

RAPPORTI TECNICI INGV

La nuova configurazione
dell'osservatorio geomagnetico
presso la base italiana in Antartide
Stazione Mario Zucchelli



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

466

Direttore Responsabile

Valeria DE PAOLA

Editorial Board

Milena MORETTI - Editor in Chief (editorinchief.collane-editoriali@ingv.it)

Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)

Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)

Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)

Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)

Luigi CUCCI (luigi.cucci@ingv.it)

Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)

Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)

Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)

Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)

Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)

Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)

Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi@ingv.it)

Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

Segreteria di Redazione

Francesca DI STEFANO - Coordinatore

Rossella CELI

Robert MIGLIAZZA

Barbara ANGIONI

Massimiliano CASCONI

Patrizia PANTANI

Tel. +39 06 51860068

redazione@ingv.it

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale

di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

RAPPORTI TECNICI INGV

La nuova configurazione dell'osservatorio
geomagnetico presso la base italiana in
Antartide Stazione Mario Zucchelli

*The new setup of the Geomagnetic Observatory
at the Italian base in Antarctica
Mario Zucchelli Station*

Giovanni Benedetti, Paolo Bagiacchi, Achille Zirizzotti, Domenico Di Mauro

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 2

Accettato 21 marzo 2023 | Accepted 21 March 2023

Come citare | How to cite Benedetti G., Bagiacchi P., Zirizzotti A., Di Mauro D., (2023). La nuova configurazione dell'osservatorio geomagnetico presso la base italiana in Antartide Stazione Mario Zucchelli. Rapp. Tec. INGV, 466: 1-24, <https://doi.org/10.13127/rpt/466>

In copertina Immagine satellitare dell'area della base antartica Mario Zucchelli | Cover Satellite image of the Mario Zucchelli antarctic base area

466

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	7
Introduzione	7
1. L'osservatorio geomagnetico	8
2. Strumentazione magnetica	9
3. <i>Upgrade</i> strumentazione magnetica	10
4. Impianto di alimentazione e comunicazione	12
5. Schemi della strumentazione dell'osservatorio	14
6. Il sistema di acquisizione e il flusso dati	17
7. Confronto dati	18
Ringraziamenti	21
Bibliografia	21
Sitografia	21

Riassunto

Questo rapporto tecnico descrive la strumentazione installata nell'osservatorio geomagnetico in Antartide presso la base Italiana "Mario Zucchelli" e gestito completamente dal personale INGV della sezione Roma 2. L'osservatorio acquisisce con continuità i dati del campo magnetico terrestre in Antartide dal 1986. La misura delle componenti del campo magnetico e delle sue variazioni in Antartide sono molto importanti per gli studi di geomagnetismo in quanto eseguite vicino al polo nord geomagnetico, in una regione sede di importanti fenomeni magnetici come le aurore polari e di interazioni tra il campo magnetico terrestre e il vento solare. Presso l'osservatorio vengono effettuate periodicamente da un operatore delle misure assolute di campo magnetico che servono a garantire gli alti standard di qualità dei dati degli osservatori. La strumentazione geomagnetica installata presso l'osservatorio viene controllata e aggiornata annualmente. Gli aggiornamenti effettuati durante le ultime campagne di ricerca sono descritti dettagliatamente in questo rapporto tecnico.

Abstract

This technical report describes the instrumentation installed in the Antarctic geomagnetic observatory at the Italian base "Mario Zucchelli" and managed by INGV staff. The observatory continuously acquires measurements the Earth's magnetic field in Antarctica since 1986. The measurements of the field components and its variations in Antarctica are very important for geomagnetic studies as it is close to the geomagnetic north pole and site of important magnetic phenomena such as the polar lights (Aurora), and interactions between the Earth's magnetic field and the solar wind. Periodic absolute measurements are carried out by an operator to ensure the high quality standards of the observatory data. The geomagnetic instrumentation installed at the observatory is checked annually and periodically updated. The updates made during the latest research campaigns are detailed in this technical report.

Keywords Aggiornamenti; Osservatorio; MZS | Upgrade; Observatory

Introduzione

L'Italia è in Antartide con una propria base e con un impegnativo programma scientifico dalla seconda metà degli anni ottanta. Le ricerche italiane si articolano nell'ambito del PNRA (Programma Nazionale di Ricerca in Antartide), il programma nazionale a cui partecipa tutto il sistema di ricerca italiano.

La Stazione Mario Zucchelli (MZS) è una delle due stazioni scientifiche italiane in Antartide. Denominata inizialmente Baia Terra Nova, è stata rinominata nel 2005 in ricordo dell'Ing. Mario Zucchelli, che per molti anni fu a capo del Progetto Antartide dell'ENEA. Iniziata a costruire durante la seconda spedizione italiana in Antartide (1986-1987) e resa pienamente operativa durante la quarta spedizione (1988-1989), la stazione Mario Zucchelli si trova su una piccola penisola rocciosa lungo la costa della Terra Vittoria settentrionale, tra le lingue dei ghiacciai *Campbell* e *Drygalski* (Coordinate: 74°42' Sud e 164°07' Est, a 15 m s.l.m.). L'area su cui sorgono gli edifici e gli impianti dispone di accessi al mare e le piccole insenature presenti si prestano allo scarico e al carico dei materiali a seconda del periodo dell'anno. All'inizio dell'estate, fine

ottobre, quando il mare circostante è ancora ricoperto dai ghiacci, la nave scarica i materiali sulla banchisa, e da qui vengono trasportati presso la stazione mediante convogli di slitte. Invece, alla fine dell'estate, a febbraio, quando il ghiaccio lascia il posto all'acqua, si utilizza un piccolo molo e una chiatta per i collegamenti tra terra e nave. La base è aperta soltanto durante la stagione estiva, che va da fine ottobre a metà febbraio, e ospita mediamente 80 persone, offrendo alloggio e supporto logistico ai partecipanti delle spedizioni italiane e ai ricercatori che operano in campi remoti o in transito verso Concordia, costruita e gestita in collaborazione con la Francia.

1. L'osservatorio geomagnetico presso la Stazione Mario Zucchelli

Nel quadro del programma Italiano della ricerca scientifica in Antartide (PNRA), durante l'estate australe 1986-1987 è stato installato a Baia Terra Nova dal personale dell'INGV il primo osservatorio magnetico italiano su territorio antartico [Cafarella et al., 2004]. Nonostante la base sia presidiata solo durante il periodo estivo, dal 1992 l'osservatorio funziona anche durante l'inverno in modo automatico. L'osservatorio è stato realizzato inizialmente in una zona denominata "Punta Stocchino", una penisola rocciosa che sorge di fronte le aree principali della base. Ha funzionato in questo sito per circa quattordici anni, finché nell'anno 2000 si è deciso di spostarlo in una sede più isolata. Con il passare degli anni, l'espansione della base ha reso infatti il vecchio sito poco adatto alla registrazione delle componenti del campo magnetico. Dal 2000 la sede dell'osservatorio geomagnetico è la struttura in prossimità della base denominata OASI, posizionato su una collina a qualche centinaio di metri dagli edifici principali. All'interno di OASI è stato realizzato un laboratorio elettronico per l'osservatorio geomagnetico. Davanti la struttura sono stati installati i nuovi *shelter* per l'alloggiamento della strumentazione [Cafarella et al., 2004].

Figura 1 Immagine satellitare dell'area della base antartica Mario Zucchelli.

Figure 1 Satellite image of the Mario Zucchelli antarctic base area.



La Figura 1 è un'immagine satellitare dell'area della base italiana, dove è possibile vedere la dislocazione di tutte le strutture della base e dell'osservatorio.

L'osservatorio è costituito da quattro *shelter* (Figura 2 in alto). Nella parte destra della figura compaiono gli *shelter* amagnetici realizzati in legno posti a distanza dalle varie fonti di rumore elettromagnetico, dedicati all'alloggiamento della strumentazione magnetica e all'esecuzione delle misure assolute. Sulla sinistra gli *shelter* in metallo, che ospitano i sistemi di acquisizione dati, il sistema di alimentazione e l'impianto fotovoltaico. In basso nella Figura 2 la struttura di OASI che ospita, oltre a vari laboratori di altri progetti di ricerca, anche il laboratorio di elettronica dell'osservatorio, dove vengono eseguite le riparazioni e il controllo della strumentazione geomagnetica.



Figura 2 Gli shelter dell'osservatorio (in alto), OASI (in basso).

Figure 2 The shelter of the observatory (top), OASI (bottom).

2. Strumentazione magnetica

L'osservatorio è equipaggiato con due sistemi di misura paralleli, uno principale (*TNB1*) e uno di ridondanza (*TNB2*). Entrambi sono costituiti da un magnetometro scalare ad effetto *Overhauser*, per la misura del campo totale F , e da un magnetometro vettoriale, per la misura delle tre componenti del campo nel sistema di riferimento H, D, Z , materializzato da tre sensori ortogonali [Cafarella et al., 2016]. I magnetometri sono orientati nel meridiano magnetico con la componente "X" del sensore magnetico nella direzione del campo nel piano orizzontale. La strumentazione scalare è di manifattura canadese [GEM Scalar Magnetometers for Observation], mentre la strumentazione vettoriale ucraina [LEMI Sensors]. Come da *standard INTERMAGNET* il magnetometro scalare del sistema principale è posizionato all'interno dello *shelter* misure assolute, mentre il resto degli strumenti magnetici alloggia nello *shelter* dedicato alla strumentazione (schemi Figure 12 e 13). Durante la permanenza estiva, ogni giorno vengono eseguite manualmente le misure assolute di declinazione e inclinazione del campo magnetico. Queste misure sono necessarie per attribuire il livello di zero (*offset*) agli strumenti che misurano con continuità le variazioni delle tre componenti del campo. Infatti i sensori *fluxgate* dei magnetometri vettoriali misurano solamente le variazioni del campo magnetico, che vanno corrette attraverso le misure assolute [Cafarella et al., 2016]. Inoltre i sensori sono molto sensibili alle variazioni di temperatura, per cui le misure assolute diventano fondamentali. Lo strumento per l'esecuzione di queste misure è un DIM centesimale della *Mingeo* di manifattura ungherese [DIM].

Durante la XXXIV campagna italiana in Antartide è stato messo a punto un nuovo strumento chiamato *dIdD* [Suspended *dIdD* for Monitoring changes in the Earth's Inclination and Declination] anch'esso della *GEM System* collegato al sistema *TNB3* (schema Figura 12). Questo particolare strumento, che trova alloggio nello *shelter* delle misure assolute, ha la capacità di misurare, attraverso un unico sensore ad effetto *Overhauser*, sia le componenti del campo

magnetico terrestre (H, D e Z) che la sua intensità totale (F). Accedendo e spegnendo in successione delle bobine di *Helmholtz* esegue delle misure automatiche delle componenti che vengono calcolate con un *software* specifico, Questo metodo, come le misure dell'intensità del campo, non necessita delle misure assolute manuali perché è molto preciso e stabile. Si riesce quindi a colmare in modo automatico l'assenza delle misure assolute manuali durante l'inverno australe, stagione in cui non possono essere eseguite perché la base non è presidiata.

3. Upgrade sulla strumentazione magnetica

Nei trentasette anni di attività dell'osservatorio, si è susseguita una moltitudine di strumentazione differente, con continui aggiornamenti e migliorie. Originariamente solo gli strumenti scalari disponevano di una comunicazione di tipo digitale, mentre la strumentazione vettoriale era del tutto analogica. Il collocamento della strumentazione magnetica deve essere il più possibile lontano da fonti di rumore elettromagnetico affinché si ottenga una buona qualità del dato. Lungo il sito dell'osservatorio si trovavano grandi cavi multi coppia per permettere al segnale analogico, proveniente dai sensori posizionati a monte, di giungere verso le macchine di acquisizione a valle.

Le ultime campagne antartiche sono state decisive per la completa sostituzione della strumentazione analogica con quella digitale. Sono stati installati magnetometri vettoriali e scalari di ultima generazione.

Alcune operazioni importanti hanno riguardato un attento studio dei dati, prima e dopo la sostituzione degli strumenti. Si è cercato quindi di migliorare alcuni aspetti che riguardavano la posizione dei sensori, la stabilità termica ed il posizionamento dei cavi e delle centraline elettroniche. Sono state realizzate delle nuove casse in legno coibentate e riscaldate per permettere l'alloggiamento dei nuovi strumenti. Sono stati utilizzati materiali amagnetici come legno, alluminio, rame e film riscaldanti amagnetici per la termostatazione. Anche i pilastri dove alloggiavano i sensori magnetici sono stati rivestiti al loro interno da uno strato di lana di roccia, un ottimo isolante termico, ed è stato sostituito il vecchio impianto di riscaldamento. In questo modo si è cercato di ottenere un miglior risultato per quanto riguarda l'isolamento e la riduzione delle variazioni della temperatura, sia della parte elettronica che dei sensori. Avere una temperatura costante durante tutto l'anno infatti è una condizione fondamentale affinché non compaiano derive di tipo termico su una lunga registrazione di dati magnetici.

La strumentazione scalare ad effetto *Overhauser* lavora con una radiofrequenza che permette al sensore di polarizzarsi e di misurare l'intensità totale del campo (indicata con F). È importante distanziare questo tipo di strumenti da quelli vettoriali per evitare che la radiofrequenza dei magnetometri scalari si accoppi ai segnali degli altri strumenti (*plot* dati Figure 18, 19 e 20). A tale proposito si è studiata una migliore collocazione degli strumenti, realizzando supporti in legno e sistemando adeguatamente i cavi per ridurre il più possibile questo fenomeno (*plot* dati Figure 21, 22 e 23). Nelle Figure 3 e 4 si vedono i lavori effettuati nello *shelter* strumentazione per isolare l'elettronica dei magnetometri e i pilastri, rivestiti in alluminio, che contengono i sensori *fluxgate*.

Anche all'interno dello *shelter* misure assolute sono stati eseguiti degli upgrade sia strumentali (nuovi magnetometri e teodolite) che funzionali (supporti e riscaldamento). In Figura 5 un'immagine dello *shelter* misure assolute dopo gli ultimi interventi, dove è stato montato un film riscaldante lungo la parete della struttura (in sostituzione del precedente che era montato a spirale su sé stesso). Questo film funge da stufa, la quale permette di mantenere una temperatura costante durante l'esecuzione delle misure manuali (i forti sbalzi termici dovuti alla presenza del sole o meno, generano delle deformazioni strutturali sul metallo del teodolite rendendo le misure effettuate non affidabili).



Figura 3 Magnetometri nello *shelter* strumentazione durante l'esecuzione dei lavori di installazione.
Figure 3 Magnetometers in the instrumentation shelter during the execution of the installation works.



Figura 4 Il sensore (a sinistra) e l'elettronica (a destra) del magnetometro LEMI con la nuova coibentazione e il sistema di termostatazione.
Figure 4 The sensor (left) and electronics (right) of the LEMI magnetometer with the new insulation and thermostating system.



Figura 5 Strumenti magnetici nello *shelter* misure assolute. In alto l'interno dello *shelter* dove è visibile il magnetometro scalare. Al centro il teodolite per le misure assolute e in basso, lungo le pareti, il film riscaldante.
Figure 5 Magnetic instruments in the absolute measurements shelter. At the top, positioned inside the shelter, the scalar magnetometer is visible, at the center the theodolite for absolute measurements and, along the walls, the heating film.

All'interno di questo *shelter* è stata collocata una scatola coibentata e termostata contenente l'elettronica del magnetometro *dIdD* [Suspended *dIdD*], mentre il sensore (che funziona anche a bassa temperatura) è situato all'esterno in un apposito box amagnetico montato su roccia (Figura 6).

Figura 6 Il sensore *dIdD* situato all'esterno dello *shelter* misure assolute.

Figure 6 The *dIdD* sensor located outside the absolute measurements shelter.



4. Impianto di alimentazione e comunicazione

Un'altra innovazione effettuata in questi anni presso l'osservatorio geomagnetico è la standardizzazione dell'impianto di alimentazione con quello degli altri osservatori Italiani gestiti dall'INGV, che ha permesso di utilizzare una tecnologia consolidata e sperimentata negli anni. Originariamente il sistema principale *TNB1* funzionava a 220V e quello secondario a 12V (con batterie e pannelli solari). I motori estivi e invernali della base, con gli impianti *UPS* (*Uninterruptible Power Supply*), garantivano la continuità dell'energia a 220V durante tutto l'anno. Nelle fasi di apertura e chiusura della base, durante il passaggio dai motori estivi a quelli invernali e viceversa, spesso accadevano però dei *blackout* energetici che causavano l'interruzione del sistema di acquisizione e la perdita di dati (Figura 24). Inoltre, anche durante il periodo estivo le continue manutenzioni e installazioni di nuovi apparati da parte della logistica della base facevano sì che il sistema *UPS* fosse spesso compromesso. Per evitare questa perdita di dati causata dalla mancanza dell'energia elettrica si è deciso quindi di realizzare un sistema *UPS* dell'osservatorio legato al nuovo impianto di alimentazione.

Inizialmente sono stati posati dei cavi per l'energia a 12V, usando un cavo 2x6 mm² con una guaina adatta alle basse temperature. La tecnica utilizzata è quella usata negli osservatori geomagnetici italiani, ovvero è stato posato un cavo per ogni apparato da alimentare (nella Figura 7 i cavi di alimentazione sono rappresentati in verde). Questo sistema di distribuzione dell'energia, attraverso un dispositivo di switching per la gestione delle alimentazioni *RPC* (*Remote Power Control*) della *WTI* [*Western Telematic, Inc*], permette un controllo da remoto su ogni singolo apparato in funzione, in modo da poter eseguire dei *reset* strumentali dall'Italia quando necessario (schema Figura 11). Gli accumulatori di energia del sistema secondario alloggiavano originariamente all'esterno. Durante i lavori le batterie sono state collocate nello *shelter* acquisizione ed utilizzate come *UPS* per i sistemi *TNB1*, *TNB2* e *TNB3* (visibili nella Figura 8).

Sono stati installati dei nuovi alimentatori lineari (gli alimentatori *switching* generano disturbi alla strumentazione magnetica) per il funzionamento di tutti gli apparati, limitati ad una corrente massima di circa 20A per la ricarica delle batterie. Dei diodi di potenza montati su opportuni dissipatori bloccano le correnti di ritorno dalle batterie verso gli alimentatori (schema Figura 10). L'impianto fotovoltaico è stato mantenuto, ma anche qui sono stati sostituiti tutti i pannelli solari aggiungendone due sul lato OVEST. Ogni pannello è stato collegato con dei nuovi cablaggi, usando un cavo per ogni pannello che converge all'interno dello *shelter*. Questo sistema permette di controllare le tensioni all'interno dello *shelter* attraverso i quadri di collegamento anche quando le condizioni climatiche impediscono di stare a lungo all'esterno. Sono stati installati dei nuovi regolatori di tensione *PROSTAR* da 30A ciascuno. L'impianto fotovoltaico garantisce quindi una ulteriore ricarica delle batterie durante la stagione estiva, aumentando

l'efficienza energetica e garantendo maggiore continuità ai sistemi di acquisizione. Attualmente l'impianto fotovoltaico è stato configurato per ricaricare gli accumulatori di tutti i sistemi in funzione (schema Figura 11).

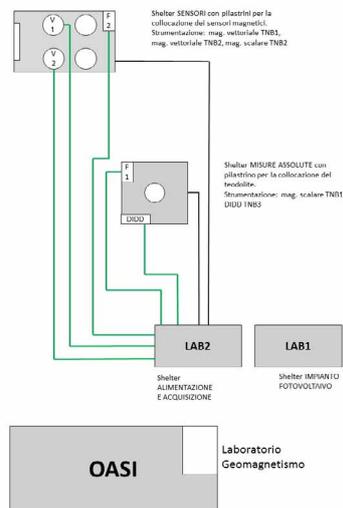


Figura 7 Dislocazione spaziale dei locali dell'osservatorio e della strumentazione magnetica. Le linee in verde rappresentano i cavi di alimentazione a 12V, mentre le linee in nero rappresentano i cavi di comunicazione in fibra ottica.

Figure 7 Spatial location of the observatory and magnetic instrumentation rooms. The green lines represent the 12V power cables, while the black lines represent the optic fiber communication cables.



Figura 8 A sinistra, immagine dello shelter acquisizione. Sono visibili in basso le batterie dei tre sistemi, gli alimentatori lineari, il dispositivo per la gestione delle alimentazioni da remoto WTI, i media converter e le scatole di derivazione delle fibre ottiche. A destra un'immagine del dettaglio delle batterie del sistema TNB1 con la scatola di derivazione dei cavi di alimentazione e un'immagine dei nuovi cavi di alimentazione e comunicazione per gli altri due shelter.

Figure 8 Left, image of the acquisition shelter. The batteries of the three systems, the linear power supplies, the remote power management device WTI, the media converters and the junction boxes of the optical fibers are visible at the bottom. On the right, an image of the TNB1 system battery detail with the power cable junction box and an image of the new power and communication cables for the other two shelters.

Tutta la nuova strumentazione digitale necessitava di nuove linee di comunicazione dati. Lo shelter dedicato alla strumentazione dista più di cento metri dal locale acquisizione mentre quello per le misure assolute oltre i cinquanta metri. Per garantire un corretto funzionamento della comunicazione RS232 anche a 115200 bps sulle lunghe distanze, (ma anche per isolare galvanicamente le porte RS232 sia sulle macchine di acquisizione che sugli strumenti), è stato installato un impianto in fibra ottica (nella Figura 9 i cavi in fibra ottica sono visibili in nero).

Per l'installazione sono stati utilizzati cavi multi coppia per garantire un canale di comunicazione ad ogni apparato disposto nell'osservatorio. Il cavo dispone di una doppia guaina rinforzata adatta alle basse temperature. Per la conversione del segnale da ottico a elettrico sono stati utilizzati dei *media converter* MOXA in grado di lavorare a temperature fino a -40° C. Nella Figura 9 un particolare dell'interno dello *shelter* sensori, dove arrivano i cavi di alimentazione e i cavi in fibra ottica, collegati ai *media converter* con le fibre ottiche color arancio.

Figura 9 Shelter sensori, derivazione cavi di alimentazione e cavi di comunicazione in fibra ottica sui *media converter*.

Figure 9 Sensor shelters, power cable shunts and fiber optic communication cables on the *media converters*.



5. Schemi della strumentazione dell'osservatorio

Nelle figure seguenti sono illustrati tutti i collegamenti della strumentazione dell'osservatorio. In particolare nella Figura 10 è riportato lo schema della strumentazione nello *shelter* acquisizione e alimentazione. Per via della limitata disponibilità dei canali del dispositivo *RPC WTI* (gruppo A e gruppo B con 4 canali ciascuno), il sistema *TNB3* ha il magnetometro collegato sul *circuit B* e la macchina di acquisizione sul *circuit A*.

Nella Figura 11 è visibile lo schema dei collegamenti dell'impianto fotovoltaico con i due array di pannelli solari, i dispositivi di collegamento e i regolatori di carica delle batterie *Prostar P30*. Nella Figura 12 lo schema dei collegamenti della strumentazione nello *shelter* misure assolute. All'interno sono installati il teodolite *D/I* (durante la campagna estiva), il magnetometro scalare *F1* del sistema *TNB1* e il *dIdD* (sistema *TNB3*).

Infine nella Figura 13 la strumentazione nello *shelter* sensori. All'interno sono installati il magnetometro vettoriale *V1* del sistema *TNB1* e i magnetometri vettoriale e scalare (*V2* e *F2*) del sistema *TNB2*.

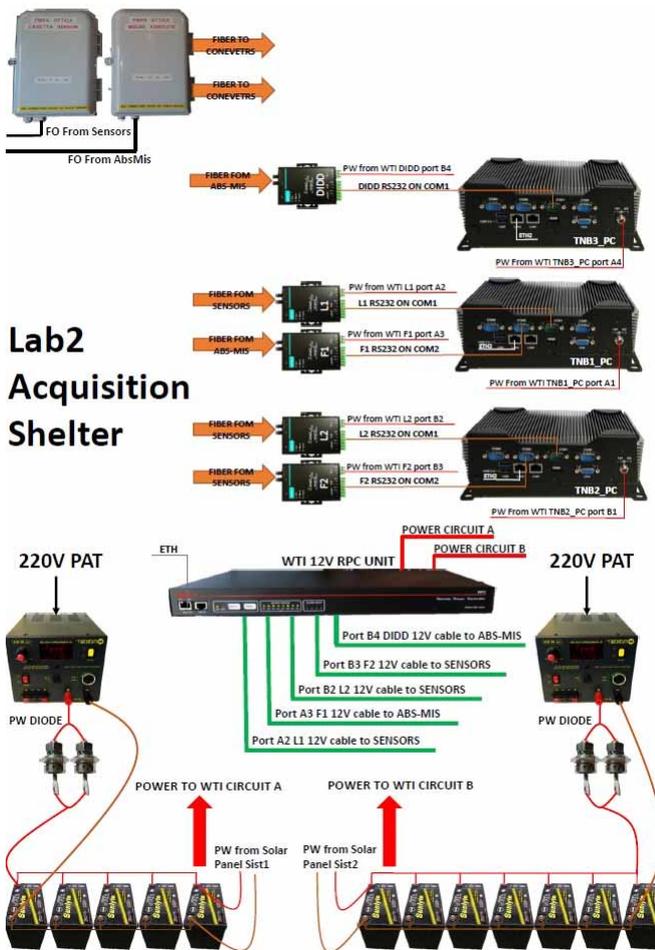


Figura 10 Schema shelter acquisizione / alimentazione.
 Figure 10 Acquisition / power supply shelter scheme.

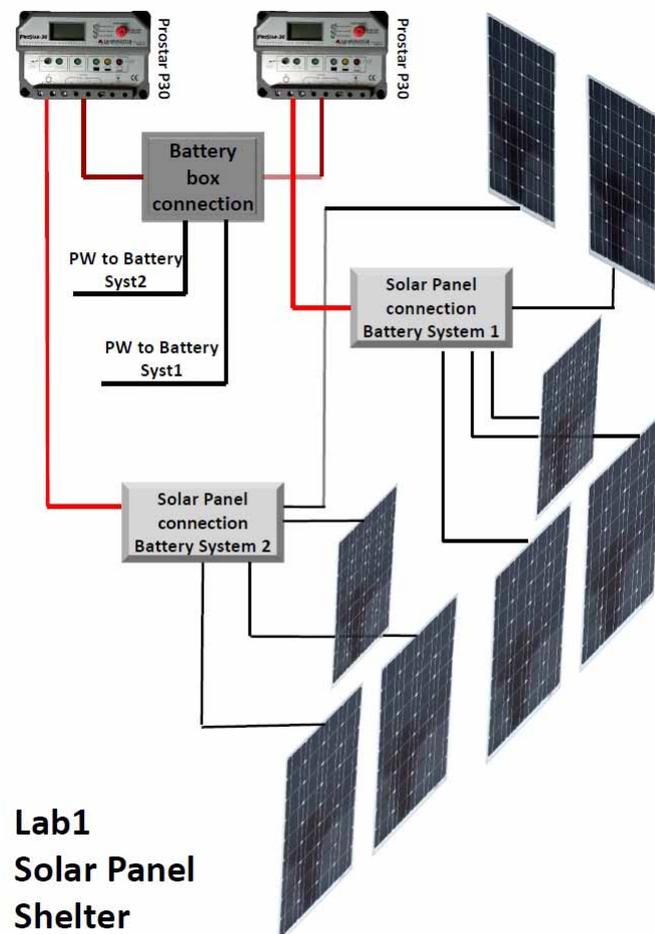
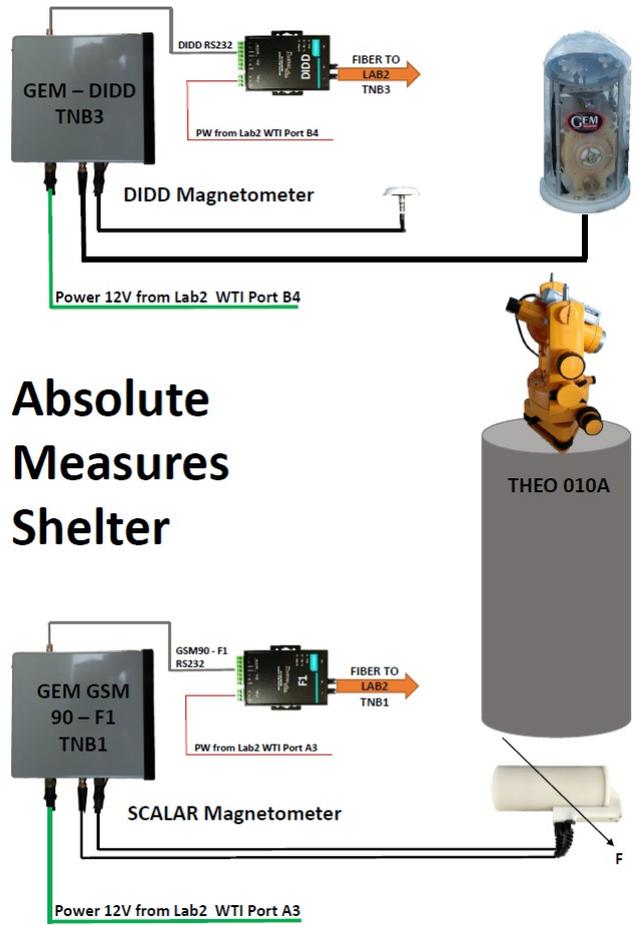


Figura 11 Schema shelter impianto fotovoltaico.
 Figure 11 Photovoltaic system shelter diagram.

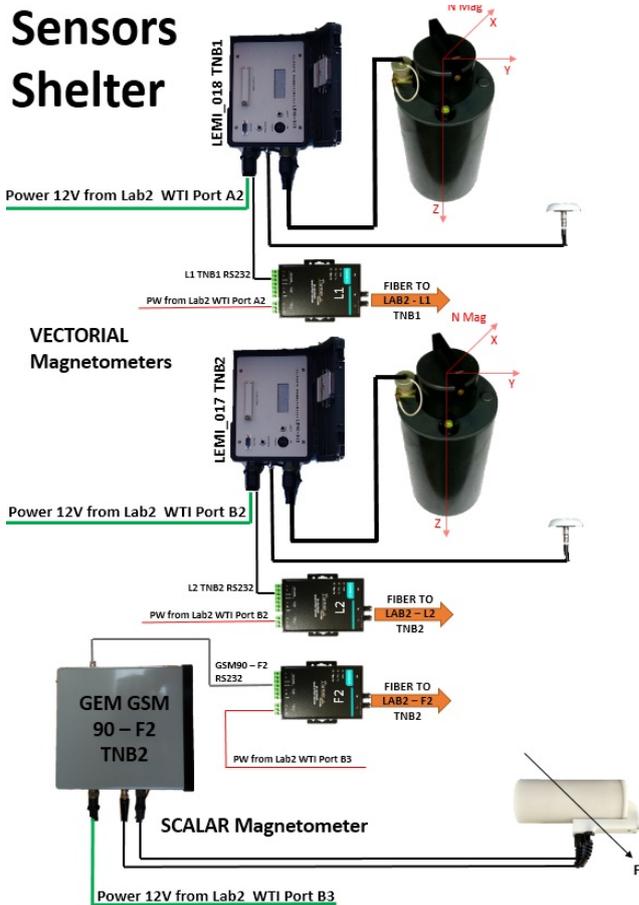
Lab1
Solar Panel
Shelter

Figura 12 Schema shelter misure assolute.
 Figure 12 Absolute measurements shelter scheme.



Absolute Measures Shelter

Figura 13 Strumentazione all'interno dello shelter sensori.
 Figure 13 Instrumentation inside the sensors shelter.



Sensors Shelter

6. Il sistema di acquisizione e il flusso dati

Ogni sistema in funzione nell'osservatorio geomagnetico dispone di una macchina per l'acquisizione dati basata su *PC embedded* a 12V a basso consumo energetico *AAEON BOXER 6614* (Figura 10), sulla quale convergono i dati dei magnetometri del relativo sistema. Tutti i sistemi acquisiscono alla frequenza di 1 Hz ed il *timing GPS* è dato dai magnetometri LEMI per quanto riguarda i sistemi *TNB1* e *TNB2*, mentre per il sistema *TNB3* dal magnetometro *dIdD* (schemi Figure 12 e 13).

Su ogni macchina risiede il *software* di acquisizione ed elaborazione dati *MAGO* (*MAGnetic Observatory*) sviluppato in INGV [Bagiacchi et al., 2021]. *MAGO* registra i dati localmente e parallelamente li invia, in tempo reale, tramite protocollo *TCP-IP* al *software* *Grafterm* presente su un *server* (ubicato fisicamente presso la sede INGV di Roma) che provvede all'inserimento dei dati nel database centrale (*GeomagDB*).

Il *software* produce due tipi di file: un file di tipo *custom* ed un file al minuto in formato *IAGA* [*International Association of Geomagnetism and Aeronomy*]. Il file *custom* contiene, relativamente al magnetometro vettoriale, i dati *raw* al secondo e i dati relativi alla temperatura del sensore e dell'elettronica. Mentre per il magnetometro scalare contiene i dati registrati ogni 5 secondi ed il parametro di qualità del dato. Il file contenente i dati al minuto in formato *IAGA* è ottenuto filtrando i dati al secondo in base allo *standard Intermagnet* [*International Real-time Magnetic Observatory Network*] descritto nel manuale tecnico [*Intermagnet, Technical Manual*]. Entrambi i file vengono mantenuti sul disco rigido locale del pc di acquisizione fino ad avvenuto salvataggio sul database *GeomagDB* ed avvenuto trasferimento via *FTP* sul *NAS* istituzionale, in modo da garantirne la conservazione. Per facilitare il trasferimento via *FTP* dei file al secondo, essi vengono compressi da un programma eseguito con cadenza giornaliera.

Per il trasferimento dei dati l'ENEA ha messo a disposizione il sistema *HERMES*, attraverso il quale i dati al secondo e al minuto vengono trasferiti prima via *FTP* ad un *server* in Italia, ubicato presso la sede di ENEA Casaccia, per poi essere trasferiti al server INGV *Geomag* sempre in *FTP*. Questo procedimento è necessario in quanto la banda di rete a disposizione per la base italiana è limitata, quindi non sono permesse connessioni ad internet aperte sia in entrata che in uscita (in Figura 14 è rappresentato lo schema di rete dell'osservatorio geomagnetico).

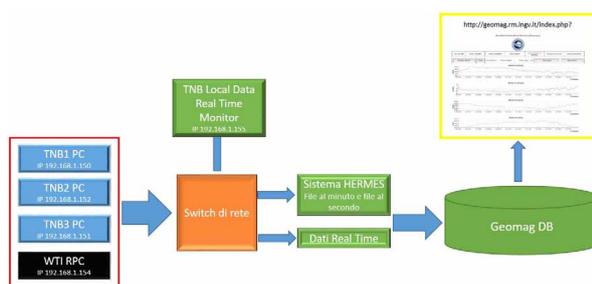


Figura 14 Schema di rete dell'osservatorio geomagnetico antartico.

Figure 14 Network diagram of the Antarctic geomagnetic observatory.

Per il trasferimento dei dati in *Real Time* verso l'Italia è stato aperto invece un canale di comunicazione dedicato, in modo che ogni sistema possa inviare i dati al minuto dall'Antartide verso il server INGV *Geomag*, permettendo la visualizzazione dei grafici sul sito in tempo reale. Nel laboratorio di geomagnetismo di OASI è stato sviluppato un monitor dati *Real Time* (vedi Figure 15 e 16), ovvero un sistema che riceve anch'esso i dati al minuto e in tempo reale ne permette la visualizzazione nelle 24 ore. Inoltre, questo *software* esegue delle differenze tra le componenti di ciascun sistema, metodo che serve a determinare il corretto funzionamento dei magnetometri e l'insorgere di eventuali disturbi. L'operatore che esegue le misure assolute può quindi avvalersi di questo strumento per verificare che ci sia una condizione di quiete magnetica prima di svolgere le misurazioni con il teodolite.

Figura 15 Immagine del monitor *Real Time* nell'osservatorio geomagnetico di OASI.

Figure 15 Image of the *Real Time* monitor in the OASI geomagnetic observatory.

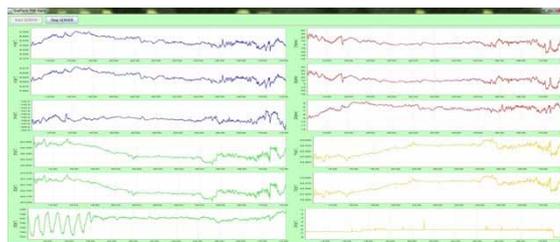
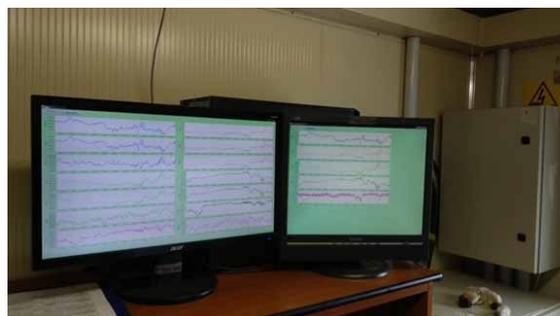


Figura 16 La macchina che gestisce il *Real Time* locale di tutti i sistemi presenti in osservatorio.

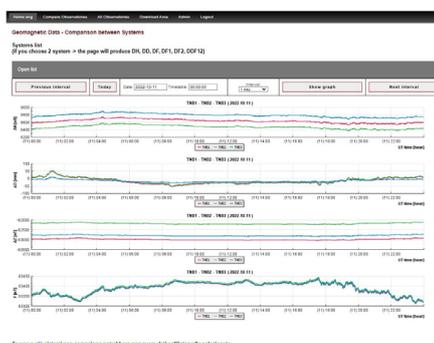
Figure 16 The machine that manages the local *Real Time* of all the systems present in the observatory.



Dal sito web *Geomag* [<http://geomag.rm.ingv.it/index.php>] è possibile visualizzare e scaricare i dati degli osservatori geomagnetici italiani e antartici gestiti dall'INGV. Il personale autorizzato dispone di un account per la visualizzazione dei sistemi secondari e di ridondanza, nonché di funzionalità per effettuare il confronto dati tra più sistemi o osservatori. Inoltre ci sono delle funzioni per osservare il rumore e i disturbi attraverso la differenza tra le varie componenti. Nella Figura 17 è visibile il confronto dati tra i tre sistemi, *TNB1*, *TNB2*, *TNB3*, in funzione nell'osservatorio geomagnetico di MZS.

Figura 17 Immagine del sito web dei dati geomagnetici dove sono visualizzati e comparati i dati dei tre sistemi *TNB1*, *TNB2* e *TNB3*.

Figure 17 Image of the geomagnetic data web site where the data of the three systems *TNB1*, *TNB2* and *TNB3* are displayed and compared.



7. Confronto dati

In questo paragrafo vengono mostrati dei confronti grafici sui dati dell'osservatorio, prima e dopo alcuni degli interventi eseguiti durante gli anni e descritti in questo rapporto tecnico.

Nella Figura 18 viene mostrato un *plot* dati al secondo (dati RAW) del sistema *TNB1* in data 01 agosto 2011. Si nota che il grafico della componente "X" è più spesso degli altri. Questo accadeva in quanto la corrente di polarizzazione del magnetometro scalare ad effetto *Overhauser* andava ad influenzare il funzionamento del magnetometro vettoriale posizionato all'interno dello stesso locale. Nella Figura 19 gli stessi dati vengono zoomati e si nota che, il fenomeno presente sulla componente "X" (in arancio), è presente anche sulle componenti "Y" e "Z". Nella Figura 20 un dettaglio del *plot* della componente "X" dove si evidenzia maggiormente la frequenza a 5 Hz accoppiata al valore misurato dal magnetometro vettoriale.

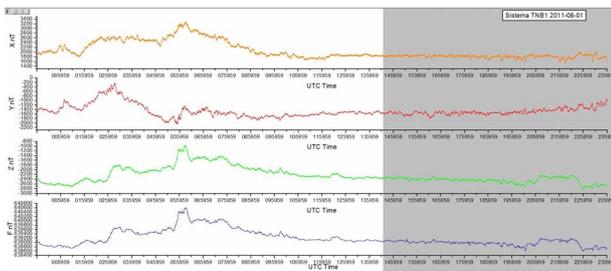


Figura 18 Dati al secondo del sistema TNB1 del 01 agosto 2011.

Figure 18 TNB1 system data per second of August 01, 2011.

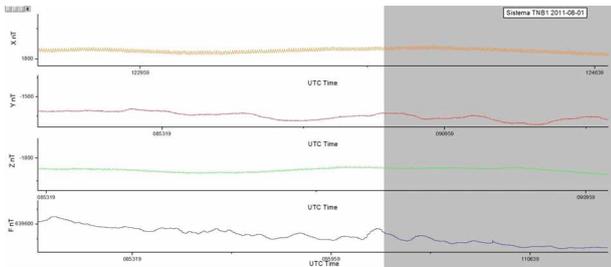


Figura 19 Zoom sui dati al secondo del sistema TNB1 del 01 agosto 2011.

Figure 19 Zoom on data per second of the TNB1 system of August 01, 2011.

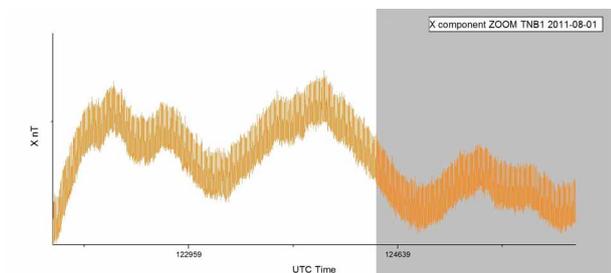


Figura 20 Dettaglio sulla componente X del sistema TNB1 – dati del 01 agosto 2011.

Figure 20 Detail of the X component of the TNB1 system – data of August 01, 2011.

Lavorando sulle alimentazioni, ma soprattutto sul posizionamento dei sensori, cavi e centraline, questo disturbo è scomparso del tutto. Nella Figura 21 vengono mostrati i dati al secondo del sistema TNB1 relativi al 01 agosto 2022. Osservando le Figure 22 e 23 in cui sono mostrati prima uno zoom sui dati al secondo e poi un dettaglio della sola componente “X”, si nota come il disturbo a 5 Hz è totalmente scomparso.

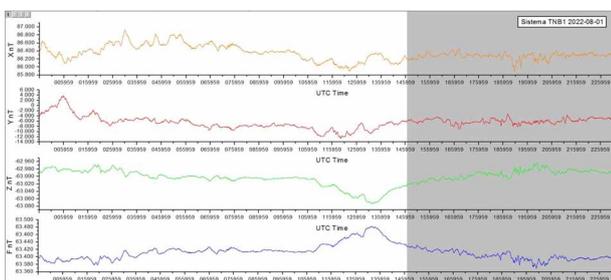


Figura 21 Dati al secondo del sistema TNB1 del 01 agosto 2012.

Figure 21 TNB1 system data per second of August 01, 2012.

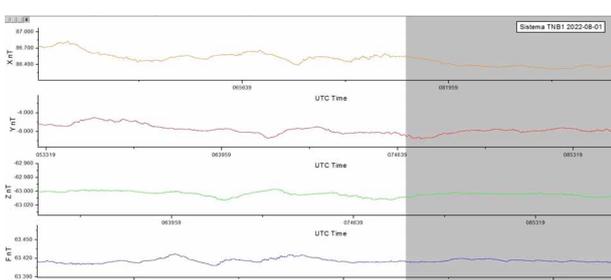
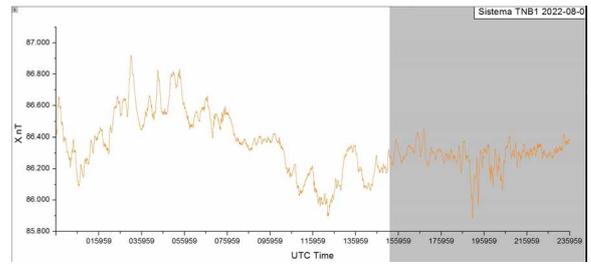


Figura 22 Zoom sui dati al secondo del sistema TNB1 del 01 agosto 2022.

Figure 22 Zoom on data per second of the TNB1 system of August 01, 2022.

Figura 23 Dettaglio sulla componente X del sistema TNB1
 – dati del 01 agosto 2022.
Figure 23 Detail of the X component of the TNB1 system –
 data of August 01, 2022.



Un altro importante confronto da mostrare è quello riguardo la continuità dei dati. Nella Figura 24 viene mostrato un *plot* dati al minuto relativo al 01 agosto 2013. In passato, anche dell'interno di un singolo giorno, potevano verificarsi problemi come quello mostrato in Figura 24, dove il *software* andava a colmare il minuto mancante con il valore 999999 (come da *standard Intermagnet*). Generalmente questo accadeva sia per difetti legati alla linea dati analogica degli strumenti, sia per problemi legati all'alimentazione fornita della base, come descritto nel paragrafo 4. Nelle immagini successive (Figure 25 e 26) vengono mostrati i dati del sistema TNB1 relativi ai mesi di agosto e luglio 2022, mesi in cui la base non è presidiata da personale. Nei grafici presi dal sito *web Geomag* [<http://geomag.rm.ingv.it/index.php>] si nota come l'osservatorio funziona in maniera continua. Chiaramente la continuità ottenuta riguarda per intero gli ultimi anni e tutti i sistemi presenti in osservatorio.

Figura 24 Dati al minuto sistema TNB1 del 01 agosto 2013
 con minuti mancanti.
Figure 24 TNB1 system minute data of 01 August 2013 with
 missing minutes.

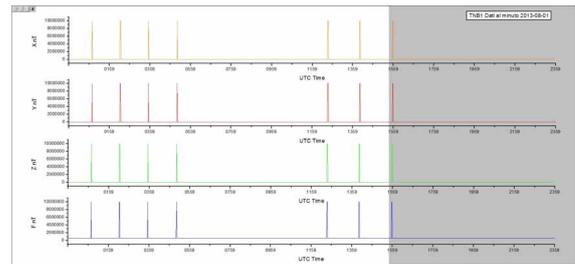


Figura 25 Dati del sistema TNB1 mese agosto 2022.
Figure 25 TNB1 system data for the month of August 2022.

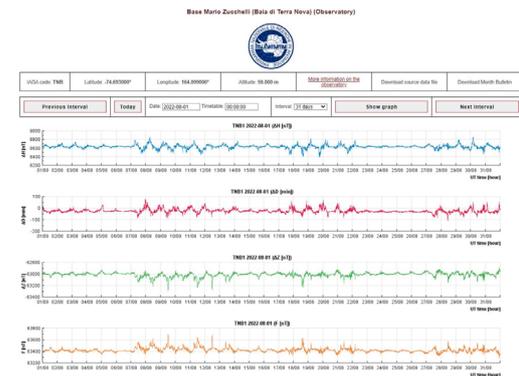
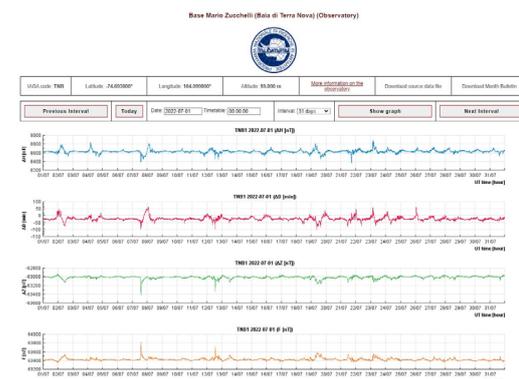


Figura 26 Dati del sistema TNB1 mese luglio 2022.
Figure 26 Data of the TNB1 system for the month of July
 2022.



Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare le dottoresse Stefania Lepidi e Lili Cafarella per il loro importante contributo nel coordinamento e nella gestione delle attività svolte presso l'osservatorio geomagnetico antartico della base Mario Zucchelli nel corso degli ultimi 25 anni. Si ringraziano altresì per il loro contributo nella preparazione di numerosi lavori scientifici, resi possibili solo garantendo la disponibilità e l'alta qualità dei dati geomagnetici registrati da questo osservatorio, ubicato in un remoto e disagiata angolo del nostro pianeta.

Bibliografia

- Bagiacchi G., Benedetti G., Cafarella L., Di Mauro D., Zirizzotti A., (2021). *Il nuovo sistema di acquisizione e visualizzazione dei dati di Campo Magnetico Terrestre*. Rapp. Tec. INGV, 428: 1-20, <https://doi.org/10.13127/rpt/428>
- Cafarella L., Di Mauro D., Zirizzotti A., (2004). *L'osservatorio geomagnetico presso la base italiana Stazione Mario Zucchelli in Antartide*. Rapp. Tec. INGV, 26: 1-44.
- Cafarella L., Di Mauro D., Dominici G., Lepidi S., Zirizzotti A., (2016). *Il nuovo manuale degli osservatori geomagnetici italiani*. Rapp. Tecn. INGV, 362: 1-50, <https://doi.org/10.13127/rpt/362>

Sitografia

- DIM, Mingeo Declination Inclination magnetometer absolute instrument with cable, <http://www.mingeo.com/prod-cable10.html>
- Geomag, Sito osservatori geomagnetici INGV, <http://geomag.rm.ingv.it/index.php>
- GEM Scalar Magnetometers for Observation, GEM System GSM90F, <https://www.gemsys.ca/scalar-magnetometers/>
- IAGA, International Association of Geomagnetism and Aeronomy, <https://iaga-aiga.org/>
- Intermagnet, International Real-time Magnetic Observatory Network, <https://www.intermagnet.org/index-eng.php>
- Intermagnet, Technical Manual, https://intermagnet.github.io/docs/Technical-Manual/technical_manual.pdf
- LEMI LLC., LEMI Sensors, <https://lemisensors.com/>
- Suspended dIdD for Monitoring changes in the Earth's Inclination and Declination, GEM System, <https://www.gemsys.ca/suspended-didd-for-observatories/>
- Western Telematic, Inc, WTI, <https://www.wti.com/>

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

Coordinamento editoriale

Francesca DI STEFANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Progetto grafico

Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Impaginazione

Barbara ANGIONI
Patrizia PANTANI
Massimiliano CASCONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

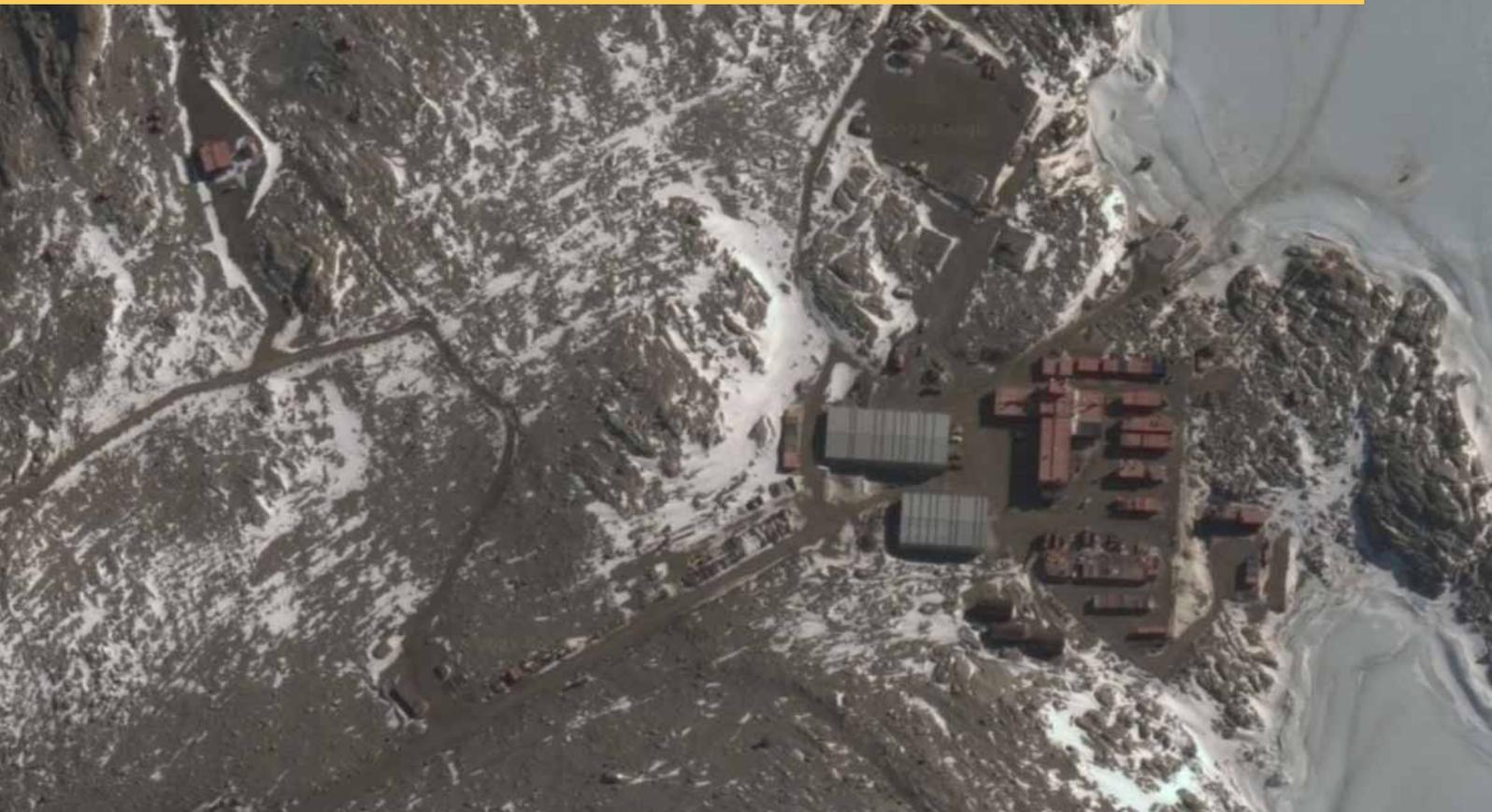
©2023

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605
00143 Roma
tel. +39 06518601

www.ingv.it



Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA