	1300.8675	0.028	-0.0263
D2	19933.686	-8712.637	21754.583	1302.5634	2.012	1.6696
D3	19931.222	-8713.234	21752.564	1300.8048	-0.006	-0.0890
D4	19931.195	-8713.008	21752.449	1301.1806	-0.122	0.2868
E1	19931.784	-8712.115	21752.631	1300.6038	0.061	-0.2900
E2	19930.852	-8713.680	21752.404	1301.7347	-0.167	0.8409
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	19931.393	-8712.959	21752.611	1300.7658	0.040	-0.1280

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.85m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	-0.867	0.009	0.867	0.017	-0.2016
B1	-0.848	-0.014	0.848	-0.002	-0.3753
B2	-0.865	-0.127	0.874	0.024	-0.3884
B3	0.068	2.377	2.378	1.528	-0.9380
B4	-0.721	0.460	0.855	0.005	-0.1599
C1	-0.780	0.329	0.847	-0.003	-0.5119
C2	-1.260	-0.663	1.424	0.574	0.0199
C3	-0.942	-0.795	1.233	0.383	-0.1899
C4	-0.875	-0.027	0.875	0.025	-0.8671
D1	-0.853	-0.029	0.853	0.003	-0.2279
D2	1.595	0.617	1.710	0.860	1.4680
D3	-0.869	0.020	0.869	0.019	-0.2906
D4	-0.896	0.246	0.929	0.079	0.0852
E1	-0.307	1.139	1.180	0.330	-0.4916
E2	-1.239	-0.426	1.310	0.460	0.6393
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	-0.698	0.295	0.758	-0.092	-0.3296

7.2.3 Combinazione master/rover n.ro 3

In questa sezione si riportano le tabelle dei risultati per ciascun processamento relativo alla combinazione master/rover n.ro 3 (**Tabella 7.15**). Per ciascun caso esaminato sono riportate due tabelle:

- La prima riporta in forma sintetica gli output del processamento mediante software RTK-POST (Le tabelle dei risultati estesi sono riportate in **Appendice**);
- La seconda riporta in forma estesa le ulteriori elaborazioni effettuate sui risultati del post-processamento.

Tabella 7.15: Combinazione master/rover n.ro 3

	Master	Rover
Descrizione	Ricevitore geodetico (Emlid)	Smartphone (Mi-8)

Tabella 7.16: Campagna misura n.ro 1, Emlid - Mi-8, GPS only, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4951245.856	348904.786	2142.0576	1	303.1
B1	1h	4951245.852	348904.793	2142.0670	1	999.9
B2	1h	4951245.857	348904.798	2142.0673	1	829.8
B3	1h	4951245.857	348904.788	2142.0787	1	6.8
B4	1h	4951245.860	348904.769	2142.0034	1	999.9
C1	30'	4951246.217	348904.169	2141.7734	1	175.5
C2	30'	4951245.853	348904.797	2142.0801	1	999.9
C3	30'	4951245.860	348904.774	2142.0431	1	327.9
C4	30'	4951245.862	348904.766	2141.9909	1	999.9
D1	10'	4951246.559	348904.212	2141.4231	1	3.3
D2	10'	4951245.609	348904.421	2142.4558	1	5.7
D3	10'	4951245.522	348903.639	2142.9300	1	3.1
D4	10'	4951245.862	348904.765	2141.9889	1	79.3
E1	5'	4951246.559	348904.212	2141.4231	1	3.3
E2	5'	4951246.042	348905.002	2142.2403	1	3.3
E3	5'	4951246.053	348904.606	2141.0359	1	3.9
E4	5'	4951245.779	348903.869	2141.7555	2	1.5

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.45m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	-0.109	-0.426	0.440	-0.010	-0.0481
B1	-0.113	-0.419	0.434	-0.016	-0.0387
B2	-0.108	-0.414	0.428	-0.022	-0.0384
B3	-0.108	-0.424	0.438	-0.012	-0.0270
B4	-0.105	-0.443	0.455	0.005	-0.1023
C1	0.252	-1.043	1.073	0.623	-0.3323
C2	-0.112	-0.415	0.430	-0.020	-0.0256
C3	-0.105	-0.438	0.450	0.000	-0.0626
C4	-0.103	-0.446	0.458	0.008	-0.1148
D1	0.594	-1.000	1.163	0.713	-0.6826
D2	-0.356	-0.791	0.867	0.417	0.3501
D3	-0.443	-1.573	1.634	1.184	0.8243
D4	-0.103	-0.447	0.459	0.009	-0.1168
E1	0.594	-1.000	1.163	0.713	-0.6826
E2	0.077	-0.210	0.224	-0.226	0.1346
E3	0.088	-0.606	0.612	0.162	-1.0698
E4	-0.186	-1.343	1.356	0.906	-0.3502

Tabella 7.17: Campagna misura n.ro 1, Emlid - Mi-8, GPS+GLONASS, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4951245.856	348904.786	2142.0573	1	302.3
B1	1h	4951245.851	348904.793	2142.0680	1	999.9
B2	1h	4951245.857	348904.800	2142.0659	1	798.2
B3	1h	4951245.850	348904.793	2142.0511	1	3.2
B4	1h	4951245.790	348905.566	2142.1679	1	33.7
C1	30'	4951245.534	348905.901	2142.6448	1	10.9
C2	30'	4951245.845	348904.795	2142.0670	1	5.5
C3	30'	4951245.840	348905.542	2142.1320	1	999.9
C4	30'	4951245.862	348904.766	2141.9912	1	999.9
D1	10'	4951245.175	348906.573	2143.8509	1	3.2
D2	10'	4951245.285	348905.753	2143.2217	1	3.3
D3	10'	4951246.088	348906.701	2142.8385	1	3.1
D4	10'	4951245.862	348904.765	2141.9891	1	100.6
E1	5'	4951245.872	348906.059	2144.4069	1	3.2
E2	5'	4951245.018	348906.767	2144.6425	1	3.3
E3	5'	4951245.789	348904.776	2141.9835	1	3.4
E4	5'	4951245.742	348904.565	2142.2184	1	3.0

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.45m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	-0.109	-0.426	0.440	-0.010	-0.0484
B1	-0.114	-0.419	0.434	-0.016	-0.0377
B2	-0.108	-0.412	0.426	-0.024	-0.0398
B3	-0.115	-0.419	0.434	-0.016	-0.0546
B4	-0.175	0.354	0.395	-0.055	0.0622
C1	-0.431	0.689	0.813	0.363	0.5391
C2	-0.120	-0.417	0.434	-0.016	-0.0387
C3	-0.125	0.330	0.353	-0.097	0.0263
C4	-0.103	-0.446	0.458	0.008	-0.1145
D1	-0.790	1.361	1.574	1.124	1.7452
D2	-0.680	0.541	0.869	0.419	1.1160
D3	0.123	1.489	1.494	1.044	0.7328
D4	-0.103	-0.447	0.459	0.009	-0.1166
E1	-0.093	0.847	0.852	0.402	2.3012
E2	-0.947	1.555	1.821	1.371	2.5368
E3	-0.176	-0.436	0.470	0.020	-0.1222
E4	-0.223	-0.647	0.684	0.234	0.1127

Tabella 7.18: Campagna misura n.ro 1, Emlid - Mi-8, GPS+Galileo, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4951245.858	348904.785	2142.0642	1	310.7
B1	1h	4951245.856	348904.793	2142.0744	1	794.8
B2	1h	4951245.858	348904.795	2142.0689	1	318.3
B3	1h	4951245.846	348904.791	2142.0586	1	4.8
B4	1h	4951245.864	348904.769	2142.0181	1	999.9
C1	30'	4951245.853	348904.790	2142.0646	1	999.9
C2	30'	4951245.853	348904.797	2142.0802	1	999.9
C3	30'	4951245.861	348904.774	2142.0394	1	22.4
C4	30'	4951245.863	348904.766	2141.9919	1	999.9
D1	10'	4951245.866	348904.459	2142.1081	1	4.5
D2	10'	4951245.609	348904.421	2142.4558	1	5.6
D3	10'	4951245.757	348904.416	2142.3724	1	3.0
D4	10'	4951245.862	348904.765	2141.9889	1	79.3
E1	5'	4951246.205	348904.461	2142.5850	1	3.1
E2	5'	4951246.042	348905.002	2142.2377	1	3.1
E3	5'	4951245.784	348904.775	2141.9769	1	13.5
E4	5'	4951245.750	348904.061	2141.9109	2	1.0

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.45m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	-0.107	-0.427	0.440	-0.010	-0.0415
B1	-0.109	-0.419	0.433	-0.017	-0.0313
B2	-0.107	-0.417	0.431	-0.019	-0.0368
B3	-0.119	-0.421	0.437	-0.013	-0.0471
B4	-0.101	-0.443	0.454	0.004	-0.0876
C1	-0.112	-0.422	0.437	-0.013	-0.0411
C2	-0.112	-0.415	0.430	-0.020	-0.0255
C3	-0.104	-0.438	0.450	0.000	-0.0663
C4	-0.102	-0.446	0.458	0.008	-0.1138
D1	-0.099	-0.753	0.759	0.309	0.0024
D2	-0.356	-0.791	0.867	0.417	0.3501
D3	-0.208	-0.796	0.823	0.373	0.2667
D4	-0.103	-0.447	0.459	0.009	-0.1168
E1	0.240	-0.751	0.788	0.338	0.4793
E2	0.077	-0.210	0.224	-0.226	0.1320
E3	-0.181	-0.437	0.473	0.023	-0.1288
E4	-0.215	-1.151	1.171	0.721	-0.1948

Tabella 7.19: Campagna misura n.ro 1, Emlid - Mi-8, GPS+BeiDou, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4951245.856	348904.786	2142.0580	1	300.9
B1	1h	4951245.850	348904.793	2142.0685	1	999.9
B2	1h	4951245.856	348904.798	2142.0672	1	605.0
B3	1h	4951245.860	348904.790	2142.0784	1	6.6
B4	1h	4951245.860	348904.769	2142.0034	1	999.9
C1	30'	4951245.852	348904.791	2142.0703	1	999.9
C2	30'	4951245.854	348904.795	2142.0870	1	999.9
C3	30'	4951245.860	348904.774	2142.0431	1	327.9
C4	30'	4951245.862	348904.766	2141.9909	1	999.9
D1	10'	4951245.878	348904.461	2142.0839	1	13.5
D2	10'	4951245.610	348904.421	2142.4583	1	4.9
D3	10'	4951245.596	348903.642	2142.1619	1	6.8
D4	10'	4951245.862	348904.765	2141.9889	1	79.3
E1	5'	4951246.191	348904.169	2141.8277	1	3.2
E2	5'	4951246.044	348905.003	2142.2430	1	3.3
E3	5'	4951245.771	348904.772	2141.9606	1	8.7
E4	5'	4951245.779	348903.869	2141.7555	2	1.5

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.45m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	-0.109	-0.426	0.440	-0.010	-0.0477
B1	-0.115	-0.419	0.434	-0.016	-0.0372
B2	-0.109	-0.414	0.428	-0.022	-0.0385
B3	-0.105	-0.422	0.435	-0.015	-0.0273
B4	-0.105	-0.443	0.455	0.005	-0.1023
C1	-0.113	-0.421	0.436	-0.014	-0.0354
C2	-0.111	-0.417	0.432	-0.018	-0.0187
C3	-0.105	-0.438	0.450	0.000	-0.0626
C4	-0.103	-0.446	0.458	0.008	-0.1148
D1	-0.087	-0.751	0.756	0.306	-0.0218
D2	-0.355	-0.791	0.867	0.417	0.3526
D3	-0.369	-1.570	1.613	1.163	0.0562
D4	-0.103	-0.447	0.459	0.009	-0.1168
E1	0.226	-1.043	1.067	0.617	-0.2780
E2	0.079	-0.209	0.223	-0.227	0.1373
E3	-0.194	-0.440	0.481	0.031	-0.1451
E4	-0.186	-1.343	1.356	0.906	-0.3502

Tabella 7.20: Campagna misura n.ro 2, Emlid - Mi-8, GPS only, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970814.122	346942.639	2297.6742	1	513.6
B1	1h	4970814.128	346942.632	2297.6792	1	999.9
B2	1h	4970814.112	346942.642	2297.6651	1	23.7
B3	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	4970814.142	346942.626	2297.6596	1	6.2
C2	30'	4970814.319	346942.894	2297.8234	1	3.5
C3	30'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	30'	4970814.197	346943.334	2297.1154	1	11.4
D1	10'	4970814.134	346942.635	2297.6731	1	21.6
D2	10'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	10'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	4970814.121	346942.630	2297.7151	1	3.0
E1	5'	4970814.070	346942.624	2297.6006	1	5.0
E2	5'	4970814.211	346942.151	2297.6454	1	3.1
E3	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.47m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	0.436	-0.025	0.437	-0.033	-0.0045
B1	0.442	-0.032	0.443	-0.027	0.0005
B2	0.426	-0.022	0.427	-0.043	-0.0136
B3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	0.456	-0.038	0.458	-0.012	-0.0191
C2	0.633	0.230	0.673	0.203	0.1447
C3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	0.511	0.670	0.843	0.373	-0.5633
D1	0.448	-0.029	0.449	-0.021	-0.0056
D2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	0.435	-0.034	0.436	-0.034	0.0364
E1	0.384	-0.040	0.386	-0.084	-0.0781
E2	0.525	-0.513	0.734	0.264	-0.0333
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 7.21: Campagna misura n.ro 2, Emlid - Mi-8, GPS+GLONASS, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970813.571	346941.318	2298.7961	1	5.3
B1	1h	4970813.522	346941.280	2298.7659	1	51.3
B2	1h	4970814.120	346942.645	2297.6239	1	3.6
B3	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	4970814.142	346942.626	2297.6591	1	6.2
C2	30'	4970814.248	346942.841	2297.6447	1	3.5
C3	30'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	30'	4970814.197	346943.334	2297.1154	1	11.4
D1	10'	4970814.134	346942.635	2297.6731	1	21.6
D2	10'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	10'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	4970814.121	346942.630	2297.7151	1	3.0
E1	5'	4970814.067	346942.623	2297.5968	1	4.6
E2	5'	4970814.211	346942.151	2297.6454	1	3.1
E3	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m]	Δ baseline[m]	Δh [m]
(ref=0.47m)					
A1	-0.115	-1.346	1.351	0.881	1.1174
B1	-0.164	-1.384	1.394	0.924	1.0872
B2	0.434	-0.019	0.434	-0.036	-0.0548
B3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	0.456	-0.038	0.458	-0.012	-0.0196
C2	0.562	0.177	0.589	0.119	-0.0340
C3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	0.511	0.670	0.843	0.373	-0.5633
D1	0.448	-0.029	0.449	-0.021	-0.0056
D2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	0.435	-0.034	0.436	-0.034	0.0364
E1	0.381	-0.041	0.383	-0.087	-0.0819
E2	0.525	-0.513	0.734	0.264	-0.0333
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 7.22: Campagna misura n.ro 2, Emlid - Mi-8, GPS+Galileo, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970814.133	346942.632	2297.6775	1	267.1
B1	1h	4970814.127	346942.632	2297.6834	1	999.9
B2	1h	4970814.122	346942.625	2297.6686	1	4.2
B3	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	4970814.135	346942.627	2297.6810	1	78.1
C2	30'	4970814.127	346942.660	2297.6236	1	10.6
C3	30'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	30'	4970814.197	346943.334	2297.1154	1	11.4
D1	10'	4970814.132	346942.633	2297.6812	1	6.1
D2	10'	4970814.030	346942.765	2297.5614	2	1.1
D3	10'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	4970814.121	346942.630	2297.7151	1	3.0
E1	5'	4970814.070	346942.624	2297.6006	1	5.0
E2	5'	4970814.211	346942.151	2297.6454	1	3.1
E3	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.47m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	0.447	-0.032	0.448	-0.022	-0.0012
B1	0.441	-0.032	0.442	-0.028	0.0047
B2	0.436	-0.039	0.438	-0.032	-0.0101
B3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	0.449	-0.037	0.451	-0.019	0.0023
C2	0.441	-0.004	0.441	-0.029	-0.0551
C3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	0.511	0.670	0.843	0.373	-0.5633
D1	0.446	-0.031	0.447	-0.023	0.0025
D2	0.344	0.101	0.359	-0.111	-0.1173
D3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	0.435	-0.034	0.436	-0.034	0.0364
E1	0.384	-0.040	0.386	-0.084	-0.0781
E2	0.525	-0.513	0.734	0.264	-0.0333
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 7.23: Campagna misura n.ro 2, Emlid - Mi-8, GPS+BeiDou, Output processing-to/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970814.121	346942.645	2297.6579	1	169.7
B1	1h	4970814.128	346942.632	2297.6783	1	999.9
B2	1h	4970814.099	346942.611	2297.2358	1	4.7
B3	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	4970814.148	346942.626	2297.6476	1	4.4
C2	30'	4970814.130	346942.666	2297.6103	1	20.1
C3	30'	4970813.961	346942.902	2297.1049	1	6.1
C4	30'	4970814.197	346943.334	2297.1154	1	11.4
D1	10'	4970814.135	346942.636	2297.6711	1	42.9
D2	10'	4970813.988	346942.506	2297.6850	2	1.1
D3	10'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	4970814.121	346942.630	2297.7151	1	3.0
E1	5'	4970814.127	346942.631	2297.6851	1	7.5
E2	5'	4970814.428	346942.425	2297.7957	1	3.0
E3	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m]	Δ baseline[m]	Δh [m]
(ref=0.47m)					
A1	0.435	-0.019	0.435	-0.035	-0.0208
B1	0.442	-0.032	0.443	-0.027	-0.0004
B2	0.413	-0.053	0.416	-0.054	-0.4429
B3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	0.462	-0.038	0.464	-0.006	-0.0311
C2	0.444	0.002	0.444	-0.026	-0.0684
C3	0.275	0.238	0.364	-0.106	-0.5738
C4	0.511	0.670	0.843	0.373	-0.5633
D1	0.449	-0.028	0.450	-0.020	-0.0076
D2	0.302	-0.158	0.341	-0.129	0.0063
D3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	0.435	-0.034	0.436	-0.034	0.0364
E1	0.441	-0.033	0.442	-0.028	0.0064
E2	0.742	-0.239	0.780	0.310	0.1170
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 7.24: Campagna misura n.ro 3, Emlid - Mi-8, GPS only, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970301.435	347737.951	2610.4687	1	8.3
B1	1h	4970301.408	347737.941	2610.4965	1	4.5
B2	1h	4970301.429	347737.950	2610.4637	1	391.9
B3	1h	4970301.430	347737.956	2610.4475	1	999.9
B4	1h	4970301.440	347737.947	2610.4764	1	10.6
C1	30'	4970301.415	347737.934	2610.4980	1	4.3
C2	30'	4970301.435	347737.949	2610.4732	1	999.9
C3	30'	4970301.457	347737.960	2610.4495	1	999.9
C4	30'	4970301.434	347737.943	2610.4804	1	13.5
D1	10'	4970301.424	347737.937	2610.5027	1	999.9
D2	10'	4970301.540	347738.422	2610.2940	1	999.9
D3	10'	4970301.531	347737.568	2610.9251	1	3
D4	10'	4970301.433	347737.942	2610.4742	1	3
E1	5'	4970301.486	347738.113	2610.3678	1	3
E2	5'	4970301.577	347738.119	2610.4698	2	1
E3	5'	4970301.735	347738.139	2609.7856	1	3.7
E4	5'	4970301.428	347737.948	2610.4843	1	4.5

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.85m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	-0.893	0.064	0.895	0.045	-0.0558
B1	-0.920	0.054	0.922	0.072	-0.0280
B2	-0.899	0.063	0.901	0.051	-0.0608
B3	-0.898	0.069	0.901	0.051	-0.0770
B4	-0.888	0.060	0.890	0.040	-0.0481
C1	-0.913	0.047	0.914	0.064	-0.0265
C2	-0.893	0.062	0.895	0.045	-0.0513
C3	-0.871	0.073	0.874	0.024	-0.0750
C4	-0.894	0.056	0.896	0.046	-0.0441
D1	-0.904	0.050	0.905	0.055	-0.0218
D2	-0.788	0.535	0.952	0.102	-0.2305
D3	-0.797	-0.319	0.858	0.008	0.4006
D4	-0.895	0.055	0.897	0.047	-0.0503
E1	-0.842	0.226	0.872	0.022	-0.1567
E2	-0.751	0.232	0.786	-0.064	-0.0547
E3	-0.593	0.252	0.644	-0.206	-0.7389
E4	-0.900	0.061	0.902	0.052	-0.0402

Tabella 7.25: Campagna misura n.ro 3, Emlid - Mi-8, GPS+GLONASS, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970301.435	347737.950	2610.4755	1	11.6
B1	1h	4970301.429	347737.947	2610.5012	1	48.4
B2	1h	4970301.429	347737.950	2610.4622	1	406.3
B3	1h	4970302.006	347739.059	2610.2649	1	3.2
B4	1h	4970301.440	347737.947	2610.4765	1	10.6
C1	30'	4970301.415	347737.933	2610.5025	1	5.0
C2	30'	4970301.436	347737.949	2610.4743	1	999.9
C3	30'	4970301.456	347737.960	2610.4493	1	999.9
C4	30'	4970301.434	347737.943	2610.4804	1	13.5
D1	10'	4970301.354	347737.722	2610.2333	1	376.2
D2	10'	4970301.540	347738.422	2610.2943	1	999.9
D3	10'	4970301.521	347738.782	2610.3242	1	4.1
D4	10'	4970301.433	347737.942	2610.4742	1	3.1
E1	5'	4970301.326	347738.318	2610.6747	1	5.8
E2	5'	4970301.156	347737.348	2611.1783	2	1.0
E3	5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	4970301.428	347737.948	2610.4842	1	4.5

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.85m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	-0.893	0.063	0.895	0.045	-0.0490
B1	-0.899	0.060	0.901	0.051	-0.0233
B2	-0.899	0.063	0.901	0.051	-0.0623
B3	-0.322	1.172	1.215	0.365	-0.2596
B4	-0.888	0.060	0.890	0.040	-0.0480
C1	-0.913	0.046	0.914	0.064	-0.0220
C2	-0.892	0.062	0.894	0.044	-0.0502
C3	-0.872	0.073	0.875	0.025	-0.0752
C4	-0.894	0.056	0.896	0.046	-0.0441
D1	-0.974	-0.165	0.988	0.138	-0.2912
D2	-0.788	0.535	0.952	0.102	-0.2302
D3	-0.807	0.895	1.205	0.355	-0.2003
D4	-0.895	0.055	0.897	0.047	-0.0503
E1	-1.002	0.431	1.091	0.241	0.1502
E2	-1.172	-0.539	1.290	0.440	0.6538
E3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	-0.900	0.061	0.902	0.052	-0.0403

Tabella 7.26: Campagna misura n.ro 3, Emlid - Mi-8, GPS+BeiDou, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
A1	4h	4970301.435	347737.951	2610.4751	1	11.4
B1	1h	4970301.430	347737.948	2610.4984	1	43.6
B2	1h	4970301.429	347737.950	2610.4621	1	404.0
B3	1h	4970301.431	347737.956	2610.4479	1	999.9
B4	1h	4970301.440	347737.947	2610.4765	1	10.6
C1	30'	4970301.414	347737.933	2610.5008	1	999.9
C2	30'	4970301.435	347737.949	2610.4731	1	999.9
C3	30'	4970301.456	347737.960	2610.4494	1	999.9
C4	30'	4970301.434	347737.943	2610.4804	1	13.5
D1	10'	4970301.425	347737.937	2610.5023	1	3.1
D2	10'	4970301.540	347738.422	2610.2940	1	999.9
D3	10'	4970301.345	347737.881	2610.6244	1	5.5
D4	10'	4970301.433	347737.942	2610.4742	1	3.0
E1	5'	4970301.443	347737.770	2610.7641	2	1.3
E2	5'	4970301.657	347737.671	2610.7814	1	3.6
E3	5'	4970301.622	347737.647	2610.9351	1	6.7
E4	5'	4970301.428	347737.948	2610.4843	1	4.5

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.85m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
A1	-0.893	0.064	0.895	0.045	-0.0494
B1	-0.898	0.061	0.900	0.050	-0.0261
B2	-0.899	0.063	0.901	0.051	-0.0624
B3	-0.897	0.069	0.900	0.050	-0.0766
B4	-0.888	0.060	0.890	0.040	-0.0480
C1	-0.914	0.046	0.915	0.065	-0.0237
C2	-0.893	0.062	0.895	0.045	-0.0514
C3	-0.872	0.073	0.875	0.025	-0.0751
C4	-0.894	0.056	0.896	0.046	-0.0441
D1	-0.903	0.050	0.904	0.054	-0.0222
D2	-0.788	0.535	0.952	0.102	-0.2305
D3	-0.983	-0.006	0.983	0.133	0.0999
D4	-0.895	0.055	0.897	0.047	-0.0503
E1	-0.885	-0.117	0.893	0.043	0.2396
E2	-0.671	-0.216	0.705	-0.145	0.2569
E3	-0.706	-0.240	0.746	-0.104	0.4106
E4	-0.900	0.061	0.902	0.052	-0.0402

7.3 Grafici dei risultati

In questa sezione si riportano i risultati ottenuti in forma di grafici. L'obiettivo principale di questa sezione è quello di rendere i risultati ottenuti più leggibili in modo da poter condurre un'analisi critica dei risultati. I grafici vengono organizzati in accordo con quanto riportato al **Paragrafo 7.1** secondo i seguenti gruppi di confronto:

1. Combinazione master/rover n.ro 1;
2. Combinazione master/rover n.ro 1 vs. Combinazione master/rover n.ro 2;
3. Combinazione master/rover n.ro 2 vs. Combinazione master/rover n.ro 3.

7.3.1 Combinazione master/rover n.ro 1

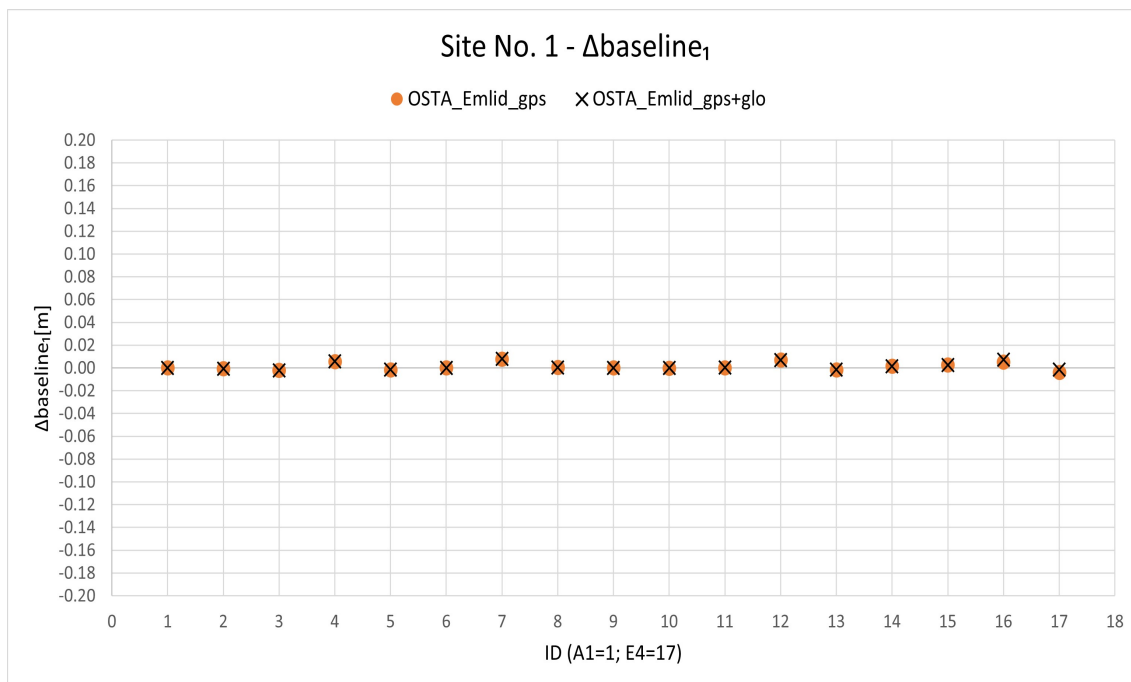


Figura 7.1: Sito di misura n.ro 1 - Confronto $\Delta baseline_1$, OSTA-Emlid, GPS only vs. GPS+GLONASS

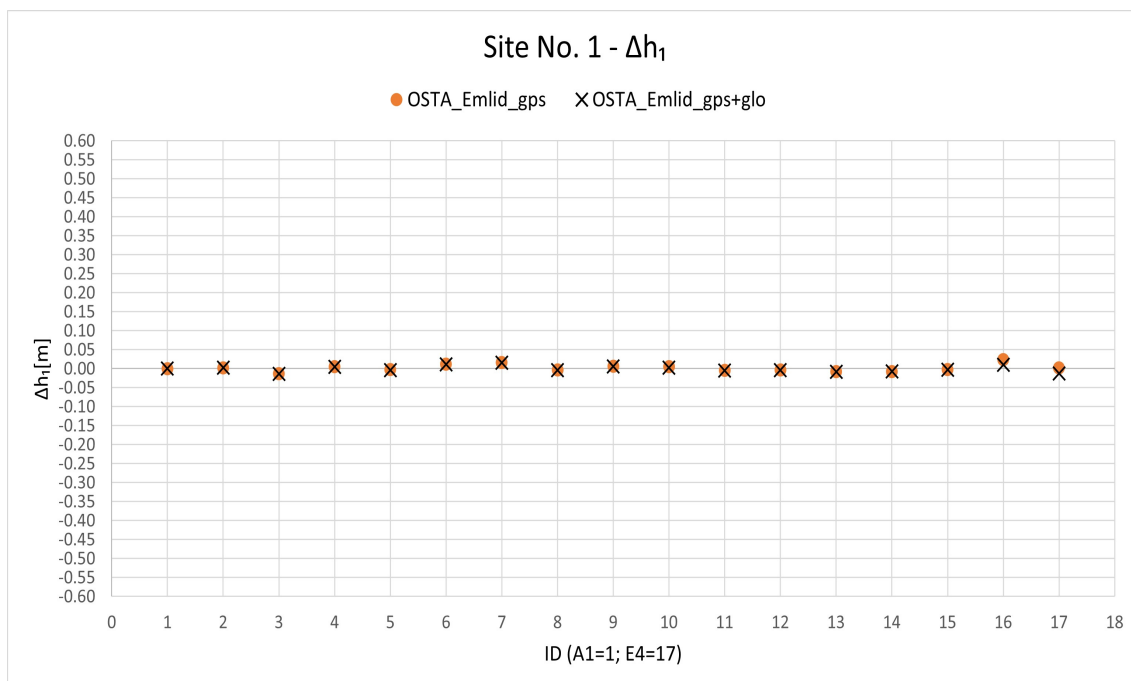


Figura 7.2: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δh_1 , OSTA-Emlid, GPS only vs. GPS+GLONASS

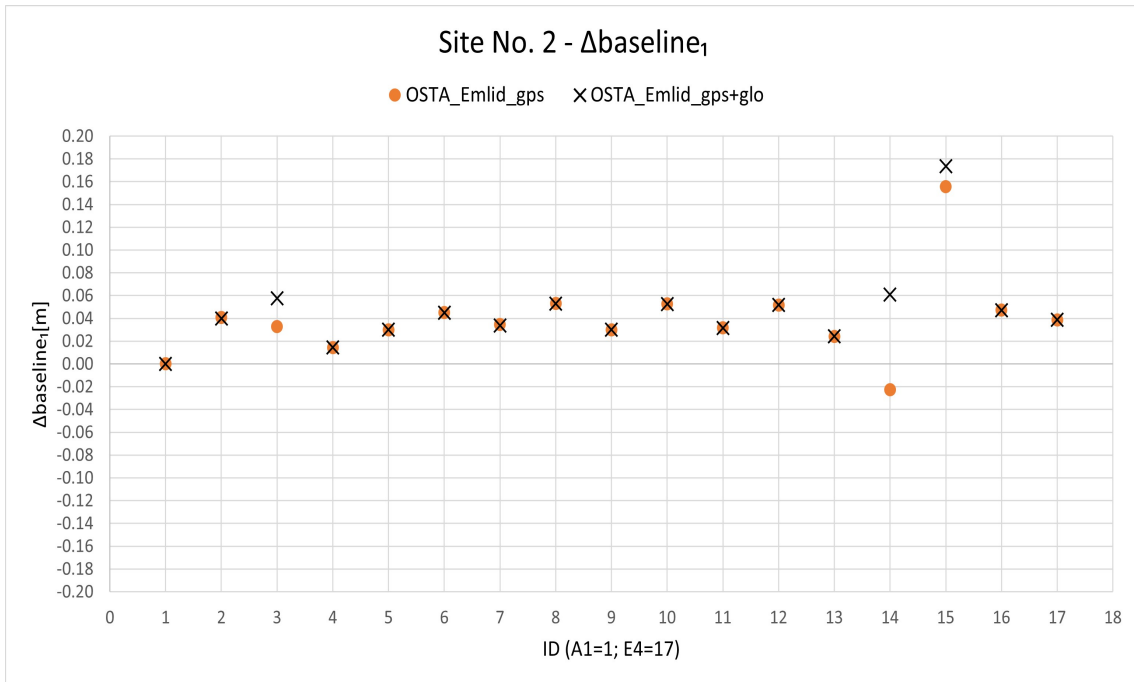


Figura 7.3: Sito di misura n.ro 2 - Confronto $\Delta baseline_1$, OSTA-Emlid, GPS only vs. GPS+GLONASS

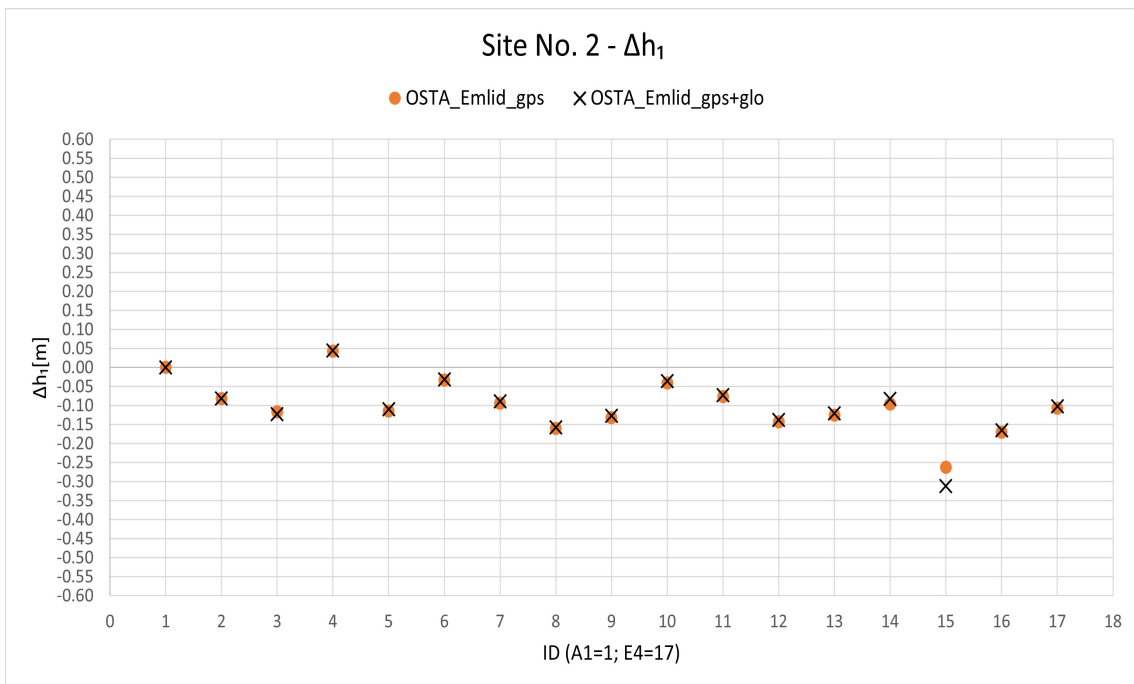


Figura 7.4: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δh_1 , OSTA-Emlid, GPS only vs. GPS+GLONASS

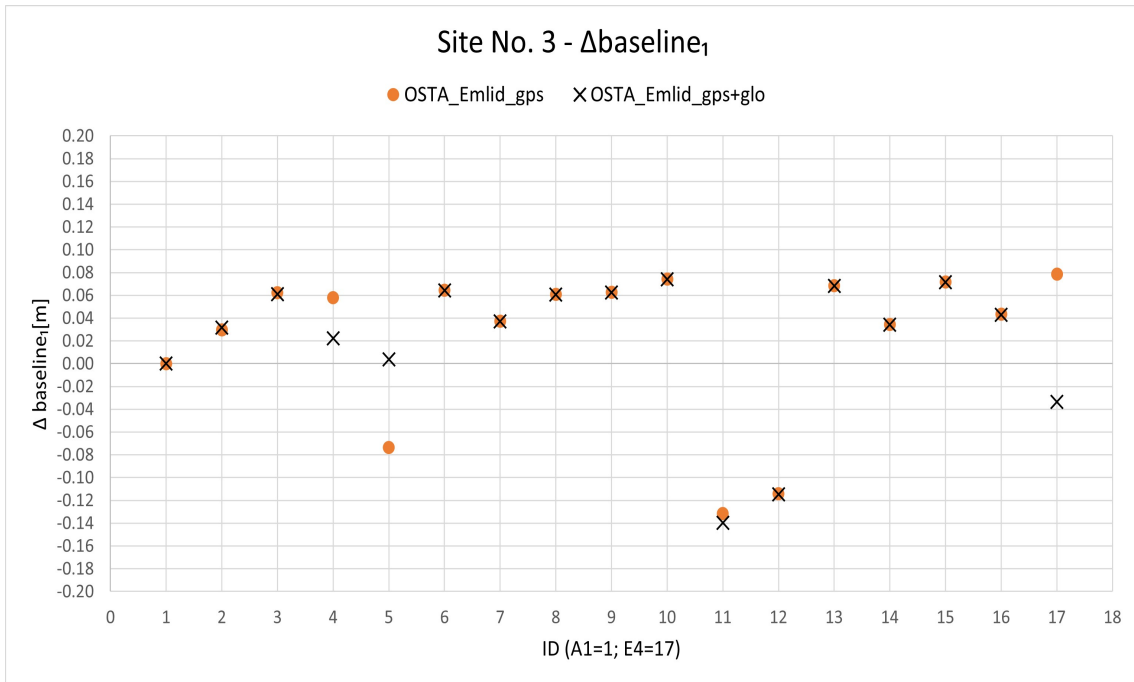


Figura 7.5: Sito di misura n.ro 3 - Confronto $\Delta baseline_1$, OSTA-Emlid, GPS only vs. GPS+GLONASS

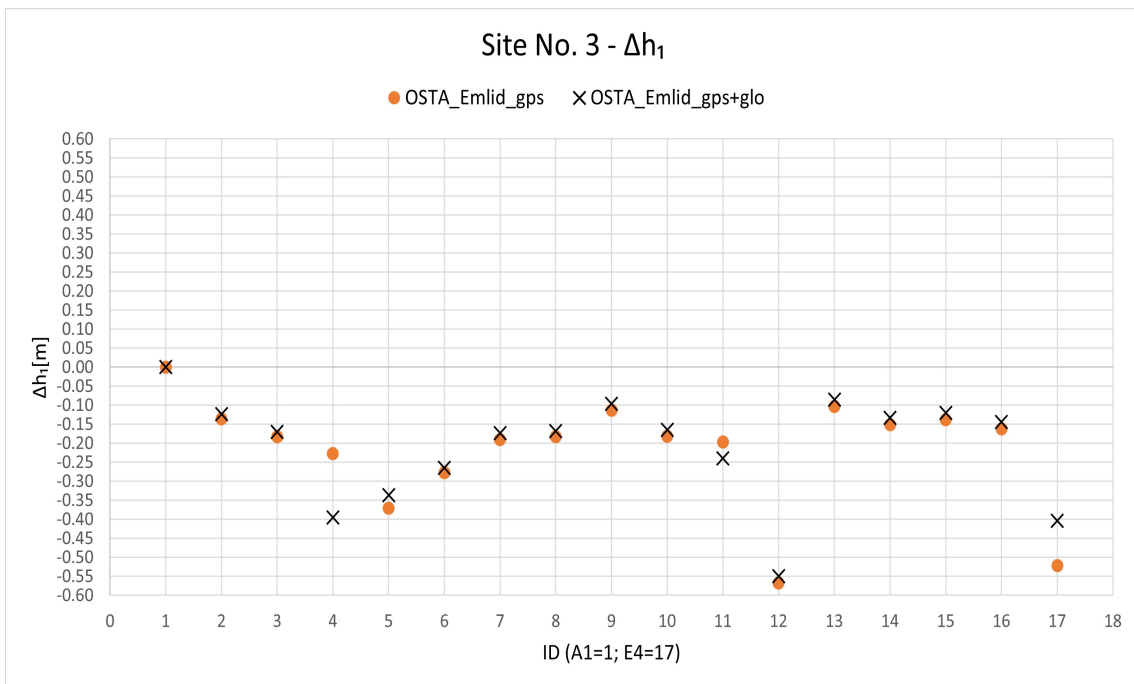


Figura 7.6: Sito di misura n.ro 3 - Confronto Δh_1 , OSTA-Emlid, GPS only vs. GPS+GLONASS

7.3.2 Combinazione master/rover n.ro 1 vs. Combinazione master/rover n.ro 2

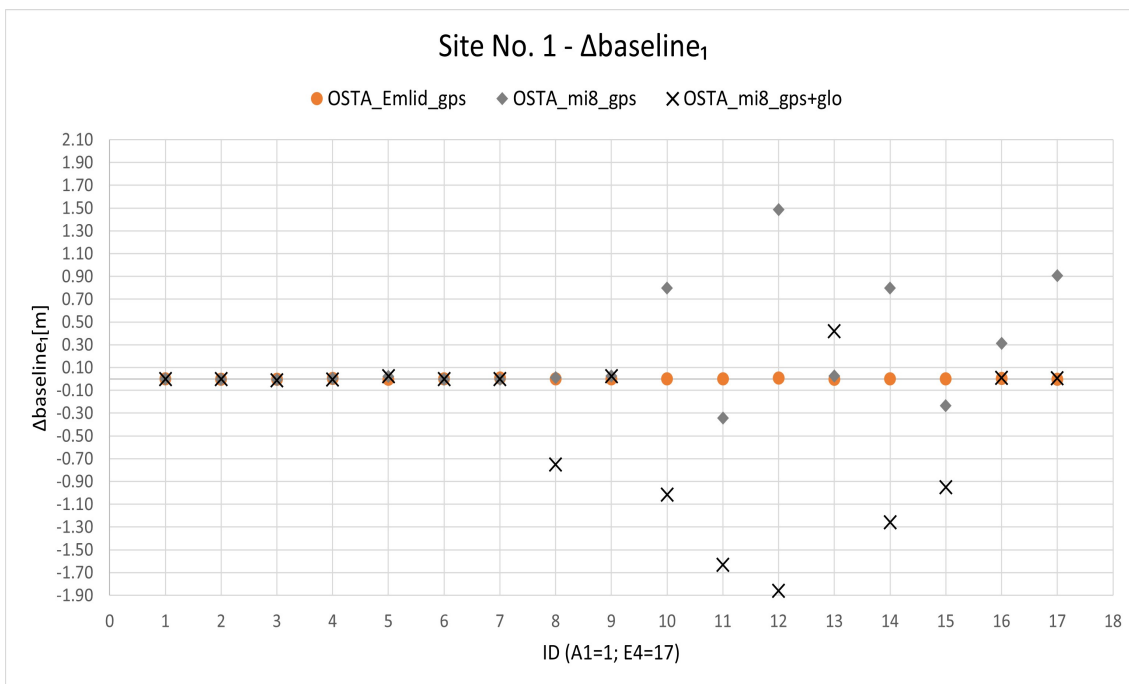


Figura 7.7: Sito di misura n.ro 1 - Confronto $\Delta baseline_1$, OSTA-Emlid GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS+GLONASS

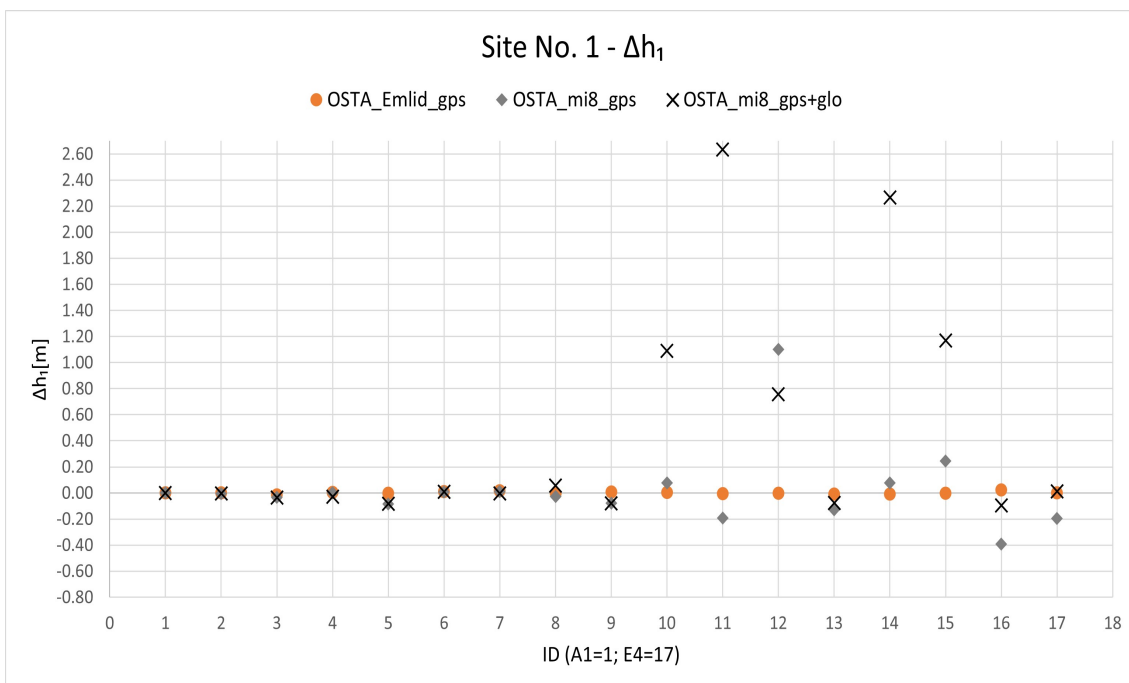


Figura 7.8: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δh_1 , OSTA-Emlid GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS+GLONASS

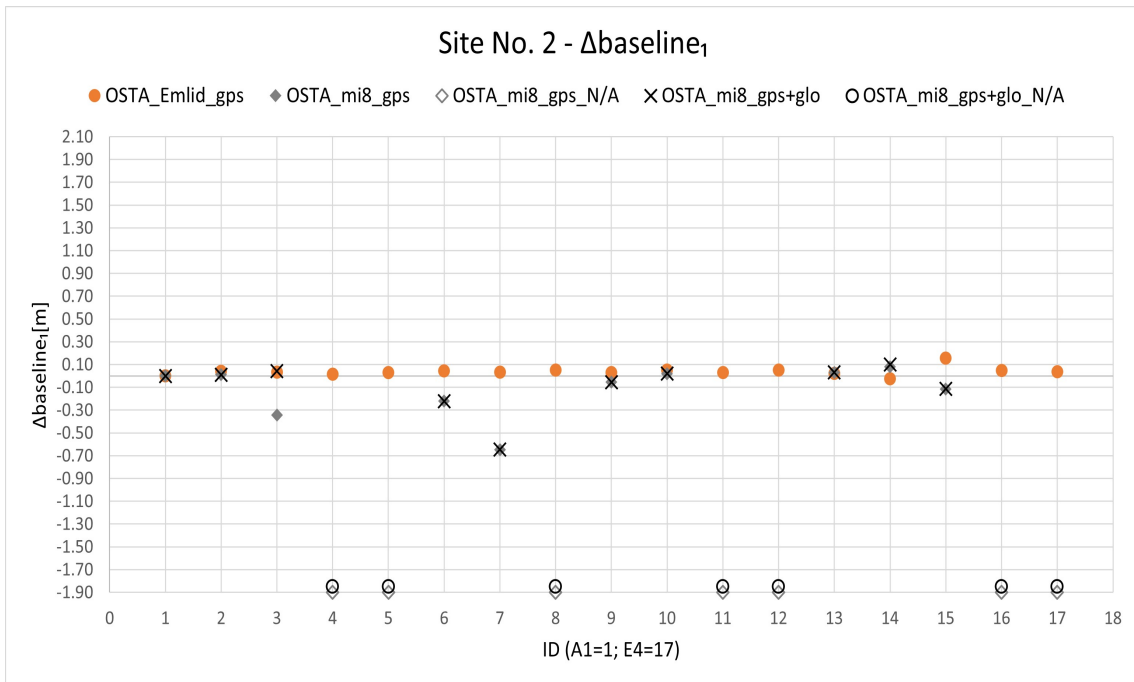


Figura 7.9: Sito di misura n.ro 2 - Confronto $\Delta baseline_1$, OSTA-Emlid GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS+GLONASS

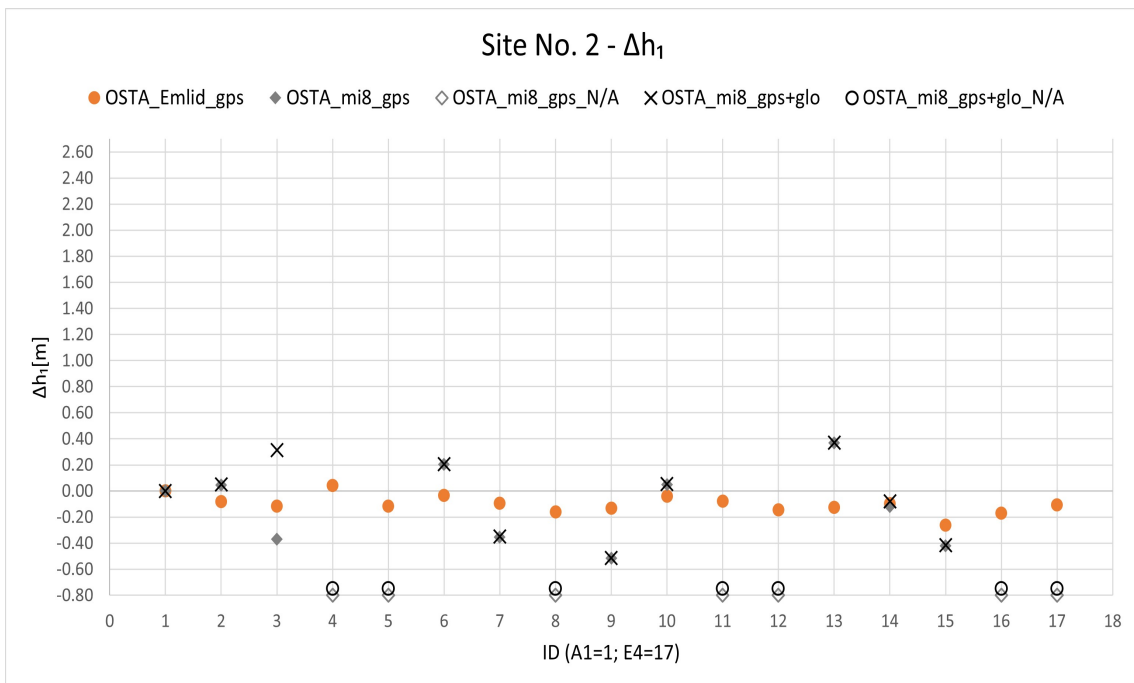


Figura 7.10: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δh_1 , OSTA-Emlid GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS+GLONASS

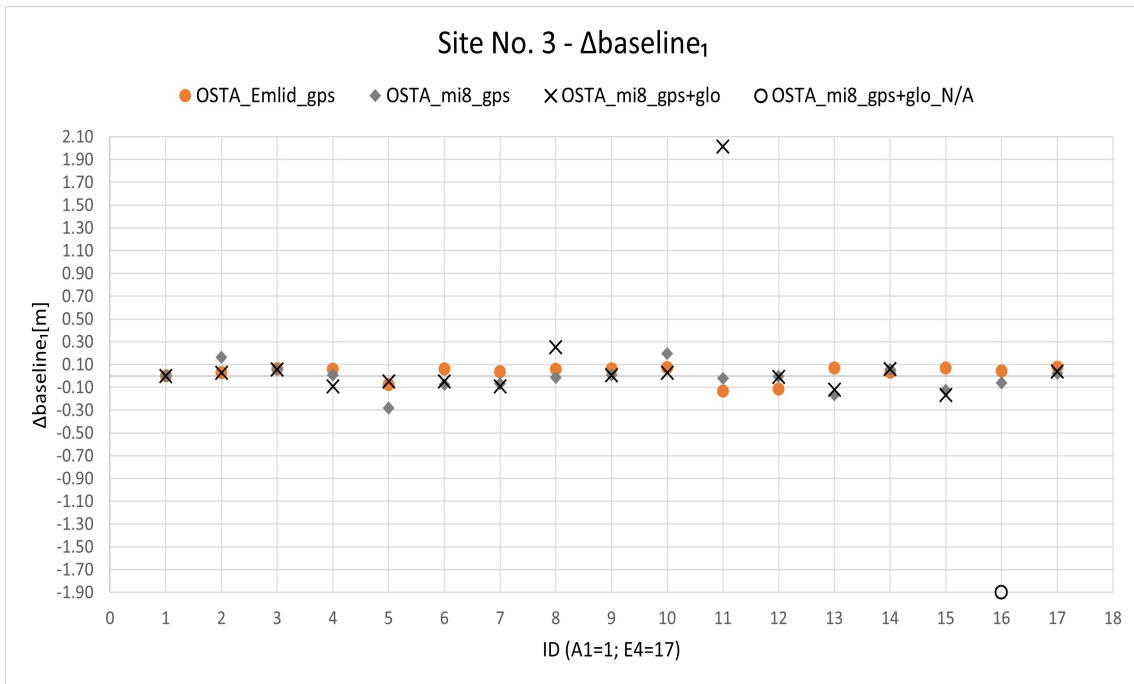


Figura 7.11: Sito di misura n.ro 3 - Confronto $\Delta baseline_1$, OSTA-Emlid GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS+GLONASS

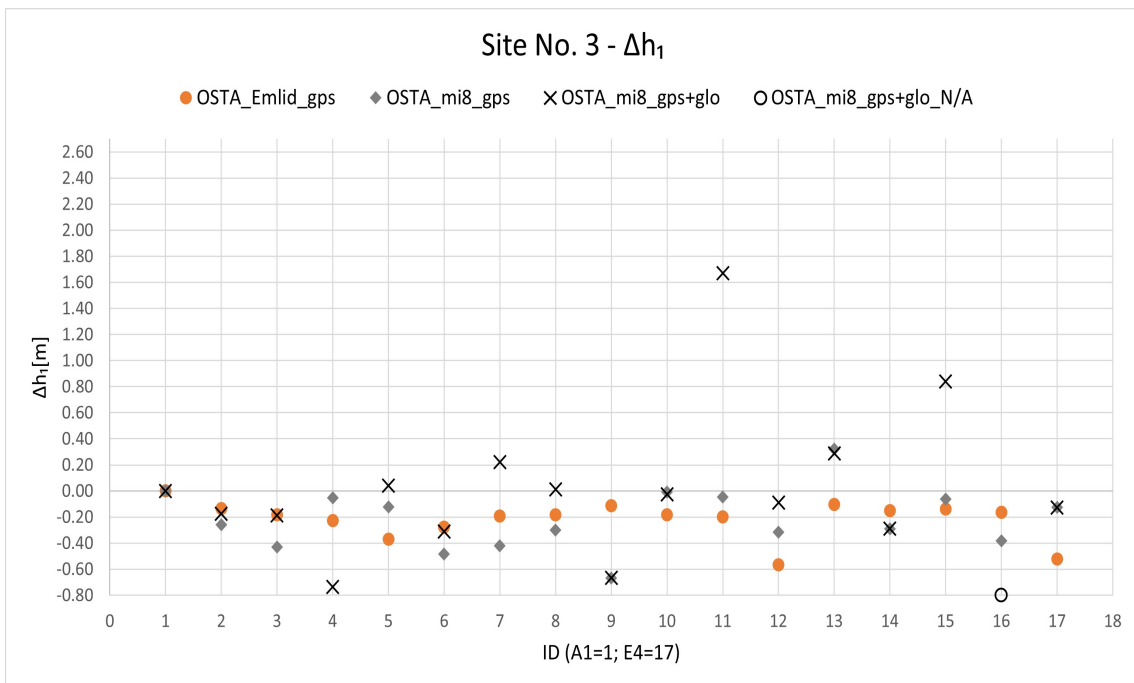


Figura 7.12: Sito di misura n.ro 3 - Confronto Δh_1 , OSTA-Emlid GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS only vs. OSTA-Mi8 GPS+GLONASS

7.3.3 Combinazione master/rover n.ro 2 vs. Combinazione master/rover n.ro 3

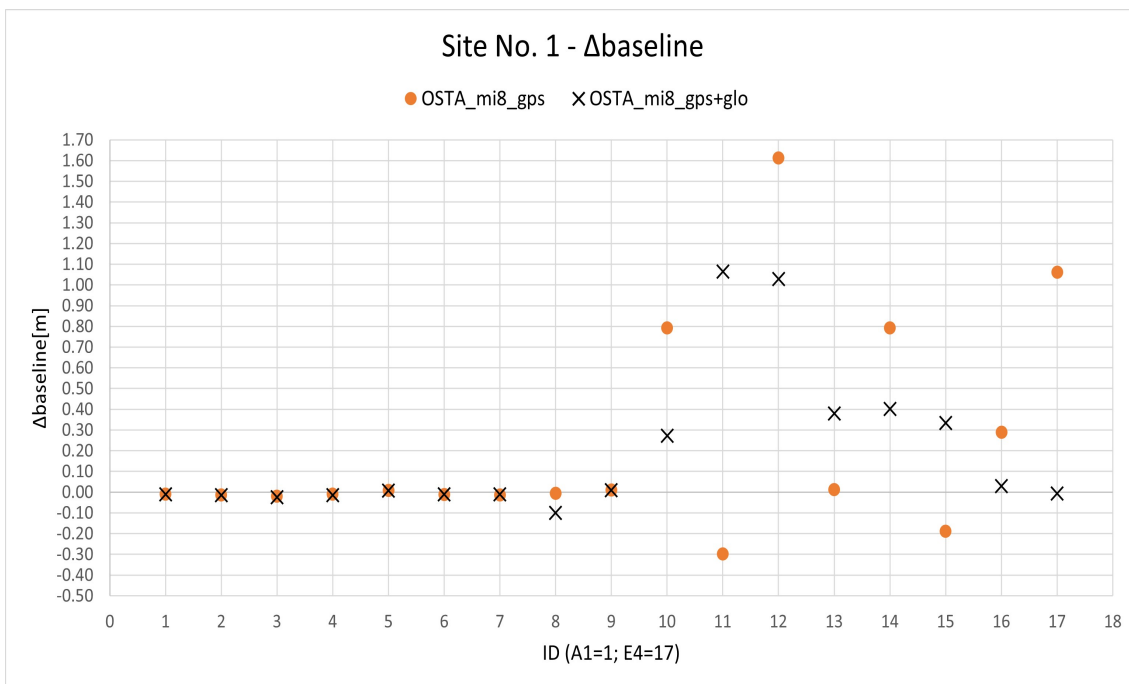


Figura 7.13: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δ baseline, OSTA-Mi8, GPS only vs. GPS+GLONASS

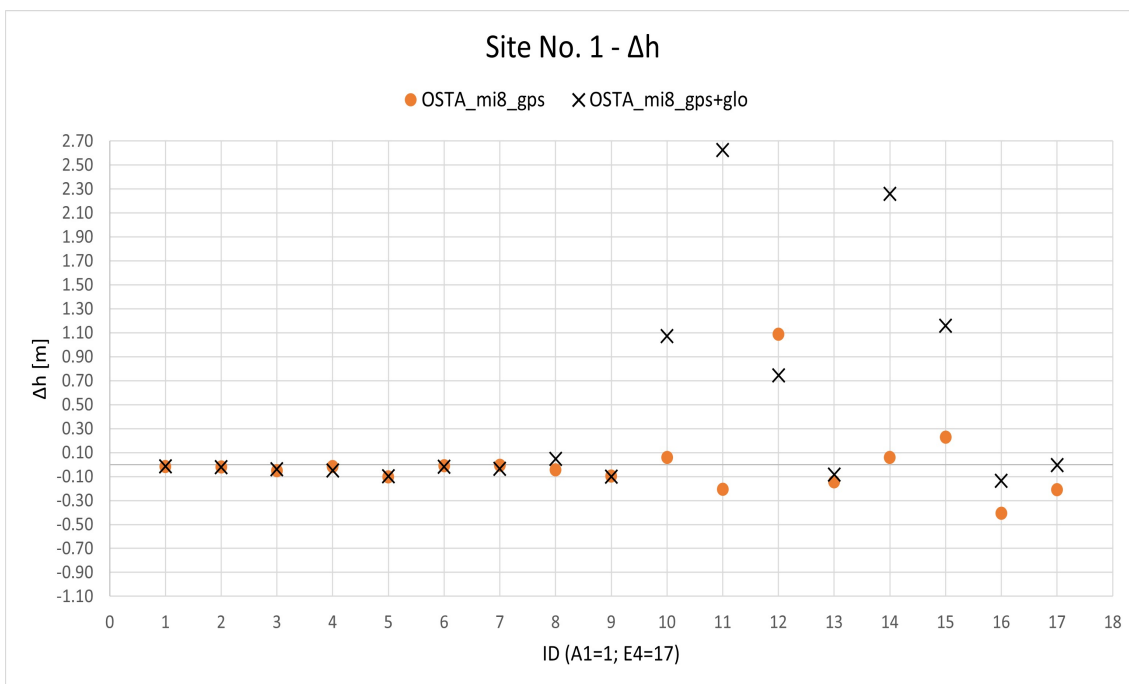


Figura 7.14: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δ h, OSTA-Mi8, GPS only vs. GPS+GLONASS

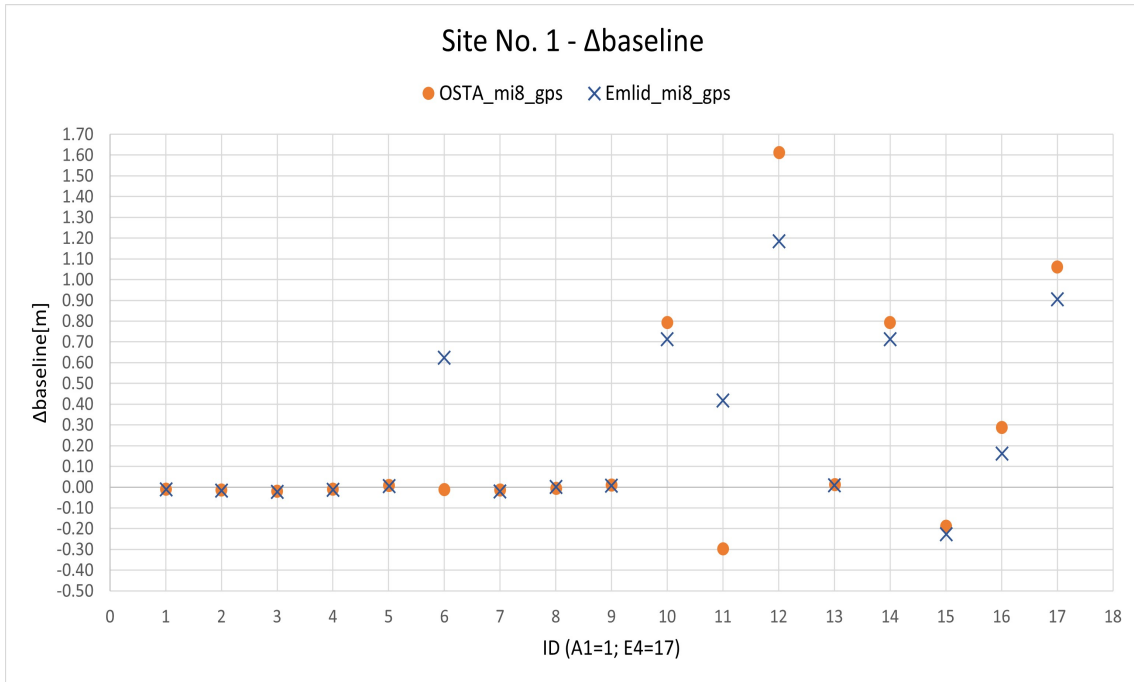


Figura 7.15: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δ baseline, GPS only, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

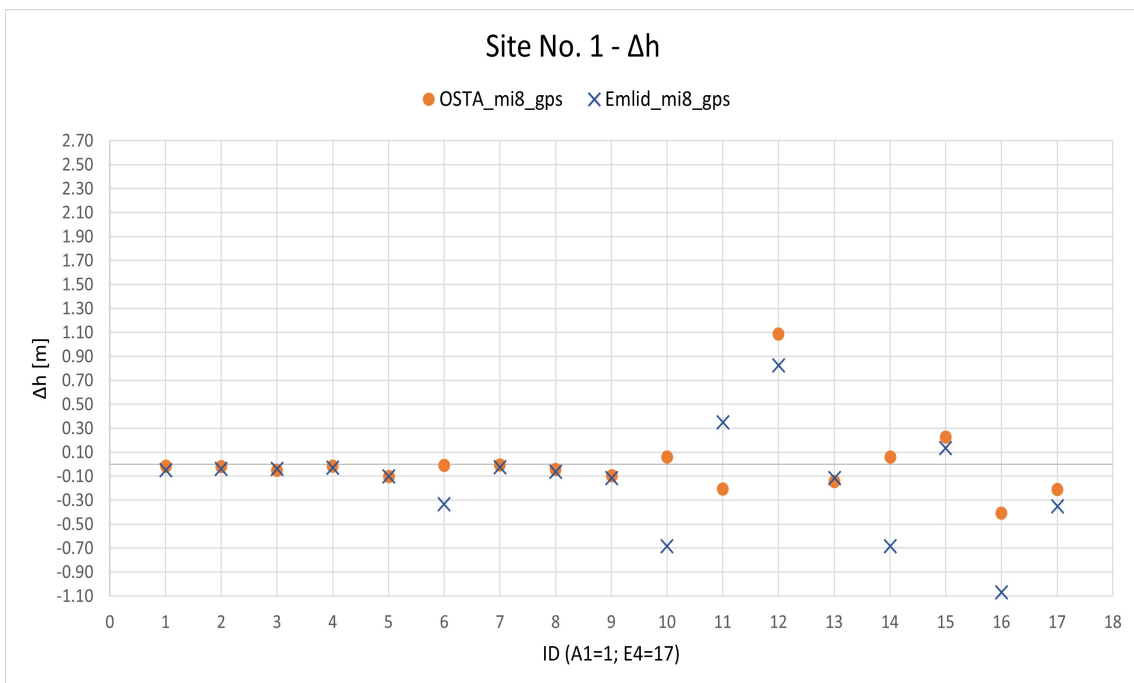


Figura 7.16: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δ h, GPS only, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

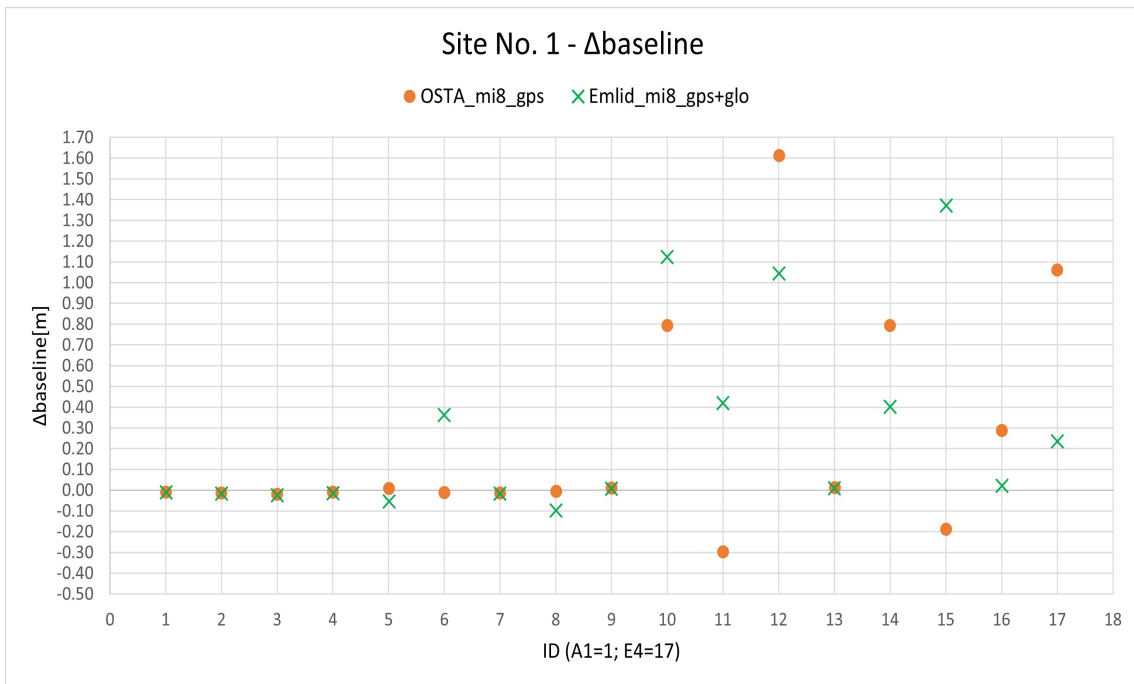


Figura 7.17: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δ baseline, GPS+GLONASS, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

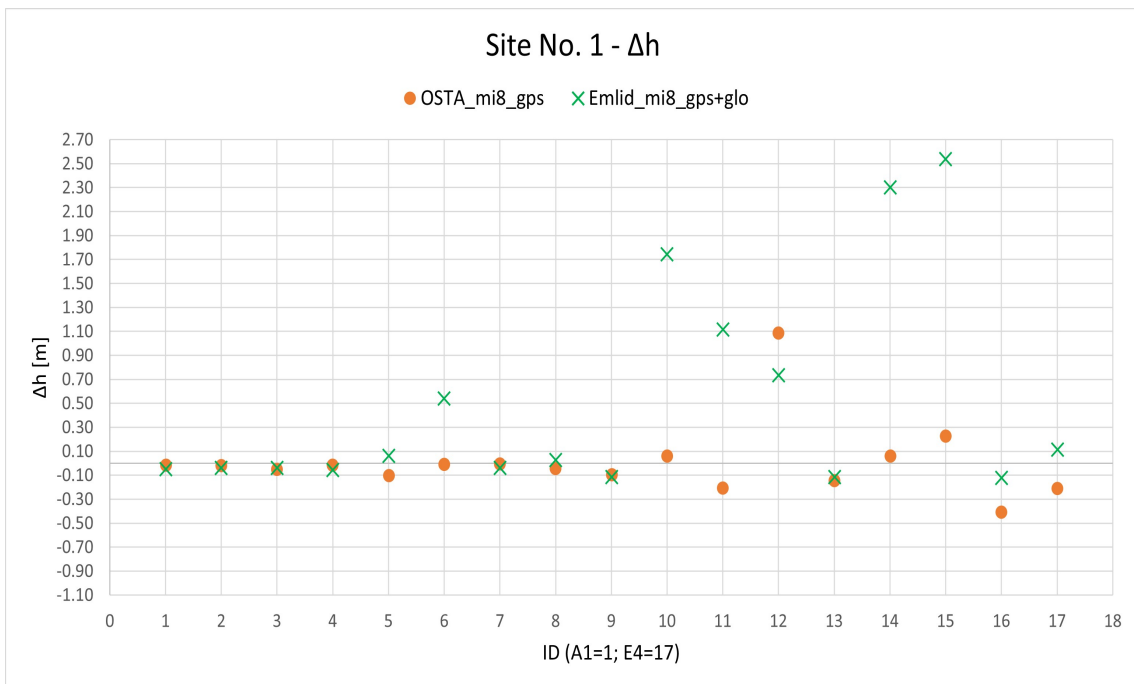


Figura 7.18: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δ h, GPS+GLONASS, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

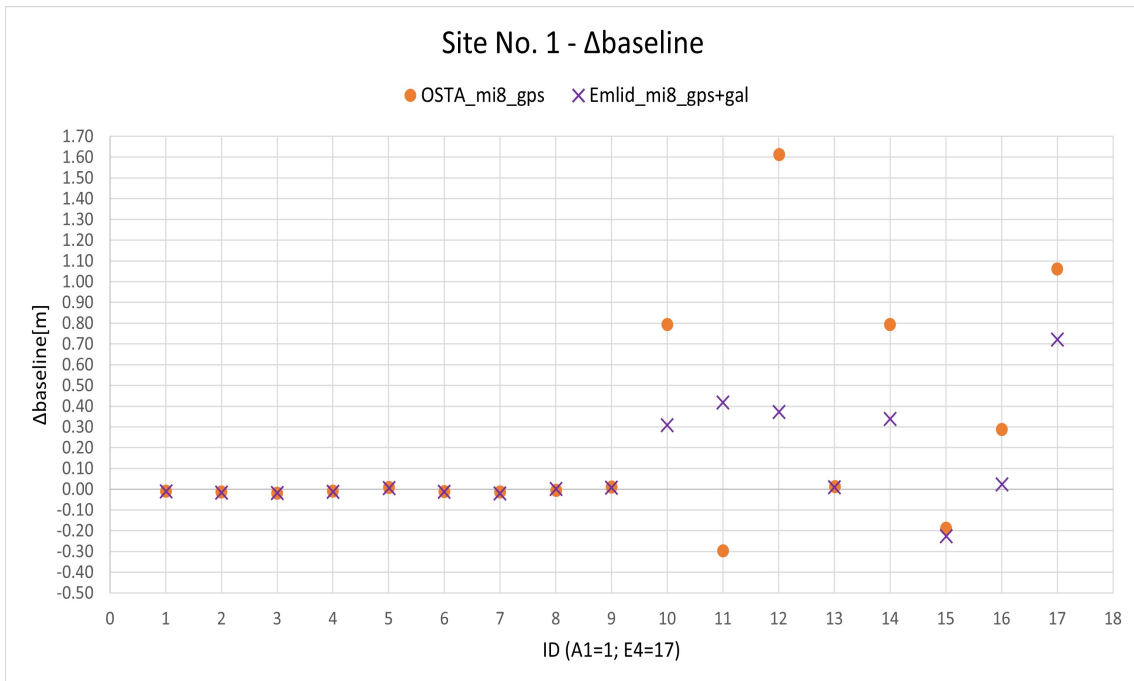


Figura 7.19: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δ baseline, GPS+Galileo, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

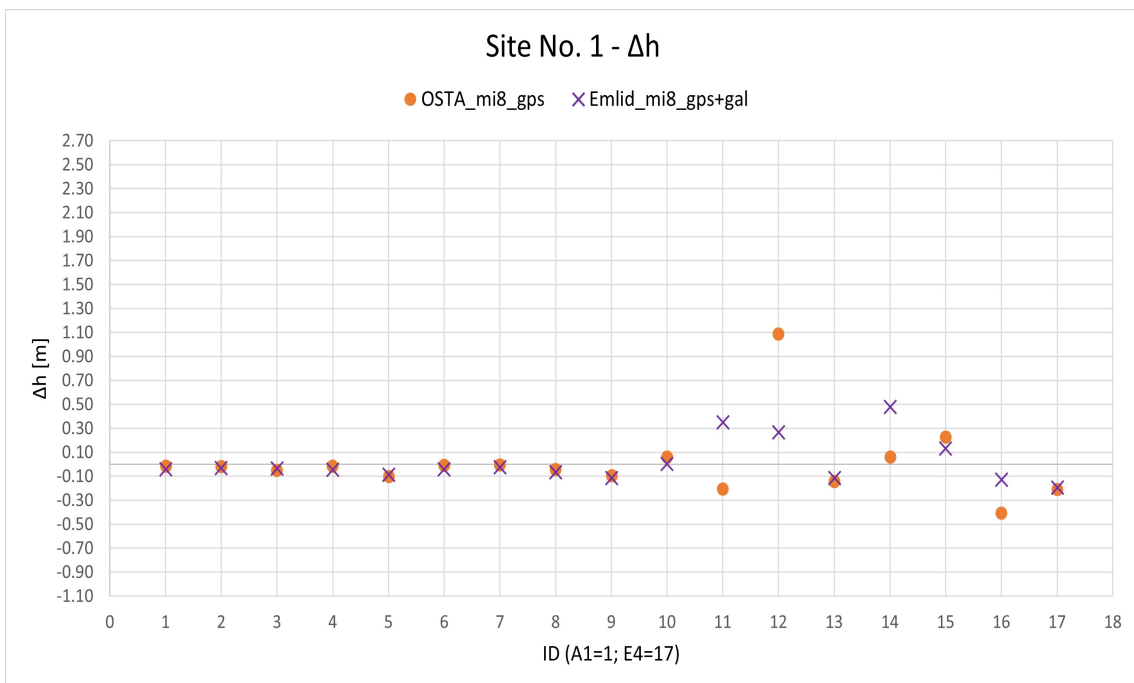


Figura 7.20: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δ h, GPS+Galileo, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

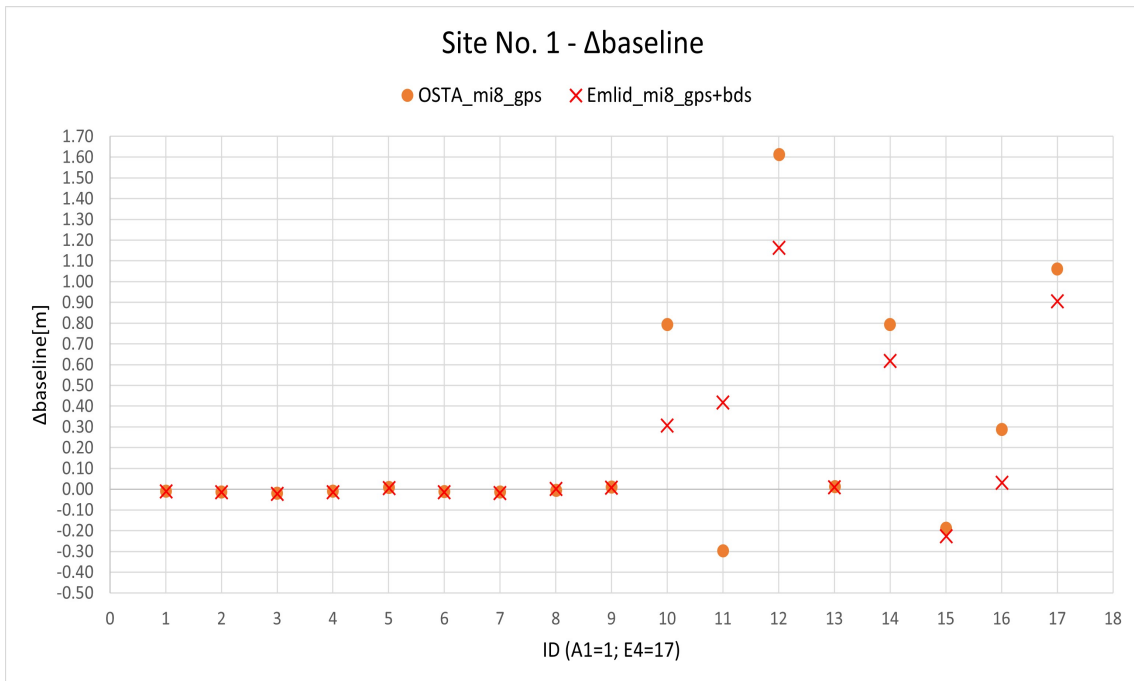


Figura 7.21: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δ baseline, GPS+BeiDou, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

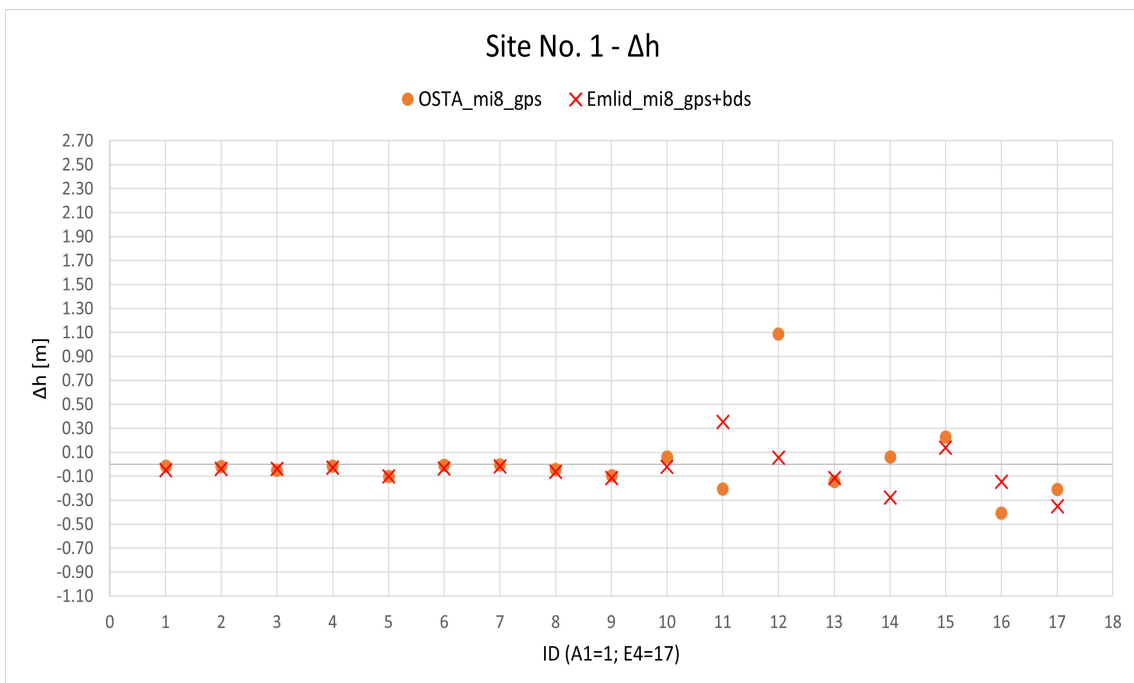


Figura 7.22: Sito di misura n.ro 1 - Confronto Δ h, GPS+BeiDou, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

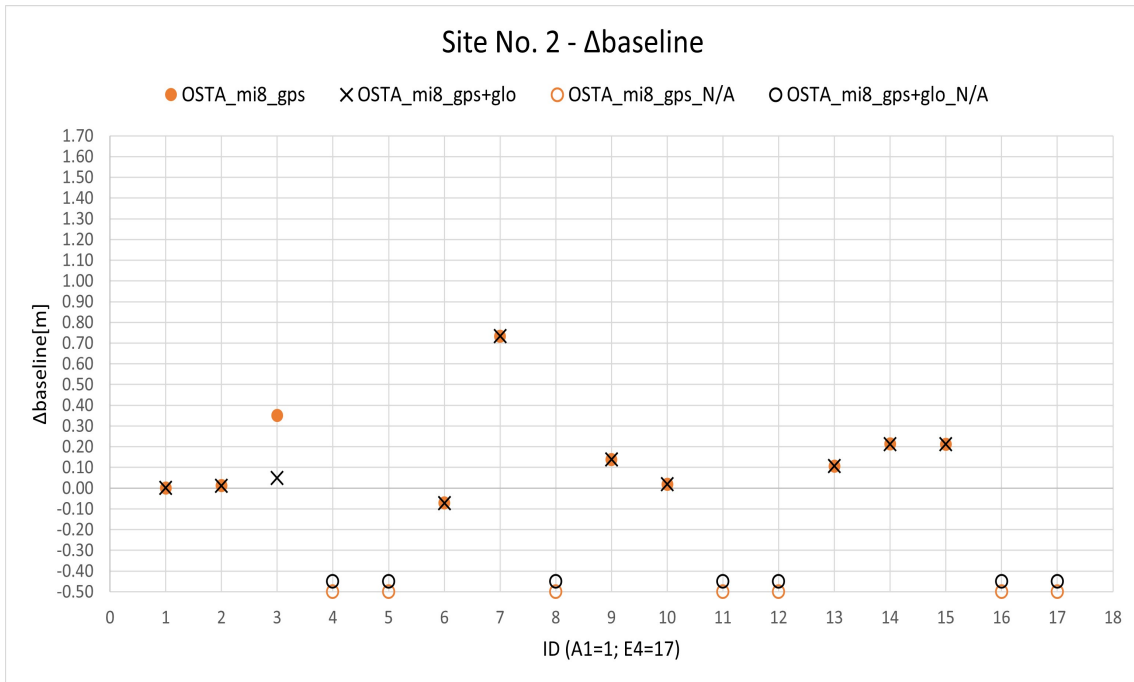


Figura 7.23: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δ baseline, OSTA-Mi8, GPS only vs. GPS+GLONASS

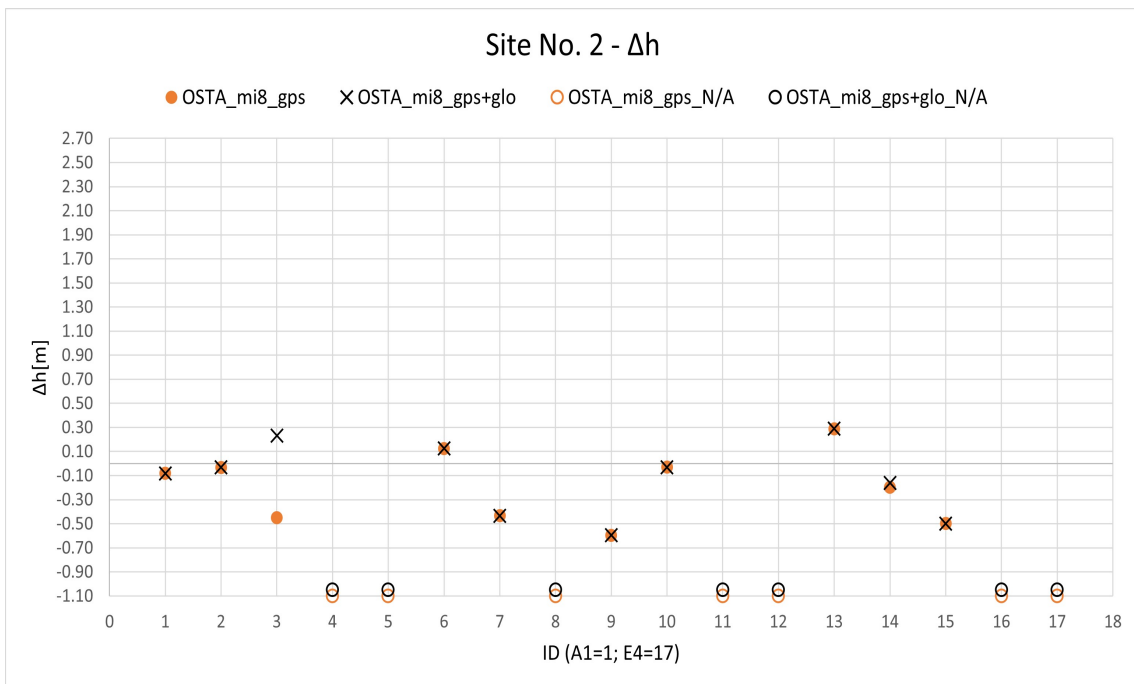


Figura 7.24: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δ h, OSTA-Mi8, GPS only vs. GPS+GLONASS

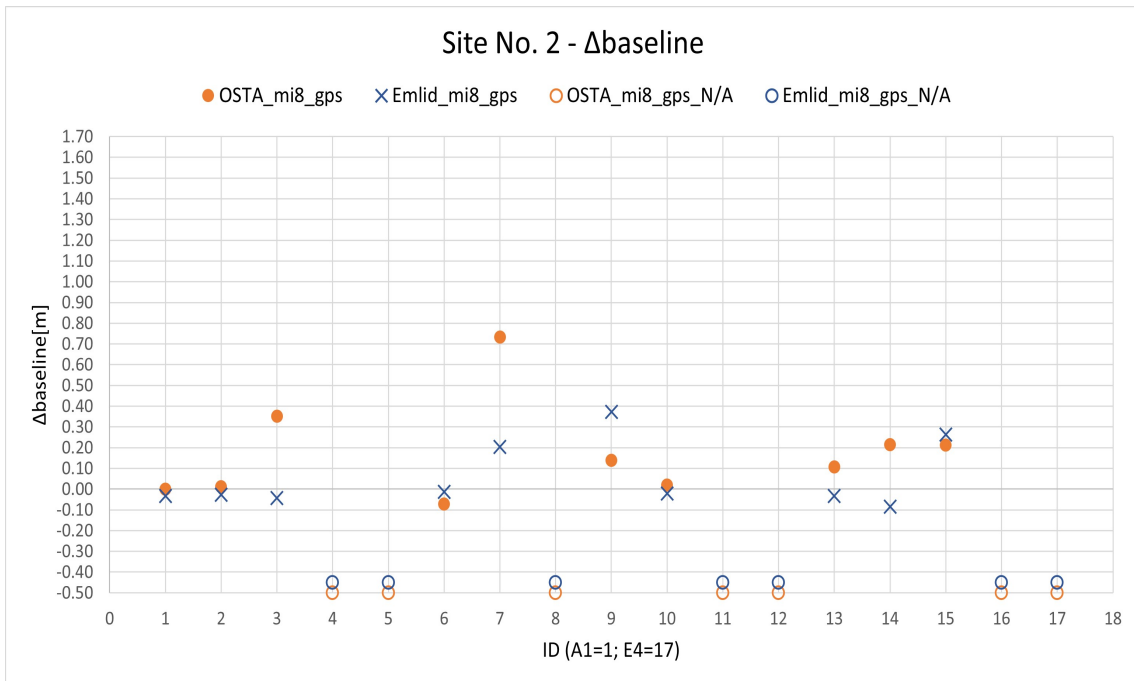


Figura 7.25: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δ baseline, GPS only, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

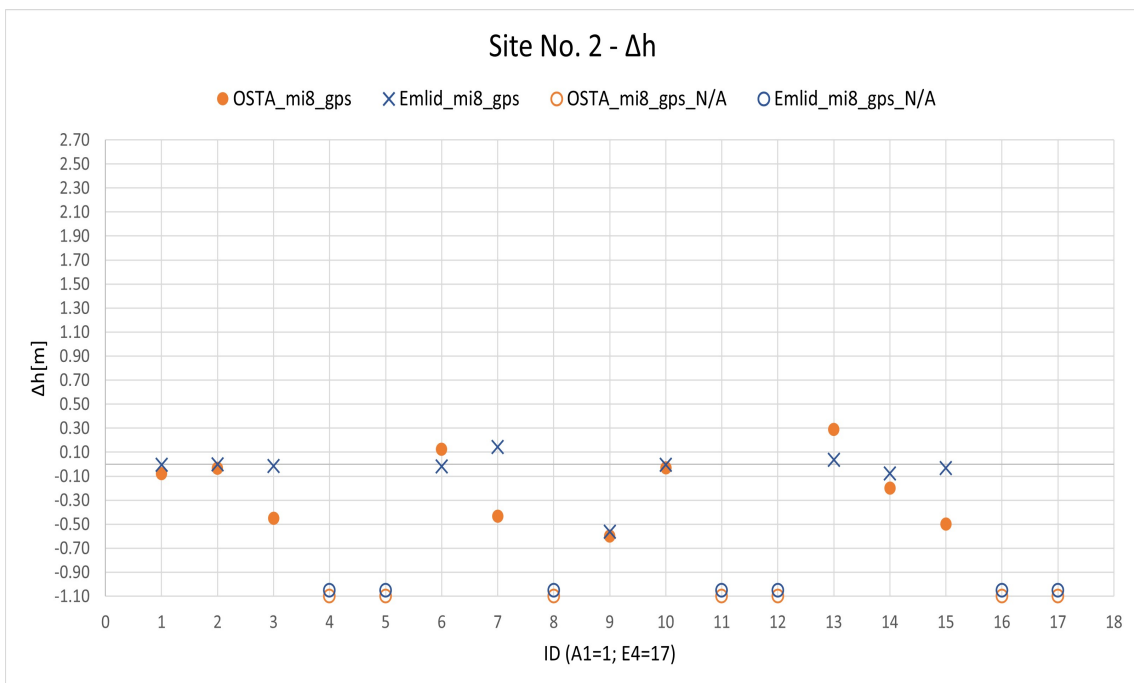


Figura 7.26: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δ h, GPS only, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

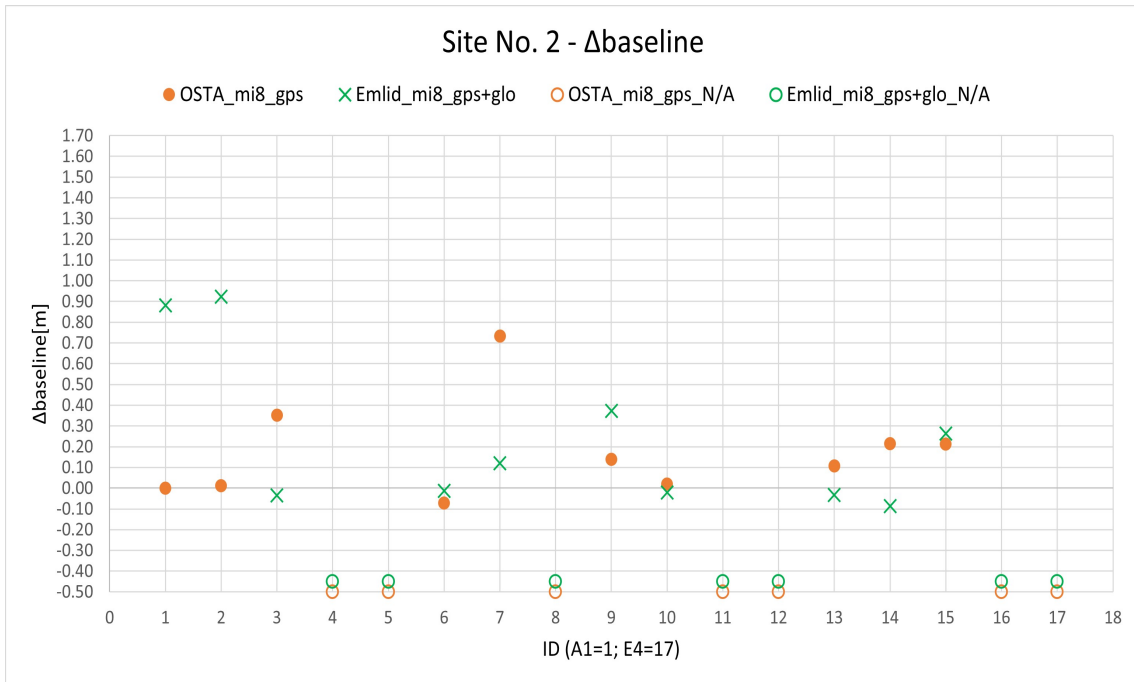


Figura 7.27: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δ baseline, GPS+GLONASS, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

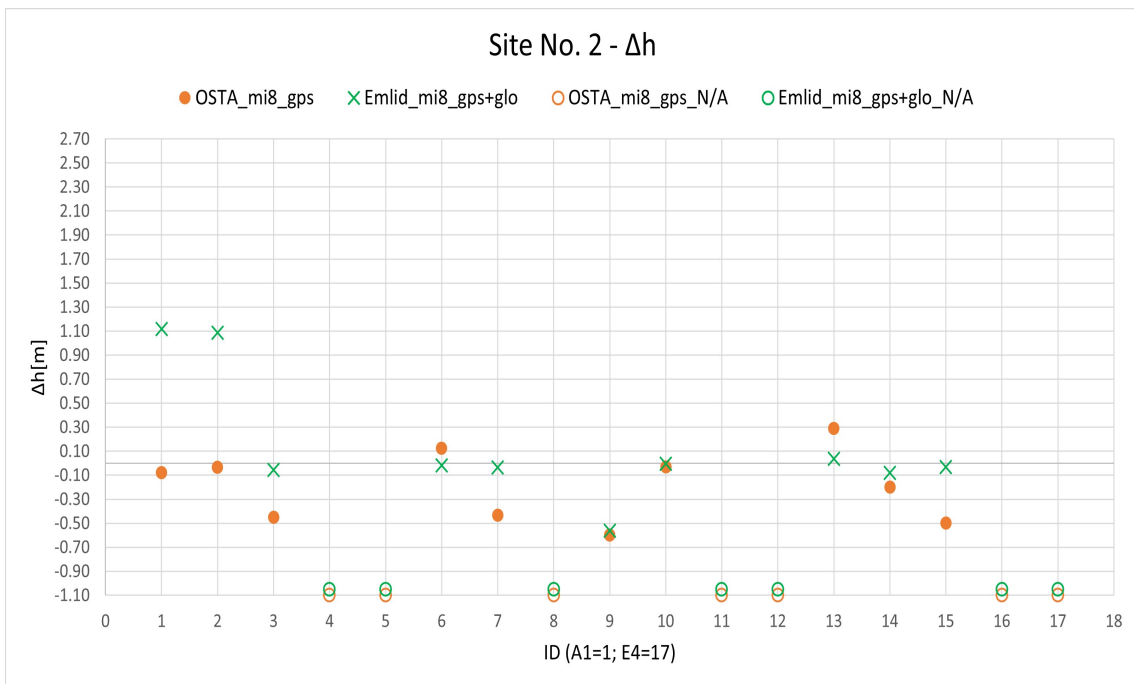


Figura 7.28: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δ h, GPS+GLONASS, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

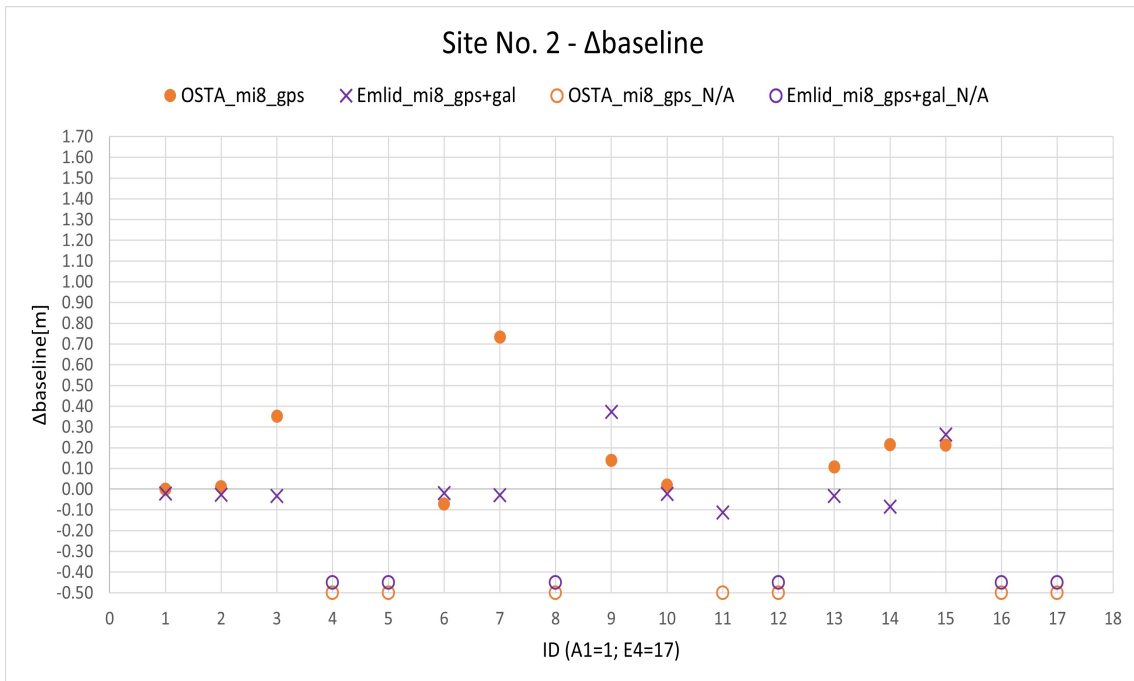


Figura 7.29: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δ baseline, GPS+Galileo, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

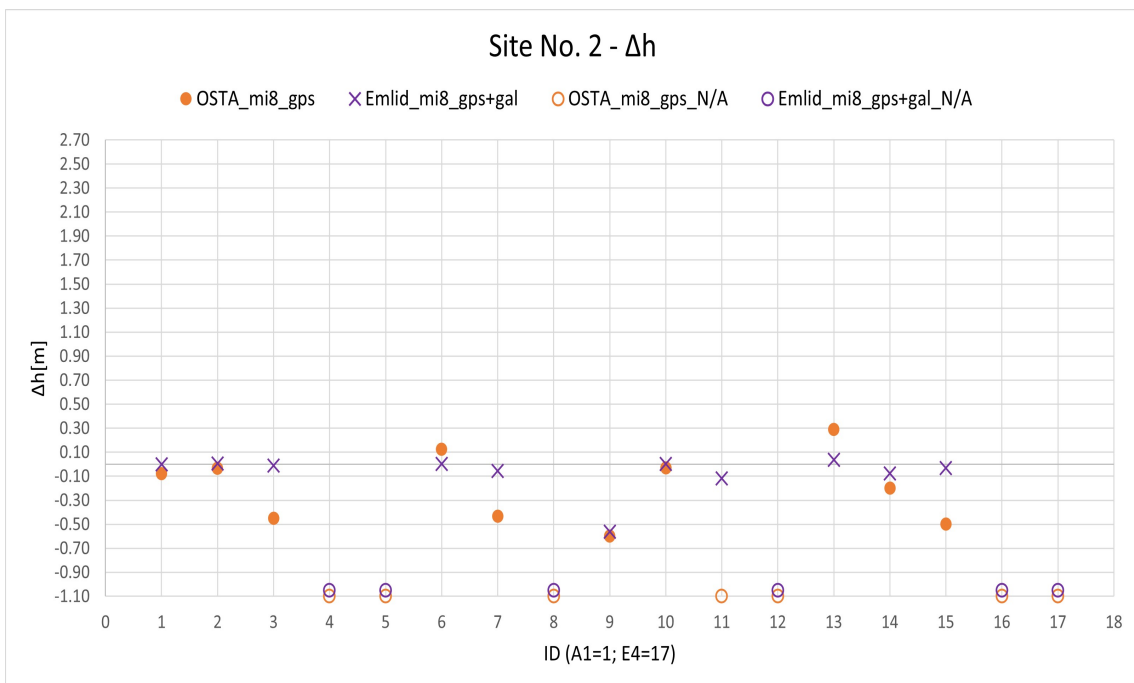


Figura 7.30: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δ h, GPS+Galileo, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

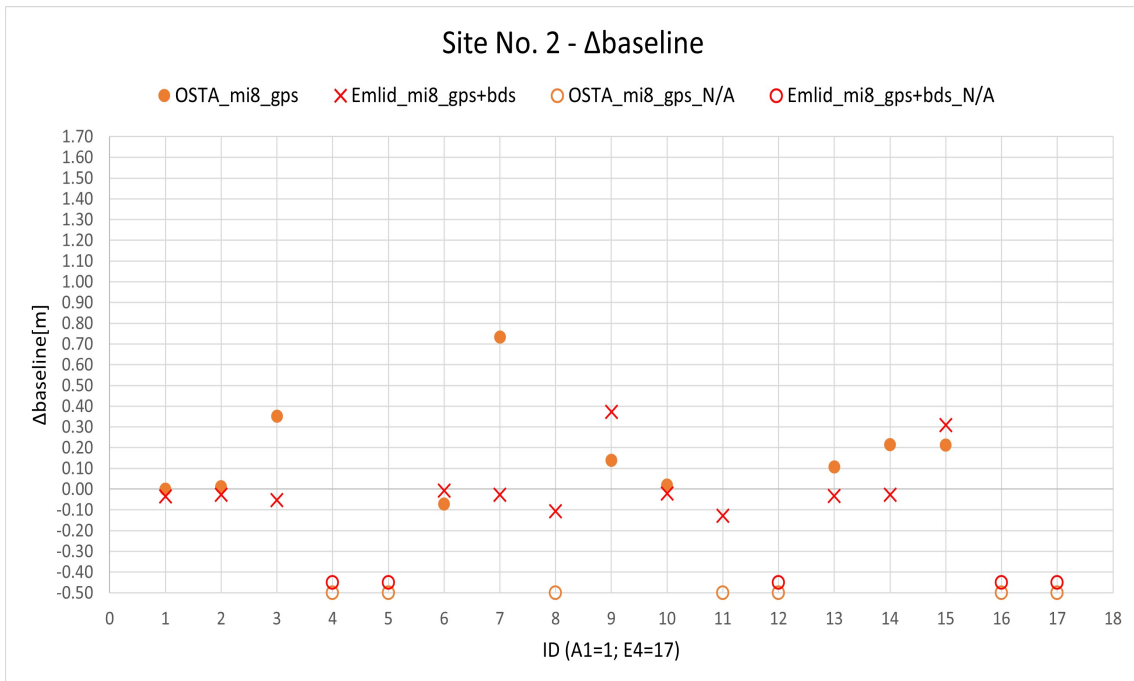


Figura 7.31: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δ baseline, GPS+BeiDou, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

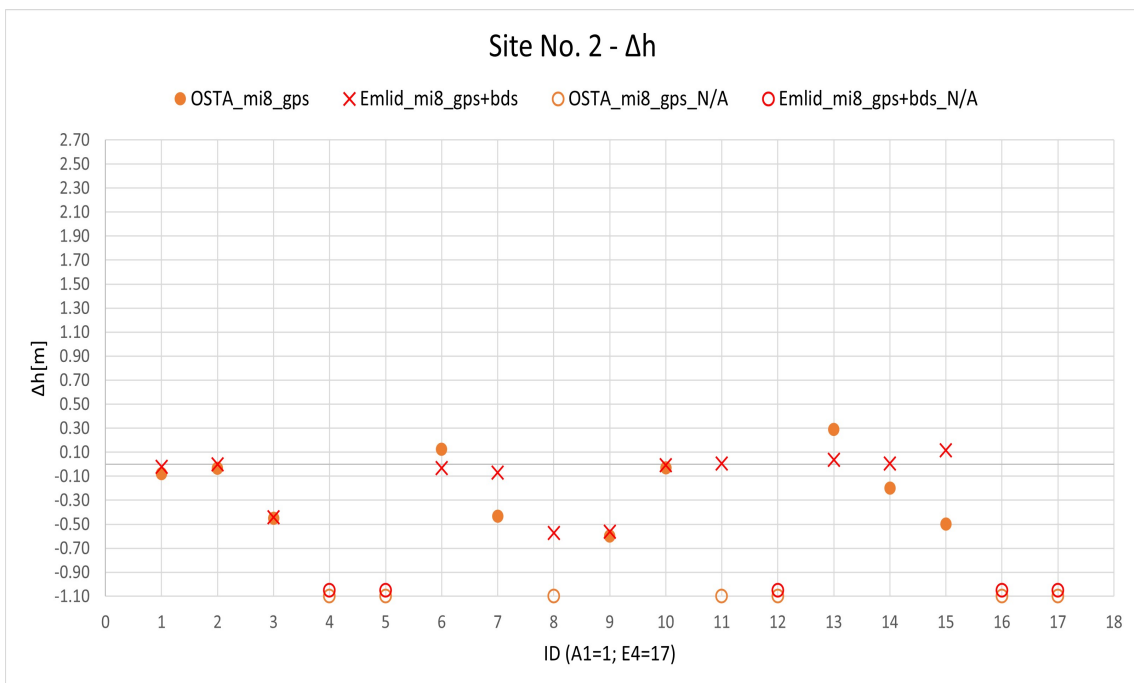


Figura 7.32: Sito di misura n.ro 2 - Confronto Δ h, GPS+BeiDou, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

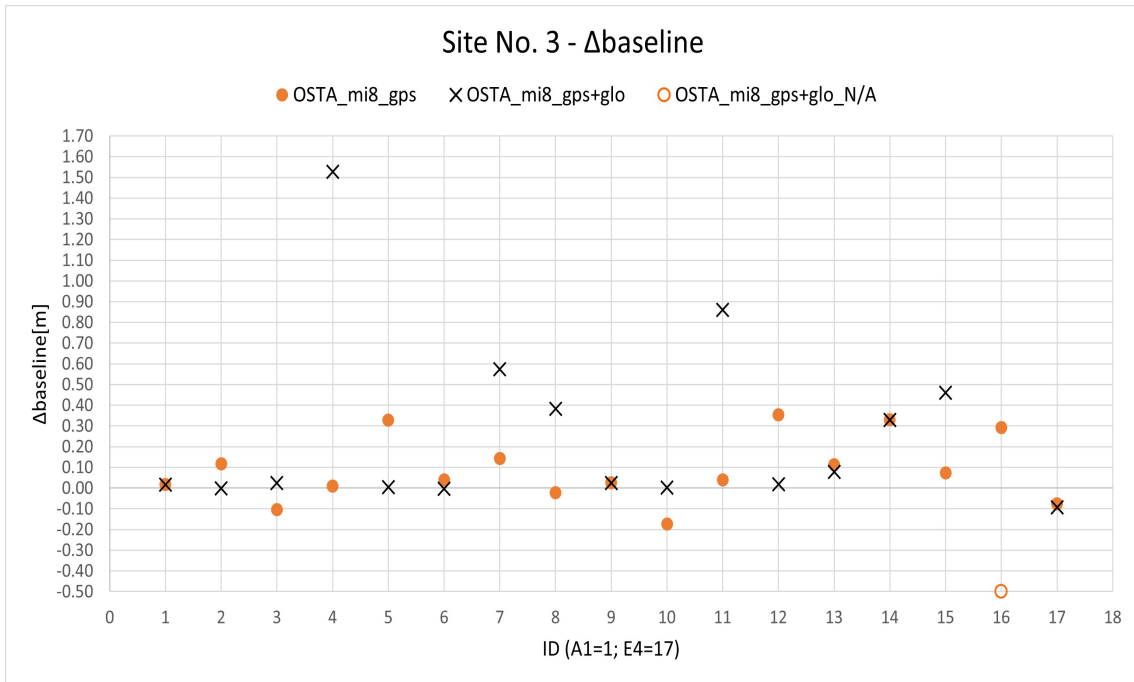


Figura 7.33: Sito di misura n.ro 3 - Confronto Δ baseline, OSTA-Mi8, GPS only vs. GPS+GLONASS

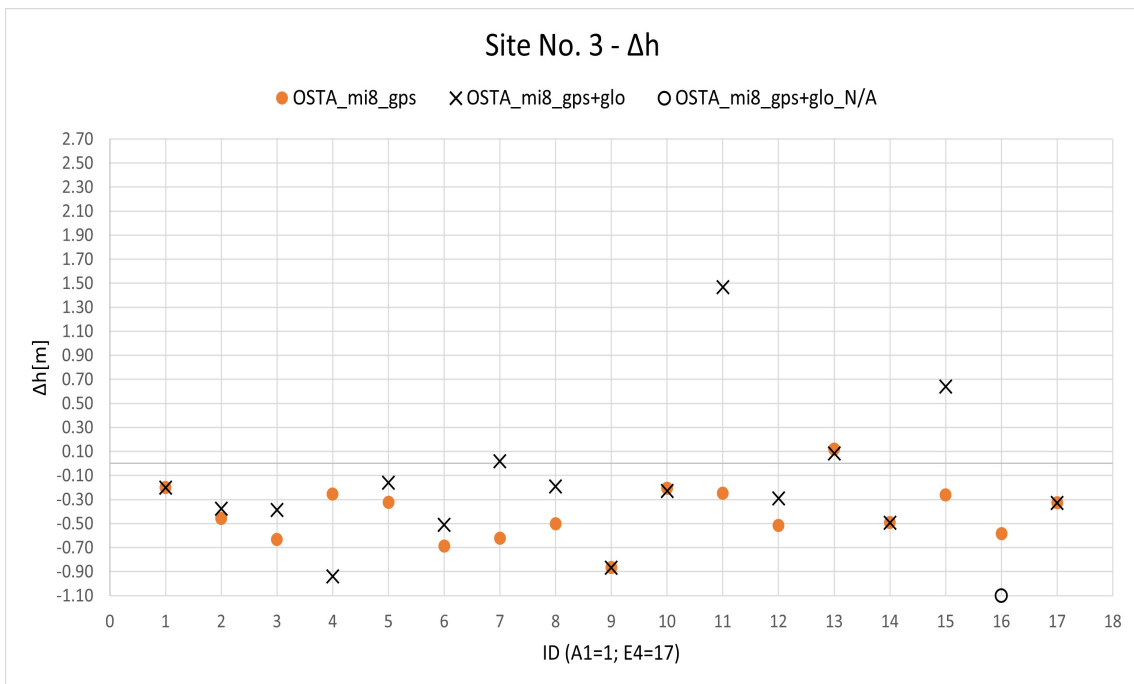


Figura 7.34: Sito di misura n.ro 3 - Confronto Δ h, OSTA-Mi8, GPS only vs. GPS+GLONASS

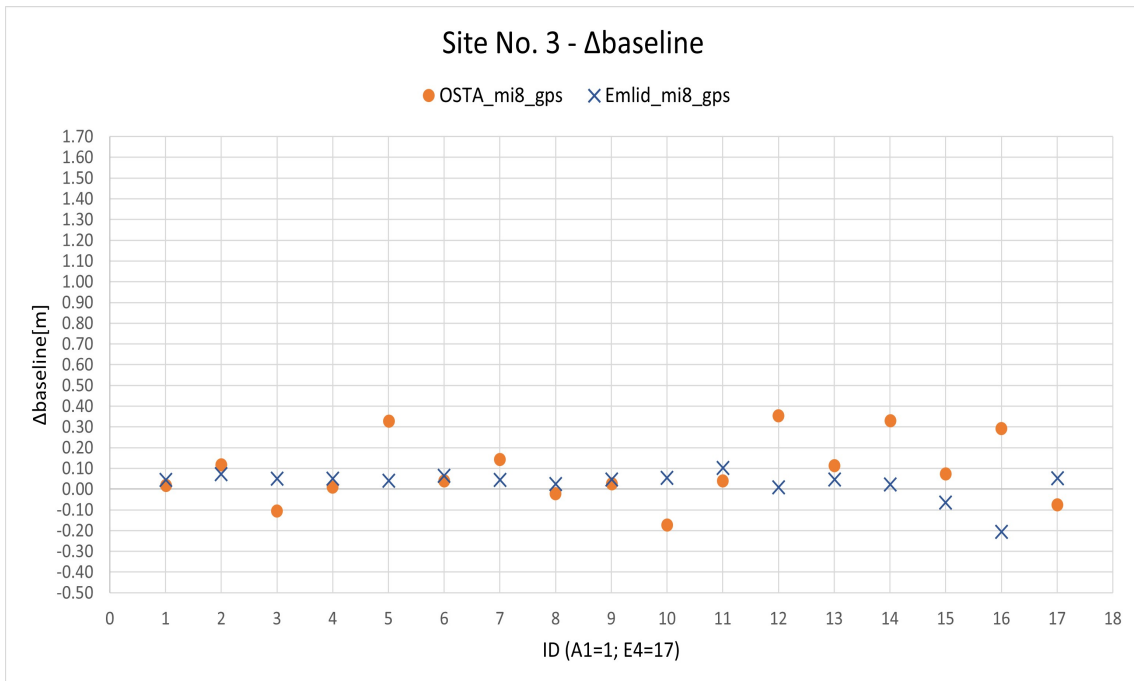


Figura 7.35: Sito di misura n.ro 3 - Confronto Δ baseline, GPS only, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

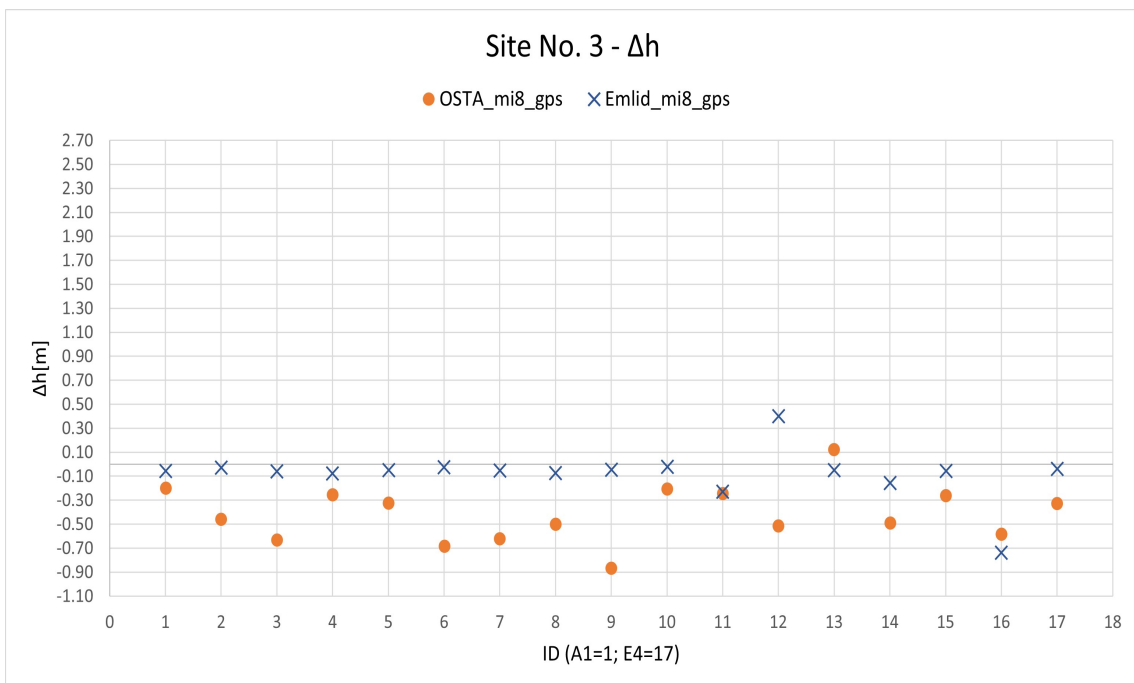


Figura 7.36: Sito di misura n.ro 3 - Confronto Δ h, GPS only, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

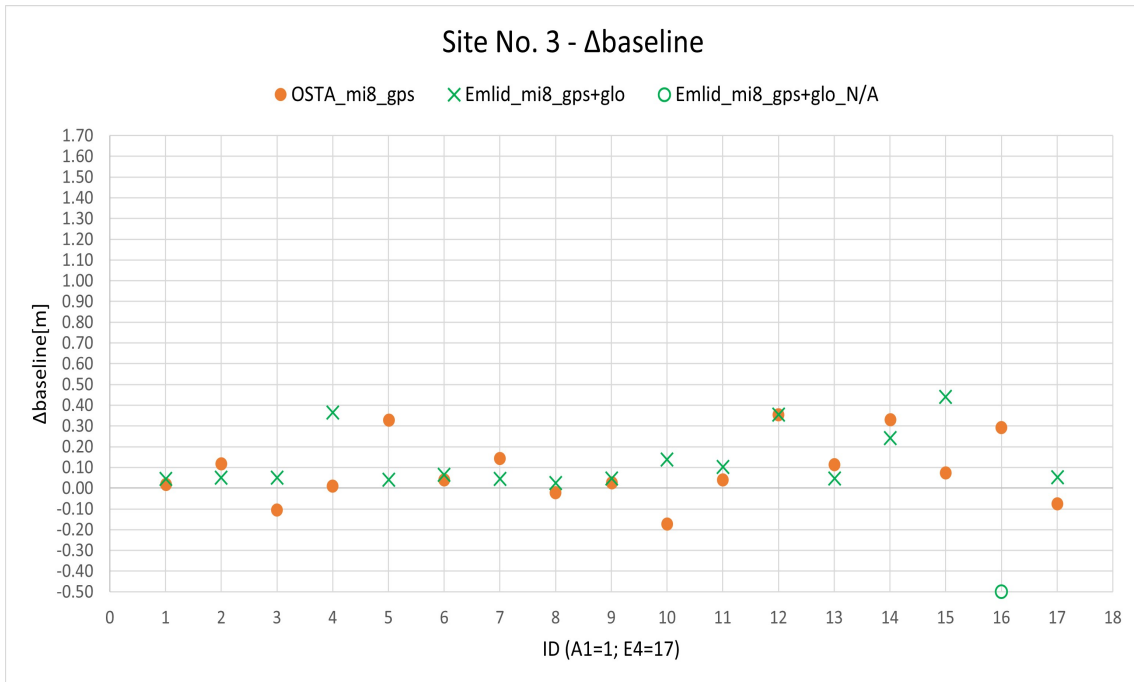


Figura 7.37: Sito di misura n.ro 3 - Confronto Δ baseline, GPS+GLONASS, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

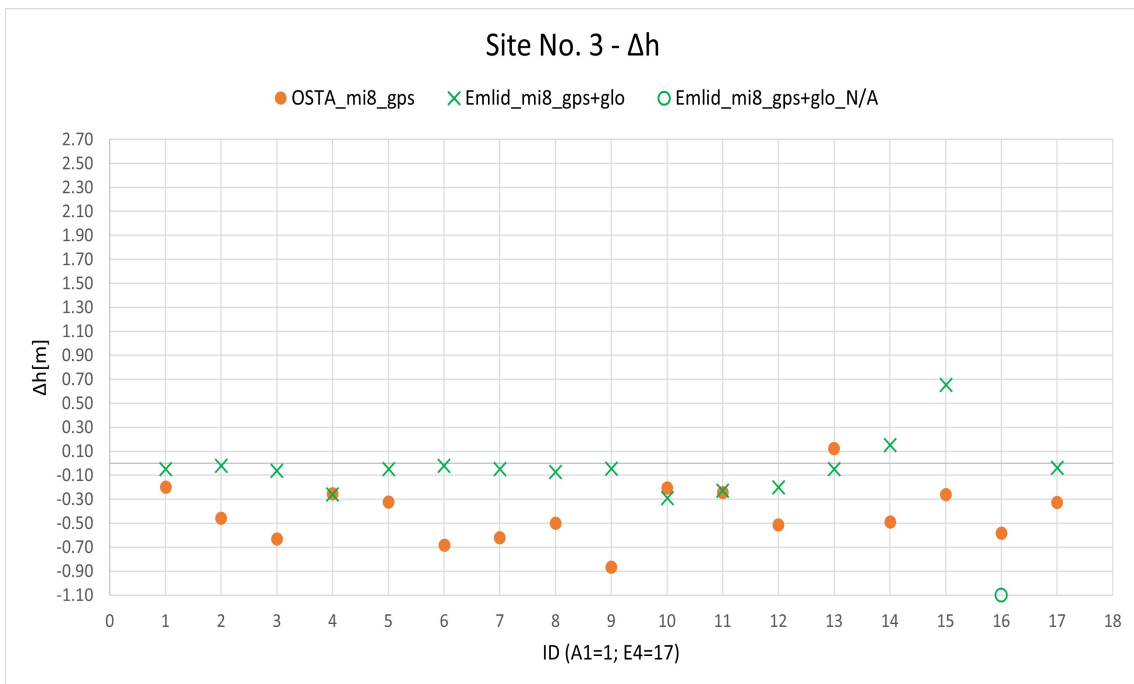


Figura 7.38: Sito di misura n.ro 3 - Confronto Δ h, GPS+GLONASS, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

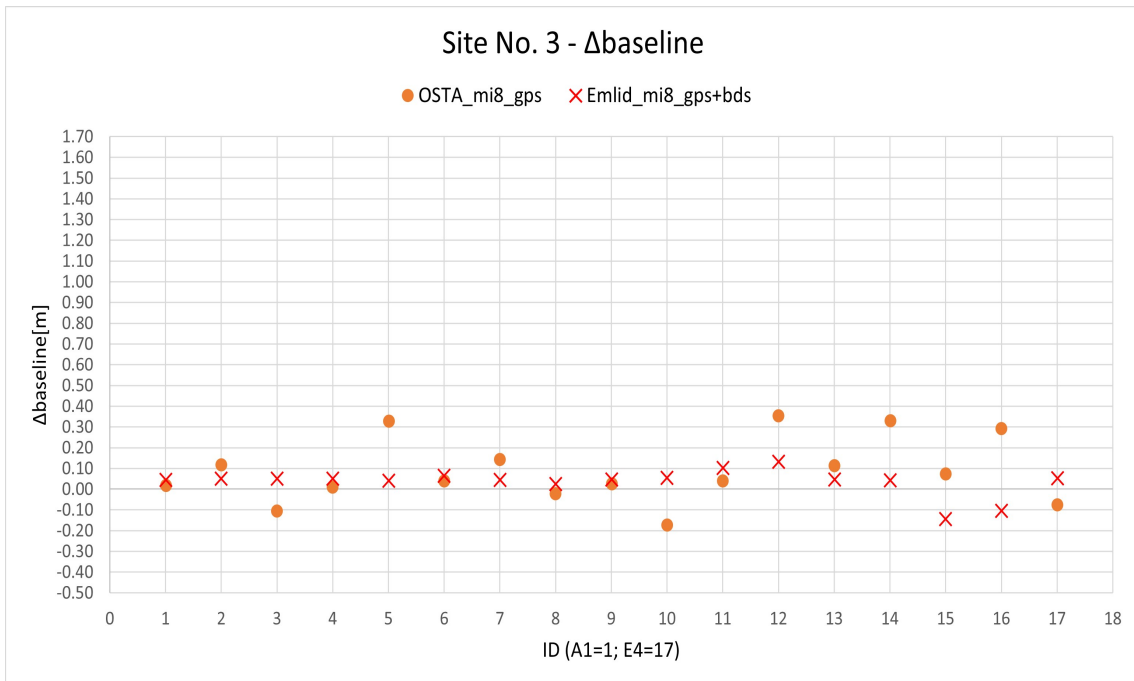


Figura 7.39: Sito di misura n.ro 3 - Confronto Δ baseline, GPS+BeiDou, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

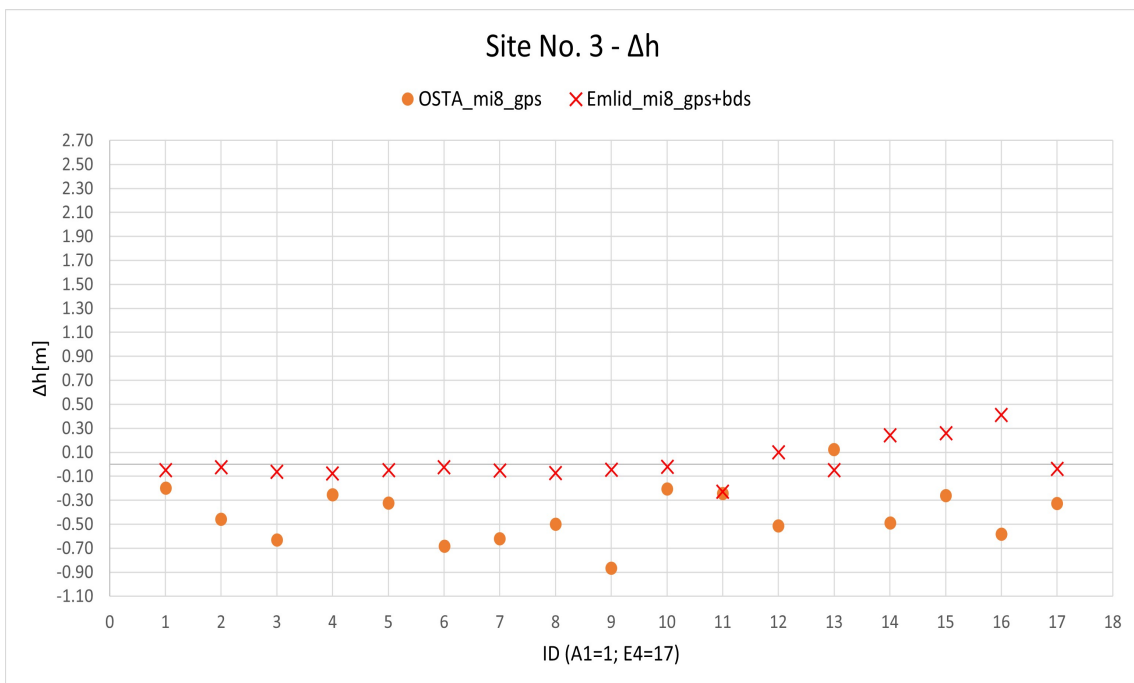


Figura 7.40: Sito di misura n.ro 3 - Confronto Δ h, GPS+BeiDou, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

7.4 Tabelle riassuntive dei risultati

In questa sezione si riportano delle tabelle riassuntive che per differenti coppie (master/rover - costellazioni satellitari impiegate) riportano, in funzione del periodo di processamento dei dati, i valori massimi e minimi assunti dai parametri di confronto tenuto conto di tutte le campagne di misura effettuate. In **Tabella 7.27** si riportano i parametri di confronto $\Delta_{\text{baseline}_1}$, Δ_{h_1} mentre in **Tabella 7.28** si riportano i parametri di confronto Δ_{baseline} e Δ_h . In quest'ultimo caso non vengono riportati i valori massimi e minimi assunti dai parametri di confronto per il periodo di processamento di 4h. Tali valori infatti risulterebbero poco significativi in quanto ottenuti a partire da un dataset di soli tre risultati per ciascuna combinazione master/rover - costellazioni satellitari impiegate.

Tabella 7.27: Valori massimi e minimi per i parametri $\Delta\text{baseline}_1$ e Δh_1 - Campagne misura n.ro 1, 2, 3

$\Delta\text{baseline}_1$	1h	1h	30'	30'	10'	10'	5'	5'
	max	min	max	min	max	min	max	min
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
OSTA-Emlid-GPS	0.073	0.001	0.065	0.000	0.131	0.000	0.156	0.002
OSTA-Emlid-GPS+GLO	0.061	0.001	0.064	0.000	0.140	0.000	0.174	0.002
OSTA-mi8-GPS	0.343	0.001	0.646	0.001	1.487	0.002	0.906	0.024
OSTA-mi8-GPS+GLO	0.092	0.001	0.749	0.000	2.012	0.006	1.259	0.006

Δh_1	1h	1h	30'	30'	10'	10'	5'	5'
	max	min	max	min	max	min	max	min
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
OSTA-Emlid-GPS	0.3708	0.0018	0.2775	0.0036	0.5672	0.0028	0.5217	0.0023
OSTA-Emlid-GPS+GLO	0.3956	0.0023	0.2646	0.0041	0.5492	0.0031	0.4036	0.0027
OSTA-mi8-GPS	0.4304	0.0002	0.6669	0.0066	1.1029	0.0071	0.4195	0.0610
OSTA-mi8-GPS+GLO	0.7364	0.0033	0.6655	0.0025	2.6338	0.0263	2.2660	0.0116

Tabella 7.28: Valori massimi e minimi per i parametri $\Delta\text{baseline}$ e Δh - Campagne misura n.ro 1, 2, 3

$\Delta\text{baseline}$	1h	1h	30'	30'	10'	10'	5'	5'
	max	min	max	min	max	min	max	min
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
OSTA-mi8-GPS	0.351	0.008	0.733	0.005	1.613	0.013	1.061	0.074
OSTA-mi8-GPS+GLO	1.528	0.002	0.733	0.003	1.064	0.003	0.460	0.007
Emlid-mi8-GPS	0.072	0.005	0.623	0.000	1.184	0.008	0.906	0.022
Emlid-mi8-GPS+GLO	0.924	0.016	0.373	0.008	1.124	0.009	1.371	0.020
Emlid-mi8-GPS+GAL	0.032	0.004	0.373	0.000	0.417	0.009	0.721	0.023
Emlid-mi8-GPS+BDS	0.054	0.005	0.373	0.000	1.163	0.009	0.906	0.028

Δh	1h	1h	30'	30'	10'	10'	5'	5'
	max	min	max	min	max	min	max	min
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
OSTA-mi8-GPS	0.6308	0.0156	0.8673	0.0050	1.0871	0.0301	0.5836	0.0604
OSTA-mi8-GPS+GLO	0.9380	0.0201	0.8671	0.0176	2.6236	0.0301	2.2586	0.0057
Emlid-mi8-GPS	0.1023	0.0005	0.5633	0.0191	0.8243	0.0056	1.0698	0.0333
Emlid-mi8-GPS+GLO	1.0872	0.0233	0.5633	0.0196	1.7452	0.0056	2.5368	0.0333
Emlid-mi8-GPS+GAL	0.0876	0.0047	0.5633	0.0023	0.3501	0.0024	0.4793	0.0333
Emlid-mi8-GPS+BDS	0.4429	0.0004	0.5738	0.0187	0.3526	0.0063	0.4106	0.0064

7.5 Analisi dei risultati

In questa sezione si discutono i risultati ottenuti mantenendo gli stessi gruppi di confronto introdotti al **Paragrafo 7.3**.

7.5.1 Combinazione master/rover n.ro 1

L'obiettivo di questa prima elaborazione è quello di determinare la posizione della base locale con la miglior precisione possibile sfruttando l'ausilio della stazione permanente più vicina. Tale posizione diviene elemento essenziale per i successivi posizionamenti relativi che prevedono l'uso dello smartphone come rover.

→ *Considerazioni sui dati acquisiti*

Analizzando i file di osservazione del ricevitore geodetico (Emlid) secondo quanto descritto al **Paragrafo 5.1**, è possibile notare una buona qualità e quantità dei dati acquisiti su tutte le frequenze decodificabili. Infatti per tutte le campagne di acquisizione il rapporto segnale (SNR) rumore risulta ben al di sopra di 35dB. Solo in maniera episodica le misure di codice o quelle di fase non vengono acquisite. Di particolare rilievo è la continuità con la quale vengono acquisiti i dati che si riflette in un numero basso di cycle slip e/o altri disturbi. Viste le precedenti considerazioni l'uso di un ricevitore geodetico permette di acquisire un elevato numero di dati completi, continui e caratterizzati in generale da bassi livelli di disturbo. Tutto questo, unitamente a tecniche di posizionamento adeguate, costituisce una buona base di partenza per ottenere risultati robusti.

Viene calcolata la baseline e la differenza in altezza ellissoidica con la stazione permanente più vicina. I valori determinati su tutte le 4h di acquisizione vengono assunti come riferimento in quanto risultano essere i valori meno affetti da variabili quali la configurazione satellitare, numero di satelliti e disturbi localizzati. Si procede calcolando le differenze in segno tra le varie realizzazioni i-esime e i valori di riferimento. Questo consente di stabilire con che robustezza e precisione possa essere definita la posizione della base locale. Al fine di poter materializzare una base locale con un buon livello affidabilità sarebbe auspicabile ottenere una oscillazione il più possibile contenuta tra la posizione determinata sulle 4h e quella determinata su intervalli temporali inferiori. Qualora gli intervalli temporali si riducano al di sotto di poche decine di minuti (<30min) la probabilità di osservare scostamenti più importanti aumenta. In tal caso la qualità dello strumento utilizzato riduce l'intervallo temporale per il quale iniziano ad osservarsi differenze non più trascurabili.

→ *Considerazioni sulle costellazioni aggiuntive a quella GPS*

Risulta evidente come, nel caso di combinazione master/rover n.ro 1, il contributo di una costellazione aggiuntiva a quella GPS risulti poco significativo. Infatti nei grafici riportati al **Paragrafo 7.3.1** la maggior parte delle realizzazioni sono sovrapposte o presentano differenze minime. Questo risulta ascrivibile al fatto che gli strumenti utilizzati in questa prima combinazione master/rover sono entrambi ricevitori professionali dalle caratteristiche e performance elevate che raccolgono un elevato numero di osservazioni per ciascuna costellazione tracciata. Il numero di osservazioni relative alla singola costellazione GPS sono sufficienti ad ottenere un livello di ridondanza tale da rendere pressoché neutrale la presenza di un'altra costellazione. In tale sede il vantaggio del posizionamento multi-costellazione può ragionevolmente essere compensato dalla buona qualità degli strumenti impiegati.

→ *Considerazioni sulla distanza dalla stazione permanente più vicina*

La vicinanza del ricevitore rover rispetto alla stazione permanente risulta essere un elemento che ha un impatto significativo sul posizionamento. La campagna di misura n.ro 1 viene effettuata ad una distanza di circa 7km in linea d'aria dalla stazione permanente più vicina. Le altre campagne di misura n.ro 2 e 3 invece sono effettuate a circa 22-23km di distanza dalla stazione permanente. Vengono dunque confrontati i risultati relativi ad una situazione più fortuita nella quale il sito di misura ricade nelle vicinanze della stazione permanente con quelli relativi ad una condizione più sfavorevole in cui la distanza con la stazione permanente inizia ad essere non trascurabile (> 15-20km).

Risulta ben visibile dai grafici come nel caso della campagna n.ro 1 l'oscillazione tra le varie realizzazioni i-esime e quella di riferimento sia minima e mai superiore ai 2cm in planimetria e ai 5cm in altimetria. Inoltre appare che tale oscillazione sia scarsamente dipendente dalla durata del periodo di acquisizione. Passando alle campagne di misura successive si può notare come una maggior distanza dalla stazione permanente porti ad un peggioramento della situazione sia sul lato planimetrico che altimetrico. Infatti, senza tener conto della durata dell'acquisizione, si hanno oscillazioni in media tra i 6-8cm in planimetria e tra i 20-25cm in altimetria. Con l'aumentare della distanza dalla stazione permanente le oscillazioni rispetto allo scostamento nullo risultano maggiori tuttavia non è possibile notare in maniera significativa un trend crescente di dispersione delle realizzazioni al diminuire del periodo di processamento. Nel caso in cui il sito di misura risulti vicino alla stazione permanente le realizzazioni risultano distribuite attorno al valore nullo. Nel caso in cui la distanza tra il sito di misura e la stazione permanente aumenti i risultati appaiono come distribuiti attorno ad un valor medio non nullo e al tempo stesso confinati in una fascia di ordinate definita. Si ritiene che tale deriva del valor medio non sia imputabile alle performance dello strumento di misura bensì ad una componente bias insita nelle misure stesse che, vista l'estensione della baseline con la stazione permanente non è possibile depurare ulteriormente mediante le tecniche di differenziazione delle equazioni alle osservazioni grezze.

In particolare, all'aumentare della distanza tra il sito di misura e la stazione permanente, lo scostamento altimetrico risulta essere più evidente rispetto a quello planimetrico. Questo si assume sia dovuto alla significativa differenza di quota tra la stazione permanente e il sito di misura che inevitabilmente comporta l'internalizzazione all'interno dei risultati di componenti bias dovute al fatto che le condizioni ambientali presso la stazione permanente e presso il sito di misura possano differire per temperatura, umidità, concentrazione di inquinanti (ritardo troposferico), irraggiamento solare (ritardo ionosferico), presenza di campi elettromagnetici con conseguenti disturbi del segnale, presenza di ostacoli fissi, ecc.

7.5.2 Combinazione master/rover n.ro 1 vs. Combinazione master/rover n.ro 2

In questa sezione si vuole mettere in rilievo la differenza di affidabilità attraverso la quale è possibile effettuare la materializzazione di una base locale sfruttando una stazione permanente come master e due strumenti differenti come rover. Nel primo caso il rover è rappresentato da un ricevitore geodetico professionale a costo contenuto mentre nel secondo caso il rover diviene uno smartphone equipaggiato con un sensore low-cost. L'ipotesi di partenza è che la stima della base locale mediante stazione permanente + ricevitore geodetico risulti più affidabile rispetto a quanto si potrebbe ottenere sfruttando uno smartphone come rover.

→ *Considerazioni sui dati acquisiti*

Una prima forte differenza della combinazione master/rover n.ro 2 rispetto alla n.ro 1 si può evincere già dalla sola analisi dei file di osservazione. L'acquisizione dei dati da parte di un sensore non professionale low-cost risulta molto più frammentata ed in generale più disturbata. Infatti cresce in modo significativo il numero delle misure di codice e/o di fase che non vengono acquisite. Si nota altresì la sproporzione con la quale le misure vengono acquisite su una frequenza piuttosto che sulle altre. Le osservazioni sulla seconda frequenza, ove questa sia decodificabile, infatti risultano rare e circoscrivibili ad un numero limitato di satelliti di una data costellazione. Il rapporto segnale rumore è in molti casi inferiore ai 35dB e dunque la qualità dei dati acquisiti in generale si abbassa. La continuità nel tracciamento dei satelliti diviene un evento non frequente con incremento significativo del numero di cycle slip e dei disturbi che interrompono la ricezione del segnale. A testimonianza di ciò con tale combinazione master/rover durante la campagna di misura n.ro 2 per alcuni processamenti non è stato possibile ottenere in output alcun risultato.

→ *Considerazioni sulle costellazioni aggiuntive a quella GPS*

Come si può evincere dai grafici riportati al **Paragrafo 7.3.2** anche nel caso master/rover n.ro 2 il contributo di una costellazione aggiuntiva al GPS risulta nuovamente poco significativo. Rispetto al caso master/rover n.ro 1, nonostante le osservazioni GPS costituiscano in ogni caso la maggior parte delle osservazioni acquisite, il motivo dello scarso contributo delle costellazioni aggiuntive non

è da ritrovarsi nella ridondanza delle osservazioni GPS. Infatti la frammentarietà delle osservazioni acquisite dallo smartphone limita il numero di equazioni alle osservazioni grezze che possono essere scritte per ciascuna epoca di misura. Questo porta ad una qualità inferiore dei risultati nonché ad un processo di stima meno robusto.

In aggiunta, in fase di post-processamento, viene posto un filtro che esclude le osservazioni con $SNR < 35dB$ poichè molto disturbate. Questo acuisce ulteriormente il problema precedentemente descritto in quanto riduce ancor di più il numero di osservazioni disponibili. Per questi motivi in tale contesto lo scarso contributo delle costellazioni aggiuntive rispetto a quella GPS è dovuto al numero esiguo di osservazioni valide relative alle altre costellazioni. Queste infatti sono in generale caratterizzate da elevati disturbi, basso numero di satelliti tracciati e poco continuative in termini temporali. Dunque per la combinazione master/rover n.ro 2 non vi è sostanziale differenza nell'effettuare un posizionamento mono o multi-costellazione in quanto la quantità e la qualità delle osservazioni relative ad una costellazione aggiuntiva non sono sempre tali da generare una modifica sostanziale dei risultati del processamento. In particolare nel caso di post-processamento con stazione permanente, per quanto riportato al **Paragrafo 2.2**, si possono analizzare i soli casi GPS e GPS+GLONASS ed è possibile osservare come l'utilizzo combinato di una costellazione CDMA e FDMA non sempre comporti un miglioramento dei risultati. E' stato infatti necessario, al fine di ottenere soluzioni ragionevoli, non considerare il fissaggio dell'ambiguità GLONASS (**Paragrafo 5.3**). Nonostante questo accorgimento la materializzazione della base locale sfruttando un sensore low-cost in abbinamento con una stazione permanente nel caso dell'aggiunta della costellazione GLONASS non comporta nella maggioranza dei casi un effetto pressoché neutrale come nel caso master/rover n.ro 1. Infatti, con una frequenza non trascurabile, si osserva un incremento della dispersione delle realizzazioni rispetto al caso GPS only. In aggiunta tale incremento di dispersione non mostra una tendenza a crescere sistematicamente con la riduzione del periodo di processamento, dunque oscillazioni non trascurabili possono essere riscontrate anche su periodi di processamento normalmente ritenuti sufficienti ad assorbire tale variabilità.

→ *Considerazioni sulla distanza dalla stazione permanente più vicina*

Nel caso della combinazione master/rover n.ro 1 il crescere della distanza della stazione permanente dal sito di misura causa una deriva del valor medio attorno al quale si osservano delle fluttuazioni ascrivibili ad una componente bias insita nelle misure. Nel caso della combinazione master/rover n.ro 2 invece la deriva del valor medio non risulta facilmente apprezzabile in quanto i valori risultano più dispersi. Per rafforzare tale concetto la maggioranza delle realizzazioni master/rover n.ro 1 globalmente risulta approssimare la soluzione corretta o per eccesso o per difetto denotando una certa sistematicità nel processo di stima. Al contrario, per la combinazione master/rover n.ro 2, la soluzione viene approssimata alternativamente per eccesso/difetto richiamando un carattere maggiormente aleatorio. Inoltre tale variabilità non tende a manifestarsi solo ed esclusivamente per tempi di processamento brevi (<30min). Questo aspetto in particolare risulta essere di rilievo perché renderebbe le campagne di misura in ambiente non convenzionale effettuate con tale procedura difficili da pianificare in relazione alle precisioni che si vogliono ottenere. Per questi motivi la distanza dalla stazione permanente più vicina risulta avere un ruolo nel determinare la presenza di una quota bias. La maggiore dispersione tuttavia è da ricercarsi più che nella distanza dalla stazione permanente più vicina nella qualità dello strumento che, non essendo professionale, non può garantire ad oggi le stesse performance di un ricevitore geodetico professionale, seppur a basso costo.

7.5.3 Combinazione master/rover n.ro 2 vs. Combinazione master/rover n.ro 3

In tale sede a differenza del caso precedente la combinazione master/rover n.ro 2 non viene utilizzata al fine di determinare una baseline tra lo smartphone e una stazione permanente bensì tra lo smartphone e una base locale virtuale le cui coordinate sono state stimate in precedenza. Tuttavia le stesse criticità individuate al **Paragrafo 7.5.2** per la combinazione master/rover n.ro 2 permangono anche nel caso corrente in quanto l'unica differenza rispetto al caso precedente è il punto a partire dal quale si misura la baseline di interesse. Gli output relativi al posizionamento del rover sono i medesimi in ambedue i casi. Quindi permane la presenza di oscillazioni delle varie realizzazioni i-esime attorno al valore di scostamento nullo. In accordo con le tabelle riportate al **Paragrafo 7.4**, per il caso master/rover n.ro 2 - GPS only - processamento >30min tali oscillazioni arrivano a poche decine di centimetri in planimetria passando sino a 60-80cm in altimetria. Per processamenti più brevi di 30min in generale si arriva a precisioni metriche sia in planimetria che in altimetria.

→ *Considerazioni sull'utilizzo di una differente combinazione master/rover*

Un possibile miglioramento della configurazione master/rover n.ro 2 per la stima della baseline tra gli strumenti di misura necessita di una procedura di misura che limiti la dispersione delle varie realizzazioni citata in precedenza. Questo risulta importante non solamente per periodi di acquisizione brevi in quanto è possibile osservare scostamenti non trascurabili anche per periodi di processamento ≥ 30 min. L'obiettivo è quello di contenere le variazioni attorno al valore medio delle varie realizzazioni all'interno di una fascia di ordinate più ristretta. Attraverso l'utilizzo della combinazione master/rover n.ro 3 si verifica se tale obiettivo sia realizzabile e in che misura. La terza configurazione fa uso del ricevitore geodetico come stazione master con coordinate note e stimate con la combinazione master/rover n.ro 1 mentre lo smartphone continua a ricoprire il ruolo di rover.

Mediante tale configurazione anche solo effettuando un posizionamento GPS only è possibile notare, considerando quanto riportato al **Paragrafo 7.4**, una generale riduzione dei valori dei parametri Δ baseline e Δ h. In particolare è possibile notare come i miglioramenti più significativi in termini di accuratezza raggiunta si abbiano per periodi di processamento ≥ 1 h. Rispetto al caso master/rover n.ro 2 i massimi scostamenti planimetrici e altimetrici passano dalle decine di centimetri attestandosi su valori \leq di 10cm. L'accuratezza planimetrica risulta sempre maggiore rispetto a quella altimetrica. Anche per periodi di processamento ≤ 10 min si osservano miglioramenti significativi, tuttavia le accuratezze raggiunte rimangono in generale di ordine metrico. Per quanto riguarda l'aumento della robustezza passando dal caso master/rover n.ro 2 a quello master/rover n.ro 3 si valutano i valori del ratio disponibili al **Paragrafo 7.2**. In generale non sembra possibile individuare una combinazione tra le due che garantisca un netto incremento di robustezza dei risultati rispetto all'altra. Piuttosto la robustezza risulta essere legata alla qualità dei dati grezzi acquisiti a loro volta funzione delle caratteristiche e performance dello strumento impiegato.

→ *Considerazioni sulla natura delle costellazioni aggiuntive a quella GPS*

In questo contesto risulta evidente, consultando i grafici riportati al **Paragrafo 7.3.3**, come l'uso di un posizionamento multi-costellazione conferisca nella maggior parte dei casi una maggiore stabilità della soluzione rispetto al caso GPS only. In molti casi infatti è possibile ridurre quella che è l'ampiezza delle oscillazioni rispetto al valore nullo corrispondente alla stima corretta. Tuttavia la natura CDMA/FDMA della costellazione aggiuntiva rispetto a quella GPS risulta avere un ruolo non trascurabile. I miglioramenti più significativi si hanno mediante l'aggiunta di una seconda costellazione del tipo CDMA mentre non è possibile escludere che l'uso aggiuntivo di una costellazione FDMA possa portare ad un incremento della dispersione dei risultati e del numero di realizzazioni anomale rispetto al trend medio. A tal proposito è possibile verificare nelle tabelle al **Paragrafo 7.4** come nella maggior parte dei casi i massimi scostamenti piano/altimetrici per il caso master/rover n.ro 3 siano quelli relativi al caso GPS+GLONASS. L'utilizzo di costellazioni aggiuntive CDMA per processamenti ≥ 1 h porta al raggiungimento di accuratezze centimetriche in planimetria e nell'ordine della decina di cm in altimetria.

E' utile ricordare che nella campagna n.ro 2 alcune realizzazioni non risultano disponibili per alcune configurazioni. In tali casi è importante sottolineare come l'aggiunta di osservazioni derivanti da costellazioni aggiuntive renda nuovamente disponibili, seppur in numero limitato, i processamenti che nelle altre configurazioni non erano disponibili.

Capitolo 8

Ripetibilità dei risultati al variare delle campagne di misura

8.1 Finalità

Una ulteriore campagna di misura di controllo si rende necessaria al fine di verificare la ripetibilità del processo di misurazione adottato. L'obiettivo principale è dunque confermare i trend e gli ordini di grandezza dei risultati riscontrati per le campagne di misura precedenti.

8.2 Modalità operative

La campagna di misura di controllo è stata effettuata presso il medesimo sito di misura della campagna n.ro 2. Potendo usufruire di soli elementi naturali come base di appoggio per gli strumenti, gli stessi sono stati riposizionati con la massima cura affinché potessero risultare nella stessa posizione documentata per la campagna di misura n.ro 2. Particolare attenzione è stata posta alla posizione reciproca tra i due strumenti che sono stati riposizionati in modo da mantenere inalterata la baseline rispetto a quella misurata per la campagna di misura n.ro 2. Questo consente di poter confrontare i risultati tra le campagne di misura n.ro 1, 2 e 3 con la campagna di misura di controllo. La durata di tale sessione di acquisizione è pari a 1.20h. La campagna di acquisizione in questione risulta più breve rispetto alle acquisizioni precedenti (4h). A tale proposito risulta utile, considerando quanto riportato al **Paragrafo 7.3**, osservare quanto segue:

- Per quanto riguarda la materializzazione della base locale con combinazione OSTA-Emlid lo scostamento planimetrico rispetto alla baseline con la stazione permanente di riferimento non risente in modo significativo della riduzione del periodo di processamento mentre la differenza in altimetria mostra una sensibilità maggiore rispetto alla riduzione del periodo di processamento;
- Mediante la configurazione OSTA-Mi8 si nota una maggiore dipendenza dei risultati dal periodo di processamento. Le variazioni plano/altimetriche sono più evidenti al ridursi del periodo di processamento sia nel caso di stima della baseline con la stazione permanente che nel caso della stima della baseline tra gli strumenti;
- L'ordine di grandezza della differenza tra la baseline stimata e quella misurata viene in media mantenuto nel passaggio da un processamento 4h ad un processamento 1h per il caso Emlid-Mi8;

In definitiva la combinazione che più risente della riduzione del tempo di processamento è quella OSTA-Mi8. Tuttavia, in accordo con gli obiettivi espressi al **Capitolo 2**, tale configurazione risulta essere assunta come quella meno efficace al fine di ottenere un posizionamento di precisione motivo per cui:

→ Le coordinate della base locale adottate per ulteriori sviluppi sono quelle relative alla combinazione OSTA-Emlid;

→ Si vuole valutare la possibilità di migliorare la stima della baseline tra gli strumenti ottenuta mediante OSTA-Mi8 adottando, in sostituzione, la combinazione Emlid-Mi8.

Per questi motivi si ritiene che il controllo più determinante circa la ripetibilità del processo di misura sia quello relativo alla baseline tra gli strumenti in termini di differenza tra baseline stimata e quella misurata. La stima della base locale e sua affidabilità risulta infatti un passaggio intermedio mentre la stima della baseline tra gli strumenti il risultato finale di tutto il processo di analisi. Per questi motivi è possibile affermare che campagne di misura di controllo della durata di almeno 1h, a fronte di campagne di misura precedenti di maggior durata, risultino comunque efficaci per poter effettuare delle valutazioni circa la ripetibilità del processo di misura nonché la coerenza degli ordini di grandezza dei risultati.

Inoltre, tenuto conto di quelle che sono le finalità espresse al **Paragrafo 8.1**, i processamenti vengono effettuati per il solo caso GPS only. Questo consente di snellire il processo di controllo e verifica della ripetibilità delle misure senza comportare la perdita di generalità in quanto, consultando il **Paragrafo 7.3**, è possibile osservare che:

- Nel caso del set di processamenti OSTA-Emlid il contributo aggiuntivo della costellazione GLONASS risulta per la maggior parte dei casi trascurabile;
- Nel caso del set di processamenti OSTA-Mi8 il contributo aggiuntivo della costellazione GLONASS comporta in generale un peggioramento, anche significativo, dei risultati ottenuti;
- Nel caso del set di processamenti Emlid-Mi8 il contributo aggiuntivo delle costellazioni FDMA porta a situazioni in molti casi peggiori rispetto ad un processamento GPS only. Il contributo aggiuntivo delle costellazioni CDMA porta in generale ad un miglioramento rispetto al caso GPS only, tuttavia l'ordine di grandezza delle realizzazioni rimane inalterato.

8.3 Note riassuntive sulla campagna di misura

Nella **Tabella 8.1** vengono ricapitolate alcune informazioni relative alla campagna di misura di controllo

Tabella 8.1: Note campagna di misura di controllo

Campagna di misura di controllo	Pian dell'Alpet
Data	21/07/2021
Modalità di acquisizione	Statica
Ora di inizio acquisizione [GPST]	12:34:00
Ora di fine acquisizione [GPST]	13:54:00
Durata campagna	1.20h
Baseline tra gli strumenti	47cm circa
Condizioni meteo	Cielo coperto, nuvole basse con nebbia fitta a tratti

Si precisa come gli orari e la durata siano relativi al solo periodo di processamento dei dati. Infatti la durata effettiva dell'acquisizione risulta maggiore rispetto di 1.20h, in particolare l'acquisizione è incominciata con qualche minuto di anticipo ed è terminata qualche minuto dopo. Le 1.20h sulle quali viene effettuato il processamento vengono ritagliate all'interno di tale periodo di acquisizione.

In **Figura 8.1** e **Figura 8.2** si contestualizza il sito di misura nell'ambiente circostante.



Figura 8.1: Collocazione sito di misura nell'ambiente circostante - Vista Nord-Est



Figura 8.2: Collocazione sito di misura nell'ambiente circostante - Vista Nord-Ovest

8.4 Tabelle dei risultati

Tabella 8.2: Campagna misura di controllo, OSTA - Emlid, GPS only, Output processamento/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
B1	1h	4970813.708	346942.593	2297.7447	1	42.4
B2	1h	4970813.711	346942.602	2297.7519	1	3.0
C1	30'	4970813.707	346942.599	2297.7454	1	3.0
C2	30'	4970813.727	346942.595	2297.7617	1	18.0
D1	10'	4970813.698	346942.587	2297.7524	1	54.5
D2	10'	4970813.703	346942.593	2297.7602	1	3.4
D3	10'	4970813.733	346942.590	2297.7551	1	131.1
D4	10'	4970813.837	346942.641	2297.3231	2	1.3
E1	5'	4970813.701	346942.584	2297.7491	1	3.9
E2	5'	4970813.721	346942.607	2297.7372	1	4.8
E3	5'	4970813.735	346942.586	2297.7627	1	29.6
E4	5'	4970813.852	346942.715	2297.3432	2	1.2

*Gli output del processamento nella tabella soprastante vengono riportati in forma sintetica, le tabelle dei risultati estesi sono riportate in **Appendice**.*

ID	h_corr [m]	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
B1	2297.6107	20443.4710	-9508.5480	22546.5738	988.1816	0.000	0.0000
B2	2297.6179	20443.4740	-9508.5390	22546.5728	988.1888	-0.001	0.0072
C1	2297.6114	20443.4700	-9508.5420	22546.5704	988.1823	-0.003	0.0007
C2	2297.6277	20443.4900	-9508.5460	22546.5902	988.1986	0.016	0.0170
D1	2297.6184	20443.4610	-9508.5540	22546.5673	988.1893	-0.007	0.0077
D2	2297.6262	20443.4660	-9508.5480	22546.5693	988.1971	-0.005	0.0155
D3	2297.6211	20443.4960	-9508.5510	22546.5978	988.1920	0.024	0.0104
D4	2297.1891	20443.6000	-9508.5000	22546.6706	987.7600	0.097	-0.4216
E1	2297.6151	20443.4640	-9508.5570	22546.5713	988.1860	-0.003	0.0044
E2	2297.6032	20443.4840	-9508.5340	22546.5797	988.1741	0.006	-0.0075
E3	2297.6287	20443.4980	-9508.5550	22546.6013	988.1996	0.027	0.0180
E4	2297.2092	20443.6150	-9508.4260	22546.6530	987.7801	0.079	-0.4015

Tabella 8.3: Campagna misura di controllo, OSTA - Mi-8, GPS only, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
B1	1h	4970814.128	346942.574	2297.7153	1	314.0
B2	1h	4970814.132	346942.570	2297.7164	1	7.0
C1	30'	4970814.131	346942.576	2297.7166	1	999.9
C2	30'	4970814.160	346942.544	2297.7211	1	47.7
D1	10'	4970814.825	346943.311	2297.3075	1	3.5
D2	10'	4970814.151	346942.605	2297.6226	1	3.1
D3	10'	4970813.739	346942.738	2298.7070	1	999.9
D4	10'	4970814.582	346943.350	2296.7627	1	5.6
E1	5'	4970814.221	346942.901	2297.9892	1	3.5
E2	5'	4970813.893	346942.392	2298.2675	2	2.6
E3	5'	4970814.886	346944.792	2297.7248	2	1.1
E4	5'	4970813.804	346941.746	2298.4559	1	3.3

*Gli output del processamento nella tabella soprastante vengono riportati in forma sintetica, le tabelle dei risultati estesi sono riportate in **Appendice**.*

ID	ΔN_{ps} [m]	ΔE_{ps} [m]	baseline_ plan,ps[m]	Δh_{ps} [m]	$\Delta baseline_1$ [m]	Δh_1 [m]
B1	20443.8910	-9508.5670	22546.9627	988.2862	0.000	0.0000
B2	20443.8950	-9508.5710	22546.9680	988.2873	0.005	0.0011
C1	20443.8940	-9508.5650	22546.9645	988.2875	0.002	0.0013
C2	20443.9230	-9508.5970	22547.0043	988.2920	0.042	0.0058
D1	20444.5880	-9507.8300	22547.2839	987.8784	0.321	-0.4078
D2	20443.9140	-9508.5360	22546.9705	988.1935	0.008	-0.0927
D3	20443.5020	-9508.4030	22546.5408	989.2779	-0.422	0.9917
D4	20444.3450	-9507.7910	22547.0471	987.3336	0.084	-0.9526
E1	20443.9840	-9508.2400	22546.9091	988.5601	-0.054	0.2739
E2	20443.6560	-9508.7490	22546.8263	988.8384	-0.136	0.5522
E3	20444.6490	-9506.3490	22546.7147	988.2957	-0.248	0.0095
E4	20443.5670	-9509.3950	22547.0181	989.0268	0.055	0.7406

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m] (ref=0.47m)	Δ baseline[m]	Δh [m]
B1	0.420	-0.019	0.420	-0.050	0.1046
B2	0.424	-0.023	0.425	-0.045	0.1057
C1	0.423	-0.017	0.423	-0.047	0.1059
C2	0.452	-0.049	0.455	-0.015	0.1104
D1	1.117	0.718	1.328	0.858	-0.3032
D2	0.443	0.012	0.443	-0.027	0.0119
D3	0.031	0.145	0.148	-0.322	1.0963
D4	0.874	0.757	1.156	0.686	-0.8480
E1	0.513	0.308	0.598	0.128	0.3785
E2	0.185	-0.201	0.273	-0.197	0.6568
E3	1.178	2.199	2.495	2.025	0.1141
E4	0.096	-0.847	0.852	0.382	0.8452

Tabella 8.4: Campagna misura di controllo, Emlid - Mi-8, GPS only, Output processing/Elaborazione risultati

ID	Duration	Nord[m]	Est[m]	h[m]	Q	Ratio
B1	1h	4970814.144	346942.569	2297.6192	1	713.1
B2	1h	4970814.146	346942.173	2297.2703	1	3.0
C1	30'	4970814.141	346942.175	2297.2848	1	28.8
C2	30'	4970814.136	346942.576	2297.6187	1	262.5
D1	10'	4970814.108	346942.204	2297.2724	1	816.0
D2	10'	4970814.145	346942.573	2297.5912	1	3.0
D3	10'	4970813.755	346941.865	2298.0552	1	3.0
D4	10'	4970814.130	346942.583	2297.6073	1	3.2
E1	5'	4970814.099	346942.216	2297.2742	1	999.9
E2	5'	4970814.146	346942.549	2297.6693	1	6.8
E3	5'	4970814.123	346943.044	2297.8304	1	3.0
E4	5'	4970813.224	346941.483	2298.5658	1	3.6

*Gli output del processamento nella tabella soprastante vengono riportati in forma sintetica, le tabelle dei risultati estesi sono riportate in **Appendice**.*

ID	ΔN [m]	ΔE [m]	baseline_plan[m]	Δ baseline[m]	Δh [m]
(ref=0.47m)					
B1	0.436	-0.024	0.437	-0.033	0.0085
B2	0.438	-0.420	0.607	0.137	-0.3404
C1	0.433	-0.418	0.602	0.132	-0.3259
C2	0.428	-0.017	0.428	-0.042	0.0080
D1	0.400	-0.389	0.558	0.088	-0.3383
D2	0.437	-0.020	0.437	-0.033	-0.0195
D3	0.047	-0.728	0.730	0.260	0.4445
D4	0.422	-0.010	0.422	-0.048	-0.0034
E1	0.391	-0.377	0.543	0.073	-0.3365
E2	0.438	-0.044	0.440	-0.030	0.0586
E3	0.415	0.451	0.613	0.143	0.2197
E4	-0.484	-1.110	1.211	0.741	0.9551

8.5 Grafici dei risultati

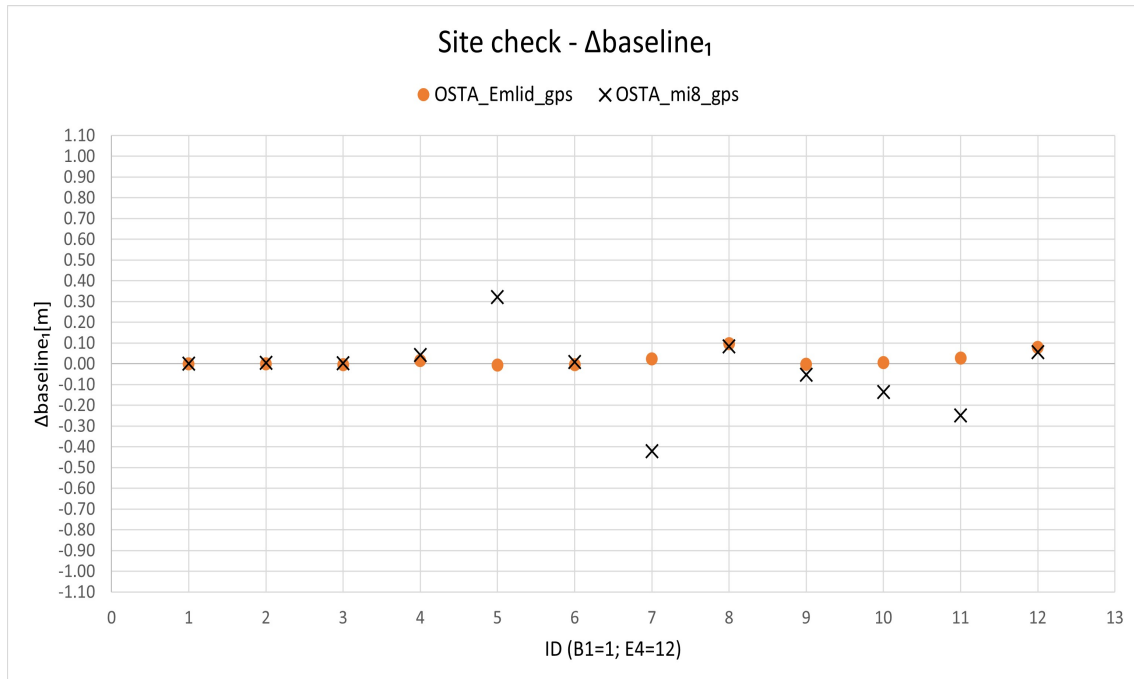


Figura 8.3: Sito di misura di controllo - Confronto $\Delta baseline_1$, GPS only, OSTA-Emlid vs. OSTA-Mi8

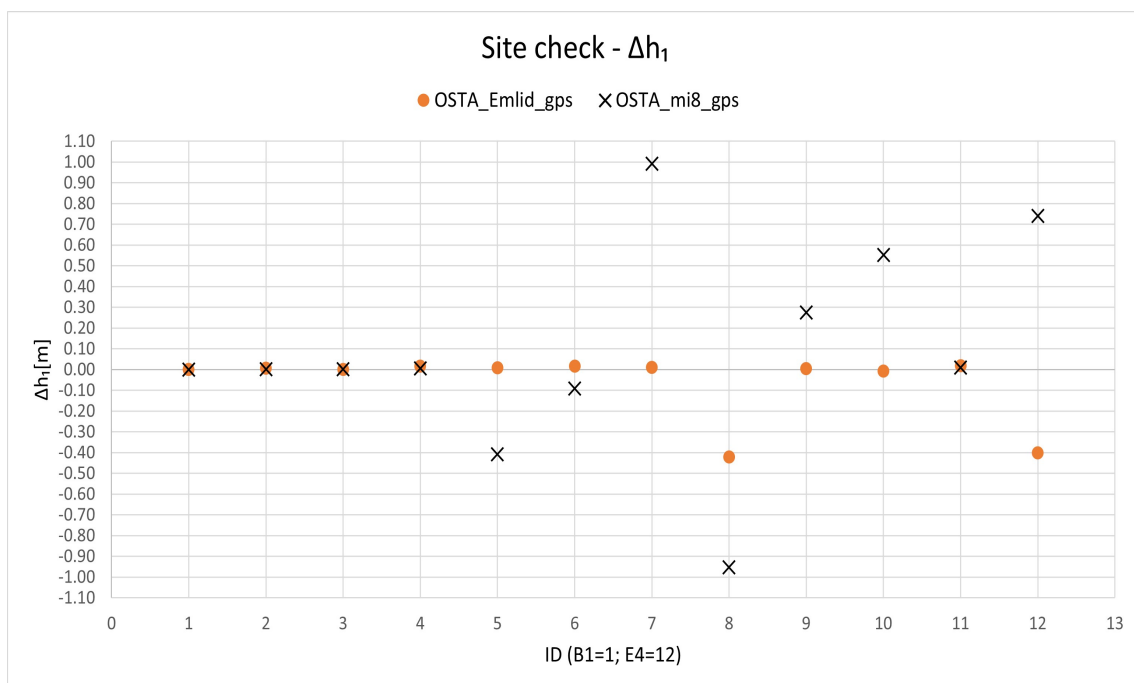


Figura 8.4: Sito di misura di controllo - Confronto Δh_1 , GPS only, OSTA-Emlid vs. OSTA-Mi8

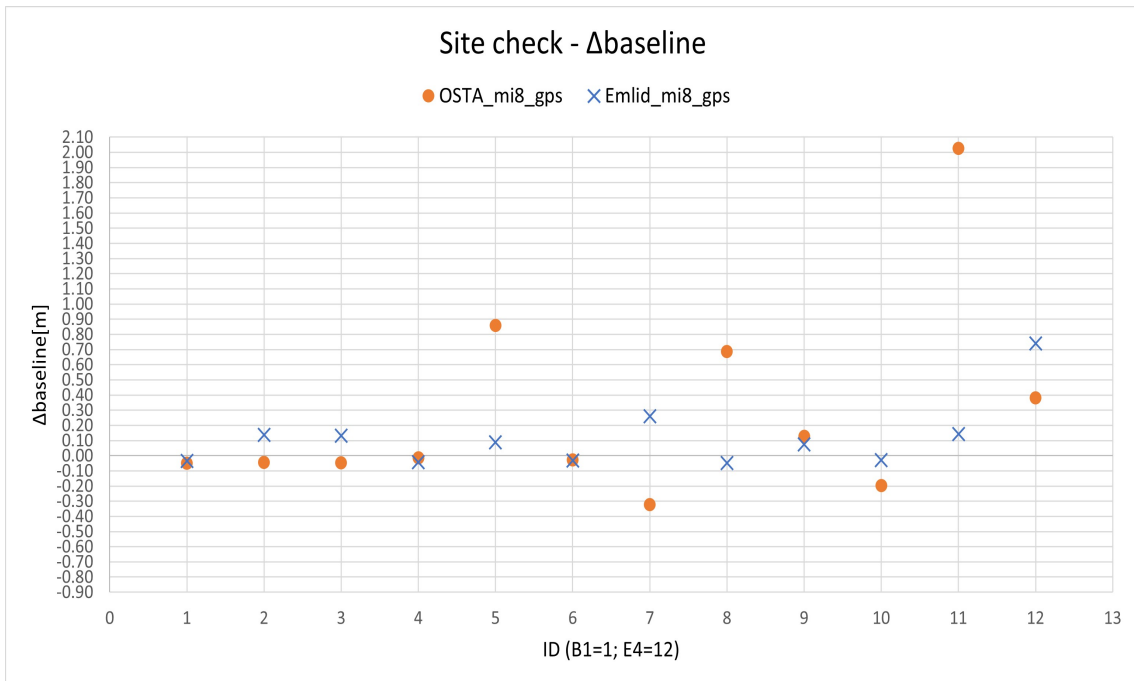


Figura 8.5: Sito di misura di controllo - Confronto Δ baseline, GPS only, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

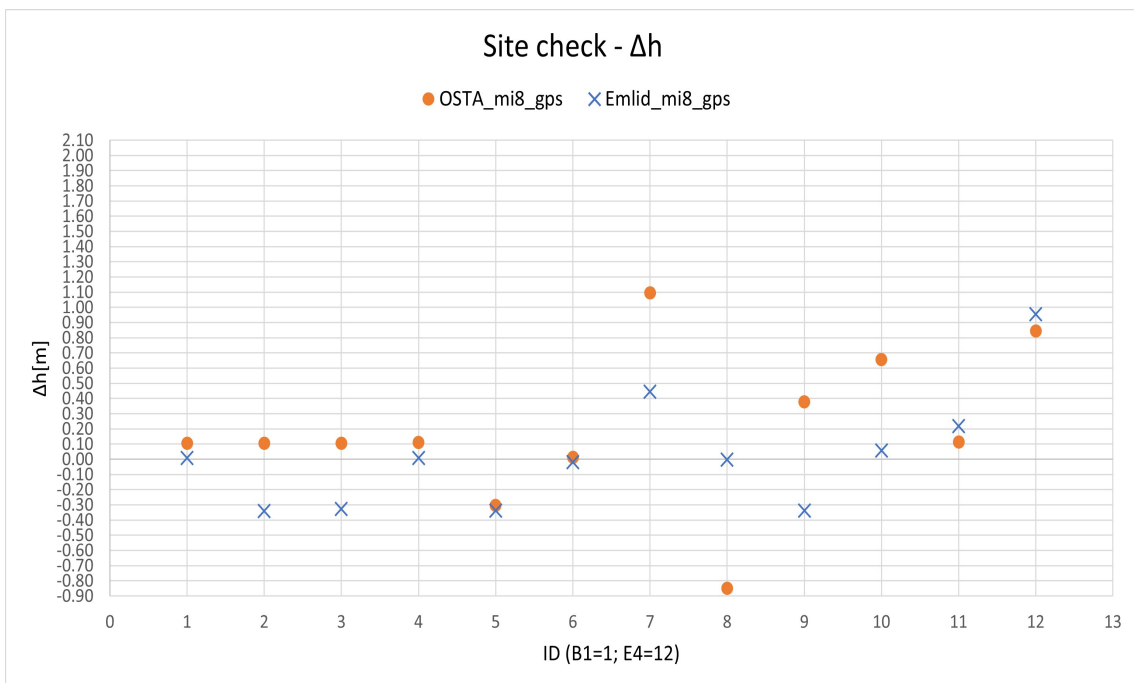


Figura 8.6: Sito di misura di controllo - Confronto Δ h, GPS only, OSTA-Mi8 vs. Emlid-Mi8

8.6 Tabelle riassuntive dei risultati

In **Tabella 8.5** si riportano i parametri di confronto $\Delta_{baseline_1}$, Δ_{h_1} mentre in **Tabella 8.6** si riportano i parametri di confronto $\Delta_{baseline}$ e Δ_h . In quest'ultimo caso, a differenza di quanto adottato al **Paragrafo 7.4** per il periodo di processamento più esteso della campagna i-esima, si ritiene utile riportare anche i valori massimi e minimi assunti dai parametri di confronto per il periodo di processamento di 1h. Tali valori derivano da un dataset di due soli risultati per ciascuna combinazione master/rover tuttavia, in tale sede, risultano comunque significativi. Infatti, come già introdotto al **Paragrafo 8.1**, gli obiettivi delle campagne di misura n.ro 1, 2 e 3 sono differenti da quelli della campagna di misura di controllo. Con la campagna di misura di controllo si vuole verificare se attraverso una ulteriore campagna di misura sia possibile ottenere i medesimi ordini di grandezza dei risultati ottenuti nelle campagne di misura n.ro 1, 2 e 3 verificando così la ripetibilità del processo di misura adottato.

Tabella 8.5: Valori massimi e minimi per i parametri $\Delta_{baseline_1}$ e Δ_{h_1} - Campagna misura di controllo

$\Delta_{baseline_1}^*$	30'	30'	10'	10'	5'	5'
	max	min	max	min	max	min
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
OSTA-Emlid-GPS	0.016	0.003	0.097	0.005	0.079	0.003
OSTA-mi8-GPS	0.042	0.002	0.422	0.008	0.248	0.054

$\Delta_{h_1}^*$	30'	30'	10'	10'	5'	5'
	max	min	max	min	max	min
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
OSTA-Emlid-GPS	0.0170	0.0007	0.4216	0.0077	0.4015	0.0044
OSTA-mi8-GPS	0.0058	0.0013	0.9917	0.0927	0.7406	0.0095

**I parametri di confronto $\Delta_{baseline_1}$ e Δ_{h_1} vengono determinati prendendo come riferimento la realizzazione con ID B1*

Tabella 8.6: Valori massimi e minimi per i parametri $\Delta_{baseline}$ e Δ_h - Campagna misura di controllo

$\Delta_{baseline}$	1h	1h	30'	30'	10'	10'	5'	5'
	max	min	max	min	max	min	max	min
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
OSTA-mi8-GPS	0.050	0.045	0.047	0.015	0.858	0.027	2.025	0.128
Emlid-mi8-GPS	0.137	0.033	0.132	0.042	0.260	0.033	0.741	0.030

Δ_h	1h	1h	30'	30'	10'	10'	5'	5'
	max	min	max	min	max	min	max	min
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
OSTA-mi8-GPS	0.106	0.105	0.110	0.106	1.096	0.012	0.845	0.114
Emlid-mi8-GPS	0.340	0.008	0.326	0.008	0.444	0.003	0.955	0.059

8.7 Analisi dei risultati

In prima analisi, osservando i grafici facenti capo al **Paragrafo 8.5** è possibile osservare una serie di analogie rispetto alle campagne di misura n.ro 1, 2 e 3. Infatti appare evidente anche nella campagna di misura di controllo di come la stima della base locale mediante combinazione master/rover n.ro 1 sia più affidabile rispetto a quella ottenibile mediante la combinazione master/rover n.ro 2. Le oscillazioni dei parametri $\Delta_{baseline_1}$ e Δh_1 infatti appaiono molto più contenute quando si fa uso di un ricevitore geodetico come rover. Inoltre lo scostamento altimetrico mostra sempre maggiori criticità rispetto a quello planimetrico.

Tuttavia, in accordo con quanto espresso al **Paragrafo 8.2**, il confronto più rilevante ai fini del controllo della ripetibilità del processo di misura risulta essere la stima dei parametri $\Delta_{baseline}$ e Δh . Anche in tale contesto i risultati ottenuti risultano in buon accordo con quanto ottenuto per le campagne di misura n.ro 1, 2 e 3. L'utilizzo della combinazione master/rover n.ro 3 rispetto alla n.ro 2 circa la stima della baseline tra gli strumenti porta ad una distribuzione delle realizzazioni plano/altimetriche più regolare. Infatti è possibile osservare come l'occorrenza di picchi rispetto al valore di scostamento nullo si riduca in modo significativo e di come le realizzazioni siano confinate entro una fascia di ordinate più ristretta. Anche in tale contesto è possibile osservare come periodi di processamento di 1h forniscano i risultati più significativi. Infatti dalla campagna di controllo è possibile ottenere uno scostamento planimetrico rispetto alla baseline tra gli strumenti misurata dell'ordine della decina di cm in buon accordo con l'accuratezza compresa entro i 10cm deducibile dalle campagne di misura n.ro 1, 2 e 3. Gli scostamenti altimetrici ottenuti dalle campagne di misura 1, 2 e 3 risultano altresì in buon accordo con quelli della campagna di misura di controllo attestandosi in ambo i casi su accuratezze nell'ordine delle decine di centimetri. Tenuto conto di queste considerazioni è possibile validare il processo di misura in quanto risulta essere ripetibile.

Capitolo 9

Conclusioni

→ *Considerazioni finali sulla scelta della combinazione master/rover migliore al fine di materializzare una base locale in ambiente non convenzionale*

La baseline stazione permanente-rover determinata con periodo di processamento di 4h viene assunta come riferimento. In definitiva, per periodi ≥ 30 min, mediante l'uso di un ricevitore geodetico come rover si osservano oscillazioni rispetto alla soluzione di riferimento inferiori ai 10cm in planimetria e di poche decine di cm in altimetria. Mediante l'uso di un ricevitore low-cost come rover tali oscillazioni piano/altimetriche si attestano sulle decine di centimetri. E' chiaro dunque come l'utilizzo di sensori low-cost come rover in coppia con una stazione permanente riduca in modo significativo la robustezza nella stima delle coordinate della base locale. Per tali motivi al fine di migliorare la robustezza e la qualità della stima della posizione della base locale risulta più conveniente, a prescindere dalla distanza dalla stazione permanente più vicina, impiegare un ricevitore geodetico professionale seppur a basso costo. Questo perché uno strumento professionale garantisce un livello di continuità nell'acquisizione dei dati che difficilmente risulta paragonabile rispetto a quello di un dispositivo non professionale come uno smartphone. Anche il numero di satelliti tracciati e dunque la quantità di osservazioni risulta essere nettamente a sfavore di un sensore low-cost. Tuttavia si può affermare come, nell'impossibilità di disporre di un ricevitore geodetico, anche lo smartphone consenta di ottenere una soluzione di modesta qualità nella determinazione della posizione di una base locale per scopi maggiormente speditivi. In tal caso può essere utile al fine di migliorare l'affidabilità dei risultati aumentare anche di 2-3 volte i tempi di acquisizione rispetto all'uso di un ricevitore professionale. Inoltre la stima della posizione della base locale non risulta in generale avere lo stesso livello di precisione in planimetria e altimetria, in particolare la parte altimetrica risulta essere quella maggiormente problematica.

→ *Considerazioni finali sull' utilizzo di costellazioni aggiuntive a quella GPS al fine di materializzare una base locale in ambiente non convenzionale*

Nel caso venga utilizzato un ricevitore geodetico come rover in coppia con una stazione permanente risulta poco influente realizzare un posizionamento mono o multi-costellazione. Inoltre periodi di osservazione prolungati (per esempio 4h) non risultano fornire risultati significativamente migliori rispetto ad acquisizioni effettuate in tempi più ridotti (per esempio 1h). Il maggior costo di uno strumento professionale rispetto ad uno non professionale vale uno sconto sui tempi di acquisizioni che possono essere meno estesi senza perdere in qualità dei risultati. Nel caso si decida di utilizzare un ricevitore low-cost in coppia con una stazione permanente risulta necessario valutare con cautela l'impiego di costellazioni aggiuntive, in particolare se del tipo FDMA. In generale in presenza di dati particolarmente frammentati e disturbati risulta più conveniente affidarsi ad un posizionamento GPS only.

→ *Considerazioni finali sull' utilizzo di costellazioni aggiuntive a quella GPS al fine di migliorare la stima della baseline e della differenza di altezza ellissoidica tra gli strumenti*

In fase di controllo del processo di misura si ribadisce come i massimi scostamenti sulla baseline misurata ottenibili siano in media compresi entro i 10cm. Gli scostamenti altimetrici si attestano sulle decine di centimetri. L'utilizzo di una costellazione CDMA aggiuntiva, con particolare riferi-

mento al periodo di processamento di 1h, consente di migliorare le accuratèzze in gioco mantenendo pur sempre i medesimi ordini di grandezza rispetto al caso GPS only. In generale si nota una tendenza alla omogenizzazione degli scostamenti piano/altimetrici con riduzione dei picchi rispetto alla soluzione corretta. Dunque un posizionamento multi-costellazione consente eventualmente di ridurre la durata delle campagne di acquisizione rispetto a periodi prolungati di diverse ore pur mantenendo risultati comparabili e dello stesso ordine di grandezza. In analogia con quanto già citato in precedenza l'utilizzo di costellazioni aggiuntive del tipo FDMA richiede maggiore cautela perché non sempre comporta miglioramenti rispetto al caso GPS only. Sono infatti maggiormente frequenti situazioni di scostamenti accentuati rispetto al valore nullo.

Risulta quindi importante specificare come il vantaggio di avere a disposizione una costellazione aggiuntiva non debba essere visto in un'ottica risolutiva vista la minor compatibilità tra costellazioni CDMA/FDMA e considerata la concreta possibilità che durante le campagne di misura possano verificarsi eventi imprevisti.

In conclusione il vantaggio di poter avere a disposizione diverse costellazioni oltre a quella GPS non è quella di poter combinare le osservazioni di tutte le costellazioni disponibili al fine di ottenere un risultato migliore. Infatti in generale tale approccio aumenta sensibilmente il numero di incognite che devono essere stimate mentre difficilmente il numero di osservazioni addizionali relative alle costellazioni aggiuntive è tale da garantire in ogni caso una stima robusta di tutti i parametri incogniti. L'aver a disposizione diverse costellazioni aggiuntive oltre a quella GPS consente di poter sopperire a eventuali criticità che coinvolgono una costellazione in particolare. In tal senso si dispone di più alternative per poter ultimare il medesimo posizionamento con conseguenti maggiori probabilità di ottenere buoni livelli di accuratezza nonostante l'ineluttabile presenza di criticità durante le campagne di misura. Infatti, una volta ultimata la fase di acquisizione, l'utente ha facoltà di scegliere in relazione all'epoca di interesse quale sia la costellazione tracciata in modo più continuativo e che garantisca al tempo stesso il minor disturbo del segnale. Dunque è possibile ottenere buoni livelli di accuratezza della soluzione anche con costellazioni i cui dati non sono attualmente resi disponibili dalle stazioni permanenti ai fini del post-processamento come per esempio le costellazioni Galileo e BeiDou.

→ *Considerazioni finali sul livello di accuratezza ottenibile circa la stima della baseline e della differenza di altezza ellissoidica tra gli strumenti*

In conclusione i risultati migliori in termini di accuratezza circa la stima della baseline e della differenza di altezza ellissoidica tra gli strumenti derivano dall'utilizzo di:

- Combinazione master/rover n.ro 3;
- Periodi di acquisizione variabili tra 1h e 4h;
- Posizionamento multi-costellazione CDMA.

In tali condizioni la baseline planimetrica tra gli strumenti viene stimata con accuratezza inferiore ai 10cm mentre la variazione di altezza ellissoidica viene stimata con accuratezza media di circa 10cm.

Risulta altresì importante specificare che:

- La combinazione master/rover n.ro 2 rimane comunque valida per un posizionamento a fini speditivi soprattutto considerando che il costo che l'utente deve sostenere è unicamente quello di uno smartphone;
- Anche utilizzando la combinazione master/rover n.ro 3 il periodo di processamento di 30min funge da spartiacque tra la concreta possibilità di ottenere un posizionamento di precisione mediante utilizzo di strumenti a costo contenuto e un posizionamento con accuratezza metrica.

Risulta chiaro come ad oggi utilizzando uno strumento non professionale come rover non sia ancora possibile ottenere una accuratezza subcentimetrica, specialmente per quanto riguarda la componente altimetrica che mostra più criticità rispetto a quella planimetrica. Il raggiungimento di un livello di accuratezza medio di circa 10cm a partire da condizioni più o meno sfavorevoli dettate dalla non convenzionalità del sito di misura e utilizzando soli strumenti a basso costo risulta essere un risultato promettente.

Appendice

Combinazione master/rover n.ro 1

Tabella 9.1: Campagna misura n.ro 1, OSTA - Emlid, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	09:35:12	13:35:12	44.698666132	7.092899529	2142.2397	1	6	0.0000	0.0000	0.0000	827.3
B1	1h	09:35:12	10:35:12	44.698666157	7.092899539	2142.2415	1	5	0.0001	0.0000	0.0001	999.9
B2	1h	10:35:12	11:35:12	44.698666119	7.092899556	2142.2262	1	7	0.0000	0.0000	0.0001	266.0
B3	1h	11:35:12	12:35:12	44.698666105	7.092899457	2142.2446	1	6	0.0000	0.0000	0.0001	420.0
B4	1h	12:35:12	13:35:12	44.698666164	7.092899555	2142.2371	1	6	0.0000	0.0000	0.0001	999.9
C1	30'	10:15:00	10:45:00	44.698666130	7.092899531	2142.2519	1	6	0.0000	0.0000	0.0001	189.4
C2	30'	11:30:00	12:00:00	44.698666118	7.092899426	2142.2562	1	6	0.0001	0.0000	0.0001	999.9
C3	30'	12:20:00	12:50:00	44.698666239	7.092899547	2142.2361	1	6	0.0001	0.0000	0.0001	999.9
C4	30'	13:00:00	13:30:00	44.698666133	7.092899532	2142.2464	1	6	0.0000	0.0000	0.0001	736.3
D1	10'	10:10:00	10:20:00	44.698666116	7.092899526	2142.2455	1	4	0.0002	0.0001	0.0005	999.9
D2	10'	11:20:00	11:30:00	44.698666072	7.092899524	2142.2349	1	7	0.0001	0.0001	0.0002	760.1
D3	10'	12:10:00	12:20:00	44.698666049	7.092899437	2142.2369	1	6	0.0001	0.0001	0.0002	999.9
D4	10'	13:25:00	13:35:00	44.698666168	7.092899556	2142.2326	1	6	0.0001	0.0001	0.0003	999.9
E1	5'	10:15:00	10:20:00	44.698666184	7.092899517	2142.2321	1	4	0.0004	0.0001	0.0010	999.9
E2	5'	11:30:00	11:35:00	44.698666183	7.092899499	2142.2372	1	7	0.0002	0.0001	0.0005	3.0
E3	5'	12:00:00	12:05:00	44.698666160	7.092899469	2142.2633	1	5	0.0015	0.0004	0.0018	999.9
E4	5'	12:55:00	13:00:00	44.698666234	7.092899596	2142.2420	1	7	0.0003	0.0001	0.0004	4.1

Tabella 9.2: Campagna misura n.ro 1, OSTA - Emlid, GPS+GLONASS, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	09:35:12	13:35:12	44.698666130	7.092899528	2142.2402	1	10	0.0000	0.0000	0.0000	809.5
B1	1h	09:35:12	10:35:12	44.698666153	7.092899542	2142.2425	1	9	0.0001	0.0000	0.0001	999.9
B2	1h	10:35:12	11:35:12	44.698666119	7.092899556	2142.2263	1	10	0.0000	0.0000	0.0001	266.0
B3	1h	11:35:12	12:35:12	44.698666105	7.092899456	2142.2447	1	9	0.0000	0.0000	0.0001	414.6
B4	1h	12:35:12	13:35:12	44.698666164	7.092899554	2142.2369	1	10	0.0000	0.0000	0.0001	999.9
C1	30'	10:15:00	10:45:00	44.698666131	7.092899532	2142.2518	1	10	0.0000	0.0000	0.0001	189.8
C2	30'	11:30:00	12:00:00	44.698666118	7.092899428	2142.2558	1	9	0.0001	0.0000	0.0001	999.9
C3	30'	12:20:00	12:50:00	44.698666239	7.092899547	2142.2361	1	10	0.0001	0.0000	0.0001	999.9
C4	30'	13:00:00	13:30:00	44.698666133	7.092899531	2142.2462	1	10	0.0000	0.0000	0.0001	735.4
D1	10'	10:10:00	10:20:00	44.698666123	7.092899527	2142.2433	1	9	0.0002	0.0001	0.0005	999.9
D2	10'	11:20:00	11:30:00	44.698666071	7.092899524	2142.2350	1	11	0.0001	0.0001	0.0002	761.2
D3	10'	12:10:00	12:20:00	44.698666046	7.092899434	2142.2368	1	9	0.0001	0.0001	0.0002	999.9
D4	10'	13:25:00	13:35:00	44.698666168	7.092899556	2142.2324	1	10	0.0001	0.0001	0.0003	999.9
E1	5'	10:15:00	10:20:00	44.698666179	7.092899516	2142.2336	1	9	0.0004	0.0001	0.0010	999.9
E2	5'	11:30:00	11:35:00	44.698666184	7.092899501	2142.2375	1	11	0.0002	0.0001	0.0005	3.2
E3	5'	12:00:00	12:05:00	44.698666072	7.092899436	2142.2505	1	8	0.0012	0.0003	0.0015	999.9
E4	5'	12:55:00	13:00:00	44.698666088	7.092899546	2142.2278	1	11	0.0001	0.0001	0.0002	194.4

Tabella 9.3: Campagna misura n.ro 2, OSTA - Emlid, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	07:36:00	11:36:00	44.874303112	7.062259267	2297.8127	1	7	0.0001	0.0001	0.0002	19.4
B1	1h	07:36:00	08:36:00	44.874303376	7.062258850	2297.7304	1	5	0.0001	0.0001	0.0003	328.3
B2	1h	08:36:00	09:36:00	44.874303202	7.062258605	2297.6962	1	7	0.0005	0.0003	0.0007	17.7
B3	1h	09:36:00	10:36:00	44.874303190	7.062259076	2297.8557	1	7	0.0001	0.0001	0.0002	72.7
B4	1h	10:36:00	11:36:00	44.874303237	7.062258769	2297.6979	1	7	0.0001	0.0001	0.0002	240.7
C1	30'	08:20:00	08:50:00	44.874303392	7.062258780	2297.7792	1	5	0.0002	0.0001	0.0004	999.9
C2	30'	09:15:00	09:45:00	44.874303289	7.062258795	2297.7188	1	6	0.0003	0.0002	0.0005	39.8
C3	30'	10:00:00	10:30:00	44.874303370	7.062258492	2297.6528	1	7	0.0002	0.0001	0.0004	234.2
C4	30'	10:55:00	11:25:00	44.874303224	7.062258742	2297.6811	1	7	0.0001	0.0001	0.0003	20.3
D1	10'	08:30:00	08:40:00	44.874303451	7.062258739	2297.7721	1	5	0.0002	0.0002	0.0005	999.9
D2	10'	09:45:00	09:55:00	44.874303228	7.062258691	2297.7356	1	7	0.0002	0.0002	0.0005	243.0
D3	10'	10:20:00	10:30:00	44.874303372	7.062258545	2297.6696	1	7	0.0002	0.0001	0.0005	292.7
D4	10'	11:25:00	11:35:00	44.874303190	7.062258804	2297.6869	1	7	0.0002	0.0002	0.0005	230.5
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.874301758	7.062256068	2297.7160	2	7	0.0105	0.0258	0.0167	1.1
E2	5'	09:20:00	09:25:00	44.874304165	7.062257832	2297.5501	2	7	0.0104	0.0270	0.0187	1.3
E3	5'	10:10:00	10:15:00	44.874303318	7.062258521	2297.6428	1	7	0.0002	0.0002	0.0007	4.0
E4	5'	11:00:00	11:05:00	44.874303338	7.062258800	2297.7057	1	7	0.0002	0.0002	0.0006	3.4

Tabella 9.4: Campagna misura n.ro 2, OSTA - Emlid, GPS+GLONASS, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	07:36:00	11:36:00	44.874303108	7.062259263	2297.8079	1	11	0.0001	0.0001	0.0002	19.4
B1	1h	07:36:00	08:36:00	44.874303367	7.062258854	2297.7264	1	9	0.0001	0.0001	0.0003	271.0
B2	1h	08:36:00	09:36:00	44.874303518	7.062258770	2297.6855	1	11	0.0004	0.0003	0.0006	3.4
B3	1h	09:36:00	10:36:00	44.874303189	7.062259076	2297.8520	1	11	0.0001	0.0001	0.0002	72.6
B4	1h	10:36:00	11:36:00	44.874303236	7.062258769	2297.6979	1	11	0.0001	0.0001	0.0002	241.6
C1	30'	08:20:00	08:50:00	44.874303386	7.062258783	2297.7769	1	9	0.0002	0.0001	0.0004	999.9
C2	30'	09:15:00	09:45:00	44.874303283	7.062258797	2297.7186	1	9	0.0003	0.0002	0.0005	215.6
C3	30'	10:00:00	10:30:00	44.874303369	7.062258492	2297.6508	1	13	0.0002	0.0001	0.0004	234.6
C4	30'	10:55:00	11:25:00	44.874303224	7.062258742	2297.6812	1	11	0.0001	0.0001	0.0003	20.3
D1	10'	08:30:00	08:40:00	44.874303450	7.062258739	2297.7716	1	9	0.0002	0.0002	0.0005	999.9
D2	10'	09:45:00	09:55:00	44.874303228	7.062258690	2297.7356	1	12	0.0002	0.0002	0.0005	244.0
D3	10'	10:20:00	10:30:00	44.874303372	7.062258545	2297.6695	1	13	0.0002	0.0001	0.0005	294.0
D4	10'	11:25:00	11:35:00	44.874303190	7.062258805	2297.6869	1	11	0.0002	0.0002	0.0005	230.6
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.874301964	7.062254268	2297.7248	2	11	0.0094	0.0205	0.0147	1.1
E2	5'	09:20:00	09:25:00	44.874303868	7.062256486	2297.4958	2	10	0.0098	0.0219	0.0164	1.2
E3	5'	10:10:00	10:15:00	44.874303318	7.062258521	2297.6427	1	12	0.0002	0.0002	0.0007	11.6
E4	5'	11:00:00	11:05:00	44.874303339	7.062258800	2297.7056	1	11	0.0002	0.0002	0.0006	47.4

Tabella 9.5: Campagna misura n.ro 3, OSTA - Emlid, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	08:11:00	12:11:00	44.869872753	7.072474887	2610.6585	1	7	0.0001	0.0001	0.0002	9.9
B1	1h	08:11:00	09:11:00	44.869872838	7.072474271	2610.5221	1	7	0.0001	0.0001	0.0003	90.9
B2	1h	09:11:00	10:11:00	44.869873060	7.072473961	2610.4761	1	7	0.0001	0.0001	0.0002	97.5
B3	1h	10:11:00	11:11:00	44.869873074	7.072474117	2610.4306	1	8	0.0003	0.0003	0.0006	3.0
B4	1h	11:11:00	12:11:00	44.869873166	7.072478361	2610.2877	2	8	0.0010	0.0029	0.0012	1.1
C1	30'	08:50:00	09:20:00	44.869873060	7.072473877	2610.3810	1	7	0.0002	0.0002	0.0005	22.3
C2	30'	10:00:00	10:30:00	44.869872868	7.072474117	2610.4677	1	7	0.0002	0.0002	0.0006	71.1
C3	30'	10:55:00	11:25:00	44.869873143	7.072474259	2610.4757	1	8	0.0002	0.0002	0.0004	8.6
C4	30'	11:35:00	12:05:00	44.869872962	7.072473657	2610.5454	1	7	0.0002	0.0001	0.0004	209.8
D1	10'	09:25:00	09:35:00	44.869873161	7.072473893	2610.4771	1	7	0.0002	0.0002	0.0006	208.6
D2	10'	10:40:00	10:50:00	44.869871888	7.072476237	2610.4612	2	7	0.0067	0.0171	0.0093	1.1
D3	10'	11:05:00	11:15:00	44.869871083	7.072473290	2610.0913	1	7	0.0004	0.0003	0.0007	3.7
D4	10'	11:50:00	12:00:00	44.869873034	7.072473706	2610.5554	1	7	0.0003	0.0002	0.0004	16.9
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.869872859	7.072474181	2610.5076	1	7	0.0004	0.0003	0.0008	3.5
E2	5'	09:40:00	09:45:00	44.869873139	7.072473912	2610.5207	1	7	0.0002	0.0002	0.0007	388.6
E3	5'	10:00:00	10:05:00	44.869872915	7.072474095	2610.4965	1	7	0.0002	0.0002	0.0006	137.1
E4	5'	11:45:00	11:50:00	44.869873386	7.072474441	2610.1368	2	8	0.0111	0.0225	0.0160	1.2

Tabella 9.6: Campagna misura n.ro 3, OSTA - Emlid, GPS+GLONASS, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	08:11:00	12:11:00	44.869872738	7.072474856	2610.6410	1	13	0.0001	0.0001	0.0002	10.8
B1	1h	08:11:00	09:11:00	44.869872853	7.072474258	2610.5175	1	14	0.0001	0.0001	0.0003	102.5
B2	1h	09:11:00	10:11:00	44.869873054	7.072473961	2610.4702	1	13	0.0001	0.0001	0.0002	106.1
B3	1h	10:11:00	11:11:00	44.869873099	7.072475268	2610.2454	2	14	0.0008	0.0015	0.0011	1.4
B4	1h	11:11:00	12:11:00	44.869872890	7.072475189	2610.3038	2	12	0.0010	0.0019	0.0011	1.1
C1	30'	08:50:00	09:20:00	44.869873057	7.072473883	2610.3764	1	15	0.0002	0.0002	0.0005	22.0
C2	30'	10:00:00	10:30:00	44.869872868	7.072474116	2610.4673	1	13	0.0002	0.0002	0.0006	71.3
C3	30'	10:55:00	11:25:00	44.869873144	7.072474259	2610.4729	1	14	0.0002	0.0002	0.0004	8.0
C4	30'	11:35:00	12:05:00	44.869872968	7.072473662	2610.5446	1	11	0.0002	0.0001	0.0004	317.6
D1	10'	09:25:00	09:35:00	44.869873160	7.072473892	2610.4761	1	15	0.0002	0.0001	0.0006	235.5
D2	10'	10:40:00	10:50:00	44.869871719	7.072475941	2610.4010	2	13	0.0049	0.0101	0.0067	1.2
D3	10'	11:05:00	11:15:00	44.869871084	7.072473290	2610.0918	1	13	0.0004	0.0003	0.0007	3.1
D4	10'	11:50:00	12:00:00	44.869873033	7.072473707	2610.5554	1	12	0.0003	0.0002	0.0004	37.3
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.869872859	7.072474181	2610.5073	1	13	0.0004	0.0003	0.0008	5.4
E2	5'	09:40:00	09:45:00	44.869873139	7.072473913	2610.5208	1	14	0.0002	0.0002	0.0007	401.1
E3	5'	10:00:00	10:05:00	44.869872915	7.072474096	2610.4966	1	13	0.0002	0.0002	0.0006	138.4
E4	5'	11:45:00	11:50:00	44.869872922	7.072476403	2610.2374	2	12	0.0107	0.0184	0.0144	1.2

Combinazione master/rover n.ro 2

Tabella 9.7: Campagna misura n.ro 1, OSTA - Mi-8, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	09:35:12	13:35:12	44.698664992	7.092894216	2142.0899	1	6	0.0001	0.0001	0.0004	4.4
B1	1h	09:35:12	10:35:12	44.698665039	7.092894246	2142.0860	1	5	0.0003	0.0003	0.0008	989.5
B2	1h	10:35:12	11:35:12	44.698665047	7.092894313	2142.0562	1	5	0.0001	0.0001	0.0006	999.9
B3	1h	11:35:12	12:35:12	44.698665064	7.092894181	2142.0901	1	4	0.0007	0.0005	0.0009	7.9
B4	1h	12:35:12	13:35:12	44.698665121	7.092893921	2142.0040	1	6	0.0005	0.0004	0.0016	7.6
C1	30'	10:15:00	10:45:00	44.698664975	7.092894229	2142.0965	1	5	0.0006	0.0006	0.0019	3.1
C2	30'	11:30:00	12:00:00	44.698665037	7.092894242	2142.1007	1	4	0.0011	0.0003	0.0016	22.4
C3	30'	12:20:00	12:50:00	44.698665162	7.092894090	2142.0611	1	5	0.0005	0.0003	0.0008	20.0
C4	30'	13:00:00	13:30:00	44.698665099	7.092893906	2142.0112	1	6	0.0003	0.0003	0.0009	3.5
D1	10'	10:10:00	10:20:00	44.698669830	7.092884734	2142.1661	1	4	0.0034	0.0008	0.0076	3.2
D2	10'	11:20:00	11:30:00	44.698667418	7.092898854	2141.8984	1	5	0.0003	0.0003	0.0012	999.9
D3	10'	12:10:00	12:20:00	44.698660379	7.092874782	2143.1928	1	4	0.0090	0.0024	0.0094	3.3
D4	10'	13:25:00	13:35:00	44.698665087	7.092893871	2141.9599	1	6	0.0004	0.0003	0.0017	8.1
E1	5'	10:15:00	10:20:00	44.698669830	7.092884734	2142.1661	1	4	0.0034	0.0008	0.0076	3.2
E2	5'	11:30:00	11:35:00	44.698664516	7.092897133	2142.3338	1	4	0.0006	0.0005	0.0025	3.5
E3	5'	12:00:00	12:05:00	44.698665266	7.092890292	2141.6979	1	4	0.0073	0.0021	0.0101	3.2
E4	5'	12:55:00	13:00:00	44.698660534	7.092882159	2141.8962	1	5	0.0010	0.0010	0.0037	3.5

Tabella 9.8: Campagna misura n.ro 1, OSTA - Mi-8, GPS+GLONASS, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ms	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	09:35:12	13:35:12	44.698664986	7.092894215	2142.0907	1	8	0.0001	0.0001	0.0004	4.3
B1	1h	09:35:12	10:35:12	44.698665031	7.092894247	2142.0874	1	7	0.0003	0.0003	0.0008	999.9
B2	1h	10:35:12	11:35:12	44.698665078	7.092894361	2142.0543	1	7	0.0002	0.0002	0.0008	999.9
B3	1h	11:35:12	12:35:12	44.698665029	7.092894250	2142.0629	1	6	0.0012	0.0007	0.0025	3.0
B4	1h	12:35:12	13:35:12	44.698665125	7.092893925	2142.0068	1	8	0.0005	0.0004	0.0016	7.6
C1	30'	10:15:00	10:45:00	44.698664971	7.092894223	2142.1003	1	7	0.0004	0.0005	0.0014	4.2
C2	30'	11:30:00	12:00:00	44.698664981	7.092894224	2142.0882	1	4	0.0011	0.0003	0.0016	5.9
C3	30'	12:20:00	12:50:00	44.698665139	7.092903729	2142.1486	1	7	0.0005	0.0004	0.0010	750.5
C4	30'	13:00:00	13:30:00	44.698665099	7.092893907	2142.0114	1	8	0.0003	0.0003	0.0009	3.4
D1	10'	10:10:00	10:20:00	44.698662142	7.092906731	2143.1823	1	6	0.0020	0.0005	0.0041	3.1
D2	10'	11:20:00	11:30:00	44.698657118	7.092913850	2144.7245	1	7	0.0007	0.0007	0.0030	3.2
D3	10'	12:10:00	12:20:00	44.698667388	7.092918095	2142.8473	1	6	0.0086	0.0012	0.0139	4.0
D4	10'	13:25:00	13:35:00	44.698667151	7.092889177	2142.0137	1	8	0.0003	0.0003	0.0012	9.5
E1	5'	10:15:00	10:20:00	44.698665643	7.092910245	2144.3567	1	6	0.0026	0.0006	0.0056	3.9
E2	5'	11:30:00	11:35:00	44.698660603	7.092905699	2143.2614	1	7	0.0004	0.0004	0.0014	4.4
E3	5'	12:00:00	12:05:00	44.698664405	7.092893998	2141.9942	1	6	0.0044	0.0012	0.0057	28.9
E4	5'	12:55:00	13:00:00	44.698665037	7.092894148	2142.1023	1	7	0.0007	0.0008	0.0030	3.1

Tabella 9.9: Campagna misura n.ro 2, OSTA - Mi-8, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ms	sdn[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	07:36:00	11:36:00	44.874307275	7.062258249	2297.5989	1	4	0.0002	0.0002	0.0004	969.7
B1	1h	07:36:00	08:36:00	44.874307381	7.062258230	2297.6457	1	5	0.0002	0.0002	0.0006	999.9
B2	1h	08:36:00	09:36:00	44.874307227	7.062267907	2297.2290	1	4	0.0007	0.0007	0.0017	3.8
B3	1h	09:36:00	10:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	10:36:00	11:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	08:20:00	08:50:00	44.874306262	7.062261653	2297.8033	1	4	0.0004	0.0005	0.0011	8.6
C2	30'	09:15:00	09:45:00	44.874306271	7.062273829	2297.2454	1	4	0.0019	0.0038	0.0049	3.0
C3	30'	10:00:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	30'	10:55:00	11:25:00	44.874308150	7.062262280	2297.0820	1	4	0.0011	0.0013	0.0053	3.1
D1	10'	08:30:00	08:40:00	44.874307438	7.062258151	2297.6486	1	4	0.0004	0.0009	0.0016	3.4
D2	10'	09:45:00	09:55:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	10'	10:20:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	11:25:00	11:35:00	44.874305743	7.062252976	2297.9677	2	4	0.0118	0.0303	0.0202	1.7
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.874305681	7.062251404	2297.4804	2	4	0.0156	0.0726	0.0267	1.4
E2	5'	09:20:00	09:25:00	44.874308184	7.062264128	2297.1794	2	4	0.0144	0.0961	0.0300	1.2
E3	5'	10:10:00	10:15:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	11:00:00	11:05:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 9.10: Campagna misura n.ro 2, OSTA - Mi-8, GPS+GLONASS, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	07:36:00	11:36:00	44.874307295	7.062258319	2297.5957	1	4	0.0002	0.0002	0.0004	614.5
B1	1h	07:36:00	08:36:00	44.874307374	7.062258231	2297.6461	1	5	0.0002	0.0002	0.0006	999.9
B2	1h	08:36:00	09:36:00	44.874306425	7.062254623	2297.9099	1	4	0.0011	0.0007	0.0020	72.5
B3	1h	09:36:00	10:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	10:36:00	11:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	08:20:00	08:50:00	44.874306263	7.062261656	2297.8028	1	4	0.0004	0.0005	0.0011	8.6
C2	30'	09:15:00	09:45:00	44.874306271	7.062273829	2297.2454	1	4	0.0019	0.0038	0.0049	3.0
C3	30'	10:00:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	30'	10:55:00	11:25:00	44.874308150	7.062262280	2297.0820	1	4	0.0011	0.0013	0.0053	3.1
D1	10'	08:30:00	08:40:00	44.874307438	7.062258151	2297.6486	1	4	0.0004	0.0009	0.0016	3.4
D2	10'	09:45:00	09:55:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	10'	10:20:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	11:25:00	11:35:00	44.874305743	7.062252976	2297.9677	2	4	0.0118	0.0303	0.0202	1.7
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.874305937	7.062251602	2297.5170	2	6	0.0156	0.0725	0.0267	1.2
E2	5'	09:20:00	09:25:00	44.874308184	7.062264128	2297.1794	2	4	0.0144	0.0961	0.0300	1.2
E3	5'	10:10:00	10:15:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	11:00:00	11:05:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 9.11: Campagna misura n.ro 3, OSTA - Mi-8, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	08:11:00	12:11:00	44.869864955	7.072475253	2610.3241	1	5	0.0002	0.0001	0.0003	3.1
B1	1h	08:11:00	09:11:00	44.869864807	7.072469873	2610.0669	1	4	0.0020	0.0010	0.0020	3.7
B2	1h	09:11:00	10:11:00	44.869867076	7.072479917	2609.8937	1	6	0.0004	0.0004	0.0016	4.0
B3	1h	10:11:00	11:11:00	44.869865020	7.072475247	2610.2711	1	5	0.0003	0.0001	0.0004	239.8
B4	1h	11:11:00	12:11:00	44.869865708	7.072486032	2610.2013	1	5	0.0014	0.0010	0.0022	3.6
C1	30'	08:50:00	09:20:00	44.869866275	7.072481499	2609.8390	1	4	0.0021	0.0010	0.0027	4.7
C2	30'	10:00:00	10:30:00	44.869867528	7.072485079	2609.9042	1	4	0.0003	0.0002	0.0009	108.0
C3	30'	10:55:00	11:25:00	44.869866779	7.072481165	2610.0237	1	4	0.0034	0.0038	0.0062	3.4
C4	30'	11:35:00	12:05:00	44.869864870	7.072474813	2609.6572	1	5	0.0017	0.0018	0.0030	3.4
D1	10'	09:25:00	09:35:00	44.869866668	7.072474585	2610.3170	1	4	0.0018	0.0016	0.0093	5.4
D2	10'	10:40:00	10:50:00	44.869864758	7.072475293	2610.2785	1	5	0.0011	0.0005	0.0014	3.1
D3	10'	11:05:00	11:15:00	44.869862812	7.072468849	2610.0084	1	5	0.0017	0.0009	0.0025	3.6
D4	10'	11:50:00	12:00:00	44.869864696	7.072479412	2610.6453	2	6	0.0087	0.0165	0.0083	1.1
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.869870235	7.072489396	2610.0333	1	6	0.0012	0.0007	0.0013	3.0
E2	5'	09:40:00	09:45:00	44.869865231	7.072479863	2610.2631	2	6	0.0202	0.0381	0.0316	1.2
E3	5'	10:00:00	10:05:00	44.869868593	7.072488100	2609.9409	2	5	0.0236	0.0435	0.0364	1.0
E4	5'	11:45:00	11:50:00	44.869866558	7.072479384	2610.1984	2	7	0.0165	0.0432	0.0241	1.0

Tabella 9.12: Campagna misura n.ro 3, OSTA - Mi-8, GPS+GLONASS, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdn[m]	sde[m]	sdn[m]	ratio
A1	4h	08:11:00	12:11:00	44.869864951	7.072475264	2610.3229	1	7	0.0002	0.0001	0.0003	3.1
B1	1h	08:11:00	09:11:00	44.869865115	7.072474975	2610.1492	1	6	0.0021	0.0010	0.0037	3.5
B2	1h	09:11:00	10:11:00	44.869864939	7.072473540	2610.1361	1	9	0.0008	0.0004	0.0019	3.0
B3	1h	10:11:00	11:11:00	44.869873872	7.072504941	2609.5865	1	8	0.0005	0.0004	0.0016	5.1
B4	1h	11:11:00	12:11:00	44.869866364	7.072480934	2610.3646	1	10	0.0003	0.0002	0.0006	3.0
C1	30'	08:50:00	09:20:00	44.869865808	7.072479292	2610.0126	1	7	0.0024	0.0011	0.0030	13.2
C2	30'	10:00:00	10:30:00	44.869861270	7.072466883	2610.5444	1	7	0.0007	0.0003	0.0013	21.5
C3	30'	10:55:00	11:25:00	44.869864102	7.072465111	2610.3346	1	6	0.0039	0.0035	0.0076	4.4
C4	30'	11:35:00	12:05:00	44.869864870	7.072474811	2609.6574	1	5	0.0017	0.0018	0.0030	3.6
D1	10'	09:25:00	09:35:00	44.869865072	7.072474777	2610.2966	1	8	0.0006	0.0005	0.0029	4.4
D2	10'	10:40:00	10:50:00	44.869887229	7.072482225	2611.9925	1	8	0.0009	0.0008	0.0022	3.2
D3	10'	11:05:00	11:15:00	44.869864941	7.072475409	2610.2339	1	7	0.0087	0.0071	0.0174	3.1
D4	10'	11:50:00	12:00:00	44.869864746	7.072478273	2610.6097	2	8	0.0087	0.0157	0.0081	1.1
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.869870234	7.072489394	2610.0329	1	6	0.0012	0.0007	0.0013	3.0
E2	5'	09:40:00	09:45:00	44.869861517	7.072469874	2611.1638	1	9	0.0010	0.0006	0.0029	5.5
E3	5'	10:00:00	10:05:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	11:45:00	11:50:00	44.869866533	7.072478832	2610.1949	2	9	0.0165	0.0382	0.0241	1.0

Combinazione master/rover n.ro 3

Tabella 9.13: Campagna misura n.ro 1, Emlid - Mi-8, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	09:35:12	13:35:12	44.698665060	7.092894187	2142.0576	1	6	0.0001	0.0001	0.0002	303.1
B1	1h	09:35:12	10:35:12	44.698665021	7.092894278	2142.0670	1	5	0.0003	0.0003	0.0008	999.9
B2	1h	10:35:12	11:35:12	44.698665073	7.092894341	2142.0673	1	5	0.0001	0.0001	0.0006	829.8
B3	1h	11:35:12	12:35:12	44.698665070	7.092894216	2142.0787	1	4	0.0007	0.0005	0.0009	6.8
B4	1h	12:35:12	13:35:12	44.698665089	7.092893976	2142.0034	1	6	0.0002	0.0001	0.0004	999.9
C1	30'	10:15:00	10:45:00	44.698668179	7.092886298	2141.7734	1	5	0.0002	0.0002	0.0007	175.5
C2	30'	11:30:00	12:00:00	44.698665031	7.092894329	2142.0801	1	4	0.0006	0.0003	0.0011	999.9
C3	30'	12:20:00	12:50:00	44.698665091	7.092894041	2142.0431	1	5	0.0005	0.0003	0.0007	327.9
C4	30'	13:00:00	13:30:00	44.698665108	7.092893933	2141.9909	1	6	0.0002	0.0002	0.0007	999.9
D1	10'	10:10:00	10:20:00	44.698671266	7.092886736	2141.4231	1	4	0.0031	0.0007	0.0069	3.3
D2	10'	11:20:00	11:30:00	44.698662763	7.092889663	2142.4558	1	4	0.0010	0.0010	0.0091	5.7
D3	10'	12:10:00	12:20:00	44.698661815	7.092879820	2142.9300	1	4	0.0075	0.0020	0.0078	3.1
D4	10'	13:25:00	13:35:00	44.698665106	7.092893927	2141.9889	1	6	0.0003	0.0003	0.0012	79.3
E1	5'	10:15:00	10:20:00	44.698671266	7.092886736	2141.4231	1	4	0.0031	0.0007	0.0069	3.3
E2	5'	11:30:00	11:35:00	44.698666782	7.092896859	2142.2403	1	4	0.0007	0.0006	0.0028	3.3
E3	5'	12:00:00	12:05:00	44.698666794	7.092891855	2141.0359	1	4	0.0074	0.0022	0.0102	3.9
E4	5'	12:55:00	13:00:00	44.698664175	7.092882642	2141.7555	2	6	0.0136	0.0489	0.0251	1.5

Tabella 9.14: Campagna misura n.ro 1, Emlid - Mi-8, GPS+GLONASS, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	09:35:12	13:35:12	44.698665056	7.092894186	2142.0573	1	8	0.0001	0.0001	0.0002	302.3
B1	1h	09:35:12	10:35:12	44.698665018	7.092894282	2142.0680	1	7	0.0003	0.0003	0.0008	999.9
B2	1h	10:35:12	11:35:12	44.698665075	7.092894367	2142.0659	1	7	0.0002	0.0002	0.0007	798.2
B3	1h	11:35:12	12:35:12	44.698665005	7.092894275	2142.0511	1	6	0.0009	0.0005	0.0018	3.2
B4	1h	12:35:12	13:35:12	44.698664632	7.092904044	2142.1679	1	7	0.0004	0.0002	0.0007	33.7
C1	30'	10:15:00	10:45:00	44.698662401	7.092908350	2142.6448	1	6	0.0007	0.0008	0.0016	10.9
C2	30'	11:30:00	12:00:00	44.698664965	7.092894312	2142.0670	1	4	0.0011	0.0003	0.0016	5.5
C3	30'	12:20:00	12:50:00	44.698665071	7.092903728	2142.1320	1	7	0.0005	0.0003	0.0008	999.9
C4	30'	13:00:00	13:30:00	44.698665108	7.092893933	2141.9912	1	8	0.0002	0.0002	0.0007	999.9
D1	10'	10:10:00	10:20:00	44.698659309	7.092916929	2143.8509	1	6	0.0021	0.0005	0.0041	3.2
D2	10'	11:20:00	11:30:00	44.698660126	7.092906557	2143.2217	1	7	0.0006	0.0006	0.0024	3.3
D3	10'	12:10:00	12:20:00	44.698667550	7.092918282	2142.8385	1	6	0.0086	0.0012	0.0139	3.1
D4	10'	13:25:00	13:35:00	44.698665106	7.092893927	2141.9891	1	8	0.0003	0.0003	0.0012	100.6
E1	5'	10:15:00	10:20:00	44.698665474	7.092910241	2144.4069	1	6	0.0027	0.0006	0.0057	3.2
E2	5'	11:30:00	11:35:00	44.698657941	7.092919424	2144.6425	1	6	0.0007	0.0006	0.0028	3.3
E3	5'	12:00:00	12:05:00	44.698664452	7.092894083	2141.9835	1	6	0.0044	0.0012	0.0057	3.4
E4	5'	12:55:00	13:00:00	44.698663985	7.092891431	2142.2184	1	7	0.0007	0.0004	0.0012	3.0

Tabella 9.15: Campagna misura n.ro 1, Emlid - Mi-8, GPS+Galileo, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	09:35:12	13:35:12	44.698665077	7.092894175	2142.0642	1	6	0.0001	0.0001	0.0002	310.7
B1	1h	09:35:12	10:35:12	44.698665061	7.092894284	2142.0744	1	7	0.0002	0.0002	0.0007	794.8
B2	1h	10:35:12	11:35:12	44.698665079	7.092894302	2142.0689	1	5	0.0001	0.0001	0.0006	318.3
B3	1h	11:35:12	12:35:12	44.698664971	7.092894257	2142.0586	1	4	0.0008	0.0005	0.0017	4.8
B4	1h	12:35:12	13:35:12	44.698665130	7.092893974	2142.0181	1	6	0.0001	0.0001	0.0004	999.9
C1	30'	10:15:00	10:45:00	44.698665036	7.092894244	2142.0646	1	7	0.0002	0.0002	0.0008	999.9
C2	30'	11:30:00	12:00:00	44.698665031	7.092894329	2142.0802	1	4	0.0006	0.0003	0.0011	999.9
C3	30'	12:20:00	12:50:00	44.698665106	7.092894040	2142.0394	1	7	0.0005	0.0003	0.0008	22.4
C4	30'	13:00:00	13:30:00	44.698665116	7.092893935	2141.9919	1	6	0.0002	0.0002	0.0007	999.9
D1	10'	10:10:00	10:20:00	44.698665082	7.092890068	2142.1081	1	6	0.0007	0.0003	0.0016	4.5
D2	10'	11:20:00	11:30:00	44.698662763	7.092889663	2142.4558	1	4	0.0010	0.0010	0.0091	5.6
D3	10'	12:10:00	12:20:00	44.698664091	7.092889547	2142.3724	1	4	0.0059	0.0012	0.0085	3.0
D4	10'	13:25:00	13:35:00	44.698665106	7.092893927	2141.9889	1	6	0.0003	0.0003	0.0012	79.3
E1	5'	10:15:00	10:20:00	44.698668131	7.092889991	2142.5850	1	5	0.0013	0.0012	0.0032	3.1
E2	5'	11:30:00	11:35:00	44.698666779	7.092896860	2142.2377	1	4	0.0007	0.0006	0.0028	3.1
E3	5'	12:00:00	12:05:00	44.698664406	7.092894070	2141.9769	1	4	0.0044	0.0012	0.0057	13.5
E4	5'	12:55:00	13:00:00	44.698663952	7.092885077	2141.9109	2	8	0.0135	0.0466	0.0220	1.0

Tabella 9.16: Campagna misura n.ro 1, Emlid - Mi-8, GPS+BeiDou, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	09:35:12	13:35:12	44.698665057	7.092894186	2142.0580	1	6	0.0001	0.0001	0.0002	300.9
B1	1h	09:35:12	10:35:12	44.698665011	7.092894279	2142.0685	1	8	0.0003	0.0003	0.0008	999.9
B2	1h	10:35:12	11:35:12	44.698665065	7.092894341	2142.0672	1	8	0.0001	0.0001	0.0005	605.0
B3	1h	11:35:12	12:35:12	44.698665095	7.092894238	2142.0784	1	4	0.0007	0.0005	0.0009	6.6
B4	1h	12:35:12	13:35:12	44.698665089	7.092893976	2142.0034	1	6	0.0002	0.0001	0.0004	999.9
C1	30'	10:15:00	10:45:00	44.698665025	7.092894257	2142.0703	1	8	0.0002	0.0002	0.0007	999.9
C2	30'	11:30:00	12:00:00	44.698665044	7.092894306	2142.0870	1	4	0.0003	0.0002	0.0007	999.9
C3	30'	12:20:00	12:50:00	44.698665091	7.092894041	2142.0431	1	5	0.0005	0.0003	0.0007	327.9
C4	30'	13:00:00	13:30:00	44.698665108	7.092893933	2141.9909	1	6	0.0002	0.0002	0.0007	999.9
D1	10'	10:10:00	10:20:00	44.698665189	7.092890081	2142.0839	1	7	0.0014	0.0004	0.0029	13.5
D2	10'	11:20:00	11:30:00	44.698662766	7.092889664	2142.4583	1	7	0.0010	0.0010	0.0088	4.9
D3	10'	12:10:00	12:20:00	44.698662483	7.092879829	2142.1619	1	4	0.0046	0.0012	0.0049	6.8
D4	10'	13:25:00	13:35:00	44.698665106	7.092893927	2141.9889	1	6	0.0003	0.0003	0.0012	79.3
E1	5'	10:15:00	10:20:00	44.698667941	7.092886307	2141.8277	1	6	0.0025	0.0006	0.0054	3.2
E2	5'	11:30:00	11:35:00	44.698666793	7.092896869	2142.2430	1	6	0.0004	0.0004	0.0018	3.3
E3	5'	12:00:00	12:05:00	44.698664288	7.092894036	2141.9606	1	4	0.0043	0.0012	0.0056	8.7
E4	5'	12:55:00	13:00:00	44.698664175	7.092882642	2141.7555	2	6	0.0136	0.0489	0.0251	1.5

Tabella 9.17: Campagna misura n.ro 2, Emlid - Mi-8, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	07:36:00	11:36:00	44.874307029	7.062258819	2297.6742	1	4	0.0001	0.0001	0.0004	513.6
B1	1h	07:36:00	08:36:00	44.874307082	7.062258723	2297.6792	1	5	0.0002	0.0002	0.0005	999.9
B2	1h	08:36:00	09:36:00	44.874306938	7.062258864	2297.6651	1	4	0.0004	0.0003	0.0008	23.7
B3	1h	09:36:00	10:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	10:36:00	11:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	08:20:00	08:50:00	44.874307203	7.062258653	2297.6596	1	4	0.0004	0.0004	0.0010	6.2
C2	30'	09:15:00	09:45:00	44.874308850	7.062261991	2297.8234	1	4	0.0012	0.0008	0.0022	3.5
C3	30'	10:00:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	30'	10:55:00	11:25:00	44.874307851	7.062267590	2297.1154	1	4	0.0013	0.0015	0.0048	11.4
D1	10'	08:30:00	08:40:00	44.874307134	7.062258770	2297.6731	1	4	0.0004	0.0009	0.0016	21.6
D2	10'	09:45:00	09:55:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	10'	10:20:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	11:25:00	11:35:00	44.874307014	7.062258701	2297.7151	1	4	0.0007	0.0008	0.0027	3.0
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.874306555	7.062258642	2297.6006	1	4	0.0045	0.0012	0.0049	5.0
E2	5'	09:20:00	09:25:00	44.874307724	7.062252622	2297.6454	1	4	0.0017	0.0011	0.0030	3.1
E3	5'	10:10:00	10:15:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	11:00:00	11:05:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 9.18: Campagna misura n.ro 2, Emlid - Mi-8, GPS+GLONASS, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdn[m]	sde[m]	sdm[m]	ratio
A1	4h	07:36:00	11:36:00	44.874301789	7.062242274	2298.7961	1	4	0.0003	0.0003	0.0007	5.3
B1	1h	07:36:00	08:36:00	44.874301340	7.062241809	2298.7659	1	5	0.0002	0.0002	0.0005	51.3
B2	1h	08:36:00	09:36:00	44.874307010	7.062258894	2297.6239	1	4	0.0004	0.0003	0.0008	3.6
B3	1h	09:36:00	10:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	10:36:00	11:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	08:20:00	08:50:00	44.874307206	7.062258653	2297.6591	1	4	0.0004	0.0004	0.0010	6.2
C2	30'	09:15:00	09:45:00	44.874308206	7.062261342	2297.6447	1	4	0.0008	0.0006	0.0016	3.5
C3	30'	10:00:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	30'	10:55:00	11:25:00	44.874307851	7.062267590	2297.1154	1	4	0.0013	0.0015	0.0048	11.4
D1	10'	08:30:00	08:40:00	44.874307134	7.062258770	2297.6731	1	4	0.0004	0.0009	0.0016	21.6
D2	10'	09:45:00	09:55:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D3	10'	10:20:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	11:25:00	11:35:00	44.874307014	7.062258701	2297.7151	1	4	0.0007	0.0008	0.0027	3.0
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.874306532	7.062258632	2297.5968	1	6	0.0070	0.0018	0.0075	4.6
E2	5'	09:20:00	09:25:00	44.874307724	7.062252622	2297.6454	1	4	0.0017	0.0011	0.0030	3.1
E3	5'	10:10:00	10:15:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	11:00:00	11:05:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 9.19: Campagna misura n.ro 2, Emlid - Mi-8, GPS+Galileo, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	07:36:00	11:36:00	44.874307122	7.062258729	2297.6775	1	4	0.0001	0.0001	0.0003	267.1
B1	1h	07:36:00	08:36:00	44.874307070	7.062258730	2297.6834	1	7	0.0001	0.0001	0.0003	999.9
B2	1h	08:36:00	09:36:00	44.874307026	7.062258647	2297.6686	1	4	0.0010	0.0007	0.0019	4.2
B3	1h	09:36:00	10:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	10:36:00	11:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	08:20:00	08:50:00	44.874307137	7.062258665	2297.6810	1	4	0.0002	0.0002	0.0004	78.1
C2	30'	09:15:00	09:45:00	44.874307077	7.062259083	2297.6236	1	4	0.0030	0.0062	0.0075	10.6
C3	30'	10:00:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C4	30'	10:55:00	11:25:00	44.874307851	7.062267590	2297.1154	1	4	0.0013	0.0015	0.0048	11.4
D1	10'	08:30:00	08:40:00	44.874307113	7.062258737	2297.6812	1	6	0.0004	0.0009	0.0013	6.1
D2	10'	09:45:00	09:55:00	44.874306225	7.062260445	2297.5614	2	4	0.0264	0.1467	0.0433	1.1
D3	10'	10:20:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	11:25:00	11:35:00	44.874307014	7.062258701	2297.7151	1	4	0.0007	0.0008	0.0027	3.0
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.874306555	7.062258642	2297.6006	1	4	0.0045	0.0012	0.0049	5.0
E2	5'	09:20:00	09:25:00	44.874307724	7.062252622	2297.6454	1	4	0.0017	0.0011	0.0030	3.1
E3	5'	10:10:00	10:15:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	11:00:00	11:05:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 9.20: Campagna misura n.ro 2, Emlid - Mi-8, GPS+BeiDou, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	07:36:00	11:36:00	44.874307016	7.062258891	2297.6579	1	4	0.0001	0.0001	0.0003	169.7
B1	1h	07:36:00	08:36:00	44.874307080	7.062258725	2297.6783	1	8	0.0002	0.0002	0.0005	999.9
B2	1h	08:36:00	09:36:00	44.874306809	7.062258472	2297.2358	1	6	0.0007	0.0005	0.0012	4.7
B3	1h	09:36:00	10:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
B4	1h	10:36:00	11:36:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
C1	30'	08:20:00	08:50:00	44.874307260	7.062258653	2297.6476	1	7	0.0005	0.0006	0.0012	4.4
C2	30'	09:15:00	09:45:00	44.874307100	7.062259164	2297.6103	1	6	0.0022	0.0043	0.0053	20.1
C3	30'	10:00:00	10:30:00	44.874305630	7.062262196	2297.1049	1	6	0.0079	0.0119	0.0087	6.1
C4	30'	10:55:00	11:25:00	44.874307851	7.062267590	2297.1154	1	4	0.0013	0.0015	0.0048	11.4
D1	10'	08:30:00	08:40:00	44.874307138	7.062258783	2297.6711	1	7	0.0004	0.0009	0.0016	42.9
D2	10'	09:45:00	09:55:00	44.874305794	7.062257177	2297.6850	2	4	0.0447	0.0836	0.0470	1.1
D3	10'	10:20:00	10:30:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
D4	10'	11:25:00	11:35:00	44.874307014	7.062258701	2297.7151	1	4	0.0007	0.0008	0.0027	3
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.874307065	7.062258723	2297.6851	1	7	0.0006	0.0008	0.0016	7.5
E2	5'	09:20:00	09:25:00	44.874309734	7.062256024	2297.7957	1	7	0.0013	0.0008	0.0024	3
E3	5'	10:10:00	10:15:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	11:00:00	11:05:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabella 9.21: Campagna misura n.ro 3, Emlid - Mi-8, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	08:11:00	12:11:00	44.86986473	7.072475966	2610.4687	1	8	0.0001	0.0001	0.0002	8.3
B1	1h	08:11:00	09:11:00	44.86986448	7.072475855	2610.4965	1	5	0.0014	0.0016	0.0013	4.5
B2	1h	09:11:00	10:11:00	44.86986467	7.072475955	2610.4637	1	6	0.0002	0.0001	0.0004	391.9
B3	1h	10:11:00	11:11:00	44.86986469	7.072476034	2610.4475	1	5	0.0003	0.0001	0.0004	999.9
B4	1h	11:11:00	12:11:00	44.86986478	7.072475918	2610.4764	1	8	0.0002	0.0001	0.0003	10.6
C1	30'	08:50:00	09:20:00	44.86986454	7.072475757	2610.498	1	5	0.0005	0.0003	0.0011	4.3
C2	30'	10:00:00	10:30:00	44.86986473	7.072475944	2610.4732	1	4	0.0003	0.0002	0.0006	999.9
C3	30'	10:55:00	11:25:00	44.86986493	7.072476078	2610.4495	1	5	0.0006	0.0003	0.0009	999.9
C4	30'	11:35:00	12:05:00	44.86986472	7.072475866	2610.4804	1	6	0.0002	0.0001	0.0004	13.5
D1	10'	09:25:00	09:35:00	44.86986463	7.0724758	2610.5027	1	5	0.0003	0.0003	0.0011	999.9
D2	10'	10:40:00	10:50:00	44.86986578	7.0724819	2610.294	1	5	0.0006	0.0003	0.0007	999.9
D3	10'	11:05:00	11:15:00	44.86986551	7.072471095	2610.9251	1	5	0.0023	0.0008	0.0026	3
D4	10'	11:50:00	12:00:00	44.86986471	7.072475855	2610.4742	1	7	0.0005	0.0003	0.0009	3
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.86986523	7.072478001	2610.3678	1	5	0.0023	0.0012	0.0021	3
E2	5'	09:40:00	09:45:00	44.86986604	7.07247805	2610.4698	2	6	0.02	0.0377	0.0273	1
E3	5'	10:00:00	10:05:00	44.86986747	7.072478264	2609.7856	1	5	0.0018	0.0018	0.0041	3.7
E4	5'	11:45:00	11:50:00	44.86986467	7.072475936	2610.4843	1	7	0.0004	0.0002	0.0007	4.5

Tabella 9.22: Campagna misura n.ro 3, Emlid - Mi-8, GPS+GLONASS, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	08:11:00	12:11:00	44.869864728	7.072475963	2610.4755	1	8	0.0001	0.0001	0.0001	11.6
B1	1h	08:11:00	09:11:00	44.869864674	7.072475915	2610.5012	1	7	0.0002	0.0002	0.0003	48.4
B2	1h	09:11:00	10:11:00	44.869864679	7.072475958	2610.4622	1	10	0.0002	0.0001	0.0004	406.3
B3	1h	10:11:00	11:11:00	44.869870103	7.072489823	2610.2649	1	6	0.0012	0.0005	0.0021	3.2
B4	1h	11:11:00	12:11:00	44.869864775	7.072475918	2610.4765	1	8	0.0002	0.0001	0.0003	10.6
C1	30'	08:50:00	09:20:00	44.869864550	7.072475750	2610.5025	1	8	0.0005	0.0003	0.0010	5.0
C2	30'	10:00:00	10:30:00	44.869864737	7.072475948	2610.4743	1	7	0.0003	0.0002	0.0006	999.9
C3	30'	10:55:00	11:25:00	44.869864924	7.072476080	2610.4493	1	7	0.0005	0.0003	0.0009	999.9
C4	30'	11:35:00	12:05:00	44.869864720	7.072475866	2610.4804	1	9	0.0002	0.0001	0.0004	13.5
D1	10'	09:25:00	09:35:00	44.869863949	7.072473101	2610.2333	1	8	0.0004	0.0003	0.0011	376.2
D2	10'	10:40:00	10:50:00	44.869865777	7.072481900	2610.2943	1	7	0.0006	0.0003	0.0007	999.9
D3	10'	11:05:00	11:15:00	44.869865678	7.072486460	2610.3242	1	6	0.0043	0.0034	0.0082	4.1
D4	10'	11:50:00	12:00:00	44.869864713	7.072475855	2610.4742	1	7	0.0005	0.0003	0.0009	3.1
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.869863832	7.072480642	2610.6747	1	4	0.0119	0.0053	0.0021	5.8
E2	5'	09:40:00	09:45:00	44.869862093	7.072468423	2611.1783	2	10	0.0190	0.0337	0.0259	1.0
E3	5'	10:00:00	10:05:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E4	5'	11:45:00	11:50:00	44.869864667	7.072475936	2610.4842	1	9	0.0004	0.0002	0.0007	4.5

Tabella 9.23: Campagna misura n.ro 3, Emlid - Mi-8, GPS+BeiDou, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
A1	4h	08:11:00	12:11:00	44.869864729	7.072475964	2610.4751	1	8	0.0001	0.0001	0.0001	11.4
B1	1h	08:11:00	09:11:00	44.869864689	7.072475932	2610.4984	1	7	0.0002	0.0002	0.0004	43.6
B2	1h	09:11:00	10:11:00	44.869864678	7.072475957	2610.4621	1	10	0.0002	0.0001	0.0004	404.0
B3	1h	10:11:00	11:11:00	44.869864693	7.072476034	2610.4479	1	5	0.0003	0.0001	0.0004	999.9
B4	1h	11:11:00	12:11:00	44.869864775	7.072475918	2610.4765	1	8	0.0002	0.0001	0.0003	10.6
C1	30'	08:50:00	09:20:00	44.869864540	7.072475742	2610.5008	1	10	0.0004	0.0003	0.0007	999.9
C2	30'	10:00:00	10:30:00	44.869864732	7.072475946	2610.4731	1	7	0.0003	0.0002	0.0006	999.9
C3	30'	10:55:00	11:25:00	44.869864924	7.072476079	2610.4494	1	5	0.0006	0.0003	0.0009	999.9
C4	30'	11:35:00	12:05:00	44.869864719	7.072475866	2610.4804	1	6	0.0002	0.0001	0.0004	13.5
D1	10'	09:25:00	09:35:00	44.869864635	7.072475795	2610.5023	1	10	0.0004	0.0003	0.0011	3.1
D2	10'	10:40:00	10:50:00	44.869865775	7.072481900	2610.2940	1	5	0.0006	0.0003	0.0007	999.9
D3	10'	11:05:00	11:15:00	44.869863909	7.072475115	2610.6244	1	5	0.0043	0.0034	0.0082	5.5
D4	10'	11:50:00	12:00:00	44.869864713	7.072475855	2610.4742	1	7	0.0005	0.0003	0.0009	3.0
E1	5'	08:55:00	09:00:00	44.869864768	7.072473671	2610.7641	2	10	0.0202	0.0298	0.0340	1.3
E2	5'	09:40:00	09:45:00	44.869866671	7.072472362	2610.7814	1	10	0.0008	0.0003	0.0013	3.6
E3	5'	10:00:00	10:05:00	44.869866348	7.072472068	2610.9351	1	7	0.0017	0.0018	0.0040	6.7
E4	5'	11:45:00	11:50:00	44.869864667	7.072475936	2610.4843	1	7	0.0004	0.0002	0.0007	4.5

Campagna di misura di controllo

Tabella 9.24: Campagna misura di controllo, OSTA - Emlid, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdn[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
B1	1h	12:34:00	13:34:00	44.874303295	7.062258364	2297.7447	1	7	0.0001	0.0001	0.0002	42.4
B2	1h	12:54:00	13:54:00	44.874303322	7.062258471	2297.7519	1	8	0.0001	0.0001	0.0003	3.0
C1	30'	12:55:00	13:25:00	44.874303281	7.062258437	2297.7454	1	8	0.0002	0.0001	0.0004	3.0
C2	30'	13:15:00	13:45:00	44.874303465	7.062258383	2297.7617	1	8	0.0002	0.0001	0.0003	18.0
D1	10'	12:55:00	13:05:00	44.874303202	7.062258288	2297.7524	1	8	0.0002	0.0002	0.0004	54.5
D2	10'	13:05:00	13:15:00	44.874303248	7.062258361	2297.7602	1	8	0.0002	0.0002	0.0005	3.4
D3	10'	13:25:00	13:35:00	44.874303517	7.062258317	2297.7551	1	7	0.0002	0.0002	0.0005	131.1
D4	10'	13:40:00	13:50:00	44.874304461	7.062258933	2297.3231	2	8	0.0053	0.0080	0.0081	1.3
E1	5'	12:55:00	13:00:00	44.874303229	7.062258248	2297.7491	1	8	0.0002	0.0002	0.0005	3.9
E2	5'	13:20:00	13:25:00	44.874303407	7.062258531	2297.7372	1	8	0.0002	0.0002	0.0006	4.8
E3	5'	13:30:00	13:35:00	44.874303532	7.062258268	2297.7627	1	7	0.0002	0.0002	0.0006	29.6
E4	5'	13:40:00	13:45:00	44.874304610	7.062259860	2297.3432	2	8	0.0127	0.0176	0.0195	1.2

Tabella 9.25: Campagna misura di controllo, OSTA - Mi-8, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
B1	1h	12:34:00	13:34:00	44.874307069	7.062257992	2297.7153	1	4	0.0002	0.0002	0.0006	314.0
B2	1h	12:54:00	13:54:00	44.874307104	7.062257948	2297.7164	1	5	0.0002	0.0002	0.0006	7.0
C1	30'	12:55:00	13:25:00	44.874307097	7.062258019	2297.7166	1	5	0.0002	0.0002	0.0008	999.9
C2	30'	13:15:00	13:45:00	44.874307347	7.062257610	2297.7211	1	4	0.0006	0.0007	0.0025	47.7
D1	10'	12:55:00	13:05:00	44.874313497	7.062267109	2297.3075	1	6	0.0004	0.0003	0.0009	3.5
D2	10'	13:05:00	13:15:00	44.874307276	7.062258384	2297.6226	1	5	0.0008	0.0010	0.0028	3.1
D3	10'	13:25:00	13:35:00	44.874303598	7.062260189	2298.7070	1	4	0.0007	0.0010	0.0027	999.9
D4	10'	13:40:00	13:50:00	44.874311316	7.062267682	2296.7627	1	4	0.0014	0.0011	0.0053	5.6
E1	5'	12:55:00	13:00:00	44.874307972	7.062262107	2297.9892	1	6	0.0008	0.0005	0.0016	3.5
E2	5'	13:20:00	13:25:00	44.874304913	7.062255762	2298.2675	2	5	0.0391	0.0402	0.0567	2.6
E3	5'	13:30:00	13:35:00	44.874314359	7.06225836	2297.7248	2	4	0.0358	0.0595	0.0775	1.1
E4	5'	13:40:00	13:45:00	44.874303977	7.062247618	2298.4559	1	4	0.0021	0.0017	0.0139	3.3

Tabella 9.26: Campagna misura di controllo, Emlid - Mi-8, GPS only, Output procesamiento estesi

ID	duration	from [GPST]	to [GPST]	latitude[deg]	longitude[deg]	height[m]	Q	ns	sdh[m]	sde[m]	sdu[m]	ratio
B1	1h	12:34:00	13:34:00	44.874307213	7.062257927	2297.6192	1	4	0.0001	0.0001	0.0004	713.1
B2	1h	12:54:00	13:54:00	44.874307142	7.062252913	2297.2703	1	5	0.0002	0.0002	0.0007	3.0
C1	30'	12:55:00	13:25:00	44.874307096	7.062252945	2297.2848	1	5	0.0002	0.0002	0.0006	28.8
C2	30'	13:15:00	13:45:00	44.874307141	7.062258019	2297.6187	1	4	0.0008	0.0008	0.0026	262.5
D1	10'	12:55:00	13:05:00	44.874306803	7.062253319	2297.2724	1	6	0.0003	0.0002	0.0008	816.0
D2	10'	13:05:00	13:15:00	44.874307220	7.062257979	2297.5912	1	5	0.0008	0.0010	0.0028	3.0
D3	10'	13:25:00	13:35:00	44.874303554	7.062249141	2298.0552	1	4	0.0011	0.0016	0.0042	3.0
D4	10'	13:40:00	13:50:00	44.874307085	7.062258103	2297.6073	1	4	0.0010	0.0008	0.0034	3.2
E1	5'	12:55:00	13:00:00	44.874306730	7.062253471	2297.2742	1	6	0.0004	0.0003	0.0010	999.9
E2	5'	13:20:00	13:25:00	44.874307227	7.062257676	2297.6693	1	4	0.0010	0.0017	0.0040	6.8
E3	5'	13:30:00	13:35:00	44.874307122	7.062253941	2297.8304	1	4	0.0015	0.0019	0.0055	3.0
E4	5'	13:40:00	13:45:00	44.874298699	7.062244466	2298.5658	1	4	0.0021	0.0020	0.0074	3.6

Bibliografia e Sitografia

- [1] Safaa Dawoud, *GNSS principles and comparison*, Potsdam University, 2012.
- [2] Dispense dal corso di Geomatica a cura del Prof. Paolo Dabove.
- [3] Alberto Cina, *Dal GPS al GNSS (Global Navigation Satellite System)*, Celid, 2014.
- [4] Cannarozzo R. Cucchiaroni L. Meschieri W., *Misure, rilievo, progetto Vol.2*, Zanichelli, 2012.
- [5] Dispense dal corso di Environmental Spatial Analysis a cura del Prof. Paolo Dabove.
- [6] ESA GNSS Science Support Centre - Navipedia - GPS Signal plan.
https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GPS_Signal_Plan
- [7] ESA GNSS Science Support Centre - Navipedia - GLONASS Signal plan.
https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GLONASS_Signal_Plan
- [8] ESA GNSS Science Support Centre - Navipedia - Galileo Signal plan.
https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Signal_Plan
- [9] ESA GNSS Science Support Centre - Navipedia - BeiDou Signal plan.
https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/BeiDou_Signal_Plan
- [10] Jacek Paziewski, *Recent advances and perspectives for positioning and applications with smart-phone GNSS observations*, University of Warmia and Mazury, Measurement Science and Technology, 2020.
- [11] Dabove P. Di Pietra V., *Towards high accuracy GNSS real-time positioning with smartphones*, Politecnico di Torino, Advances in space research, 2018.
- [12] Servizio SPIN3 GNSS - Servizio di Posizionamento Interregionale GNSS Lombardia, Piemonte, Valle d'Aosta.
<https://www.spingnss.it/spiderweb/frmIndex.aspx>
- [13] Richard B. Langley, *Dilution of Precision*, University of New Brunswick, GPS world, 1999.
- [14] Sistemi di riferimento temporali a confronto.
<http://www.leapsecond.com/java/gpsclock.htm>
- [15] International GNSS Service (IGS) - RINEX Working Group and Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee 104 (RTCM-SC104), *RINEX - The Receiver Independent Exchange Format version 3.03*, 2015.
- [16] Software RTKLIB scaricabile dal sito:
<https://docs.emlid.com/reachrs/tutorials/post-processing-workflow/gps-post-processing/>

[17] *RTKLIB ver.2.4.2 Manual*, 2013.

[18] Ambrogio M. Manzano, *Quaderni di Topografia Vol.1 - Geodesia, Cartografia, Trattamento delle misure*, Levrotto&Bella, 2017.

[19] Software ConveRgo scaricabile dal sito:
https://www.cisis.it/?page_id=3214

[20] *Manuale d'uso software ConveRgo*.

[21] Emlid Reach RS2 - Tutorials, *Placing the base*.
<https://docs.emlid.com/reachrs2/tutorials/basics/placing-the-base>