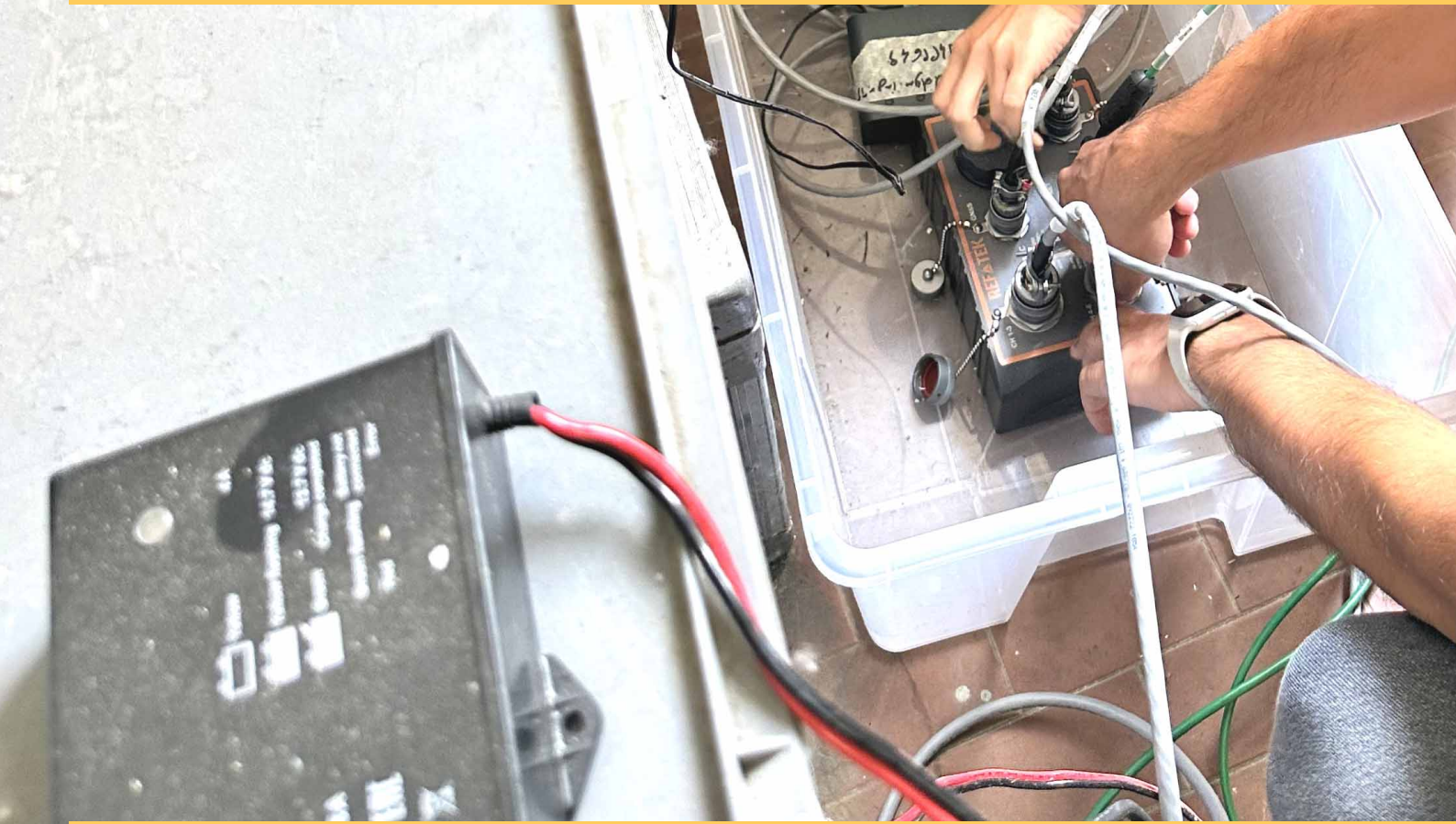




RAPPORTI TECNICI INGV

REFTEK Wrangler-HDR: hardware,
configurazione e analisi dati



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

503

Direttore Responsabile

Daniela VERSACE

Editor in Chief

Milena MORETTI

Editorial Board

Laura ALFONSI

Christian BIGNAMI

Simona CARANNANTE

Viviana CASTELLI

Luca COCCHI

Luigi CUCCI

Lorenzo CUGLIARI

Alessia DI CAPRIO

Roberto DI MARTINO

Domenico DI MAURO

Domenico DORONZO

Filippo GRECO

Alessandro IAROCCI

Mario MATTIA

Daniele MELINI

Anna NARDI

Lucia NARDONE

Marco OLIVIERI

Pierangelo ROMANO

Maurizio SOLDANI

Sara STOPPONI

Umberto TAMMARO

Andrea TERTULLIANI

Stefano URBINI

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.173 | 2014, 23 LUGLIO

© INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Presidente INGV

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma

Tutti i diritti riservati

www.ingv.it



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

RAPPORTI TECNICI INGV

REFTEK Wrangler-HDR: hardware,
configurazione e analisi dati

*REFTEK Wrangler-HDR: hardware,
configuration and data analysis*

Pellegrino Moretti^{1,*}, Anna Figlioli¹, Paolo Strappaveccia², Fabio Varchetta¹, Sara Lovati¹, Sandro Rao²,
Davide Piccinini², Marco Massa¹

¹INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano

²INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti

*Corresponding author

Accettato 17 luglio 2025 | Accepted July 17, 2025

Come citare | How to cite Moretti P., Figlioli A., Strappaveccia P., Varchetta F., Lovati S., Rao S., Piccinini D., Massa M., (2025). REFTEK
Wrangler-HDR: hardware, configurazione e analisi dati. Rapp. Tec. INGV, 503: 1-30, <https://doi.org/10.13127/rpt/503>

In copertina | Installazione della stazione sismica Wrangler-HDR | Cover Installation of the Wrangler-HDR seismic station

503

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	7
Introduzione	7
1. Caratteristiche hardware	9
2. Configurazione acquisitore sismico	11
2.1 Parameters	12
2.2 Control	14
2.3 Status	16
2.4 Monitor	17
2.4 Events	17
3. Confronto caratteristiche tecniche tra REF TEK Wrangler-HDR e REF TEK 130-01	18
4. Analisi spettrali	19
5. Analisi della linearità, risoluzione e potenza elettrica assorbita del digitalizzatore	23
6. Conclusioni	25
Bibliografia	26
Sitografia	26

Riassunto

Il monitoraggio sismico a scala nazionale, effettuato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) tramite l'installazione di stazioni sismo accelerometriche opportunamente distribuite, rappresenta un requisito fondamentale per la caratterizzazione dell'attività sismica e la valutazione della pericolosità del territorio nazionale.

In quest'ottica, i progressi tecnologici degli ultimi decenni, attraverso la progettazione e sviluppo di strumentazione innovativa, hanno significativamente migliorato l'efficienza e l'affidabilità delle reti di monitoraggio sismico, garantendo elevati standard di qualità e continuità del dato.

In questo rapporto tecnico viene presentato il nuovo digitalizzatore REFTEK Wrangler-HDR (*High Dynamic Range*) in dotazione all'INGV. In particolare, saranno descritte le caratteristiche hardware dell'acquirente sismico, con un approfondimento sull'interfaccia di configurazione e sugli aspetti innovativi introdotti rispetto al modello precedente REFTEK-130-01. Infine, saranno descritti i risultati dei test desunti da analisi spettrali su segnali reali e da test di laboratorio sulla linearità, risoluzione e potenza elettrica assorbita dallo strumento. Nel primo caso, il confronto è stato effettuato considerando i segnali reali registrati dalla Wrangler-HDR accoppiata con un Trillium Compact Horizon 120s e un acquirente Gaia2 (stazione IV.MILN, Milano, Rete Sismica Nazionale) accoppiato con un Trillium 40s. In entrambe le stazioni è presente un accelerometro Episensor FBA ES-T.

Abstract

Seismic monitoring on a national scale, carried out by the National Institute of Geophysics and Volcanology (INGV) through the installation of appropriately distributed seismic-accelerometer stations, represents a fundamental requirement for characterizing seismic activity and the seismic hazard across the national territory.

In this context, technological advances over recent decades, through the design and development of innovative instrumentation, have significantly improved the efficiency and reliability of seismic monitoring networks, ensuring high standards of data quality and continuity.

This technical report presents the new REFTEK Wrangler-HDR (High Dynamic Range) digitizer now used by INGV. In particular, it describes the hardware features of the seismic acquisition system, with a focus on the configuration interface and the innovative aspects introduced compared to the previous REFTEK-130-01 model. Finally, will be described test results from spectral analysis on real signals and laboratory tests on linearity, resolution and electrical power absorbed by the instrument. In the first case, the comparison was carried out considering the actual signals recorded by the Wrangler-HDR coupled with a Trillium Compact Horizon 120s and a Gaia2 (station IV.MILN, Milan, National Sismic Network) acquirer coupled with a Trillium 40s. Both stations are equipped with an Episensor FBA ES-T accelerometer.

Keywords Reftek Wrangler-HDR; Rete Sismica Nazionale; Analisi dati sismici | Reftek Wrangler-HDR; Italian National Seismic Network; Seismic data analysis

Introduzione

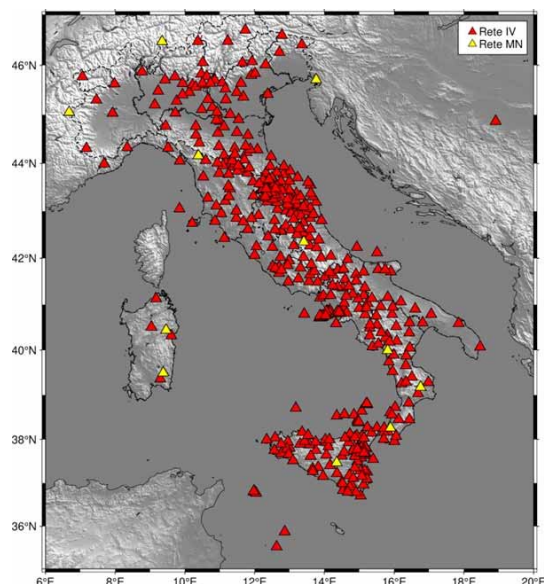
Negli ultimi anni, l'INGV [1] ha compiuto un importante processo di potenziamento e ampliamento della Rete Sismica Nazionale (RSN, [3]) [Margheriti et al., 2020], accompagnato da un progressivo sviluppo tecnologico dell'infrastruttura esistente. La RSN è la rete sismica permanente gestita dall'INGV il cui compito, oltre al monitoraggio sismico del territorio italiano, consiste sia nel registrare parametri geofisici utili ai fini della ricerca scientifica che supportare il Dipartimento di Protezione Civile (DPC, [4]) nella prevenzione e mitigazione del rischio sismico. Questa infrastruttura conta circa 600 stazioni, distribuite su tutto il territorio nazionale, tra quelle di proprietà dell'INGV e quelle

gestite da enti terzi. I dati acquisiti vengono trasmessi in tempo reale presso il centro di acquisizione di competenza dell'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT, [5]). In Figura 1 viene mostrata l'attuale distribuzione della RSN (codice FDSN IV, [3]) rappresentata con simboli rossi, insieme alle stazioni della *Mediterranean Very Broadband Seismographic Network* – MedNet (codice FDSN MN, [6]) rappresentate con simboli in giallo sempre di proprietà dell'INGV, mentre in Figura 2 viene mostrata la distribuzione dei modelli degli acquisitori sismici installati nelle stazioni sismiche appartenenti alle reti citate. Contribuiscono, inoltre, al monitoraggio sismico del territorio nazionale anche stazioni gestite da reti permanenti appartenenti ad altri Enti, Istituzioni governative o Università, tra cui si ricorda la Rete Accelerometrica Nazionale (RAN; codice FDSN IT [7]) gestita dal DPC, la rete sismica del nord-est Italia gestita dal Centro Ricerche Sismologiche dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS, [8]; codice FDSN OX [9]), la rete sismica dell'Italia Nord Occidentale e della Lunigiana Garfagnana gestita dall'Università di Genova (UniGe, [10]; codice FDSN GU [11]), la rete dell'Irpinia (IsNet, [12]; codice FDSN IX [13]) gestita dall'Università Federico II di Napoli e le reti delle province autonome di Trento (codice FDSN ST, [14]) e Bolzano (codice FDSN SI, [15]). Inoltre, il monitoraggio sismico è supportato anche da *network* temporanei installati in ambito di esperimenti scientifici o durante le emergenze sismiche dai gruppi operativi dell'INGV [16]. La maggior parte dei siti di installazione della RSN è dotata di acquisitori sismici a 6 canali accoppiati ad un sensore velocimetrico e ad un sensore accelerometrico. La co-localizzazione di entrambi i sensori permette di coprire l'intero intervallo di ampiezza e frequenza dei processi sismogenetici monitorati, evitando la perdita di dati dovuta talvolta alla saturazione del velocimetro a causa di eventi di elevata magnitudo registrati in campo vicino, garantendo al contempo la corretta registrazione di eventi locali di bassa magnitudo, essenziali per lo studio della microsismicità.

In questo rapporto tecnico si vuole dare una descrizione delle caratteristiche *hardware/software* del nuovo acquisitore sismico REFTEK Wrangler-HDR (*High Dynamic Range*, [2]) in dotazione dell'INGV, evidenziandone le differenze rispetto al precedente modello REFTEK 130-01 [D'Alema, 2007]. Inoltre, verrà effettuato un approfondimento sulla configurazione dei principali parametri di acquisizione mediante interfaccia web. A questo scopo si è cercato di seguire un flusso di istruzioni tale da utilizzare questo lavoro, ad integrazione del *datasheet* [17], come una guida per l'utilizzo di questo strumento in funzione di determinati contesti applicativi. Parallelamente, è stata effettuato un test sui dati registrati installando il nuovo acquisitore nel sito RSN IV.MILN (Milano, [18]) accoppiando la nuova REFTEK Wrangler-HDR ad un velocimetro *broad-band* Nanometrics Trillium Compact Horizon 120s [19] e ad un accelerometro di tipo Kinematics Episensor [20]. Sono stati infine effettuati dei test di laboratorio, al fine di verificare i valori di risoluzione, linearità e potenza elettrica assorbita del digitalizzatore REFTEK Wrangler-HDR con quelli dichiarati dal costruttore all'interno del *datasheet*.

Figura 1 Stazioni della RSN. I triangoli rossi e gialli indicano rispettivamente le stazioni IV ed MN di proprietà INGV.

Figure 1 Stations of the RSN. The red and yellow triangles indicate INGV-owned stations IV and MN respectively.



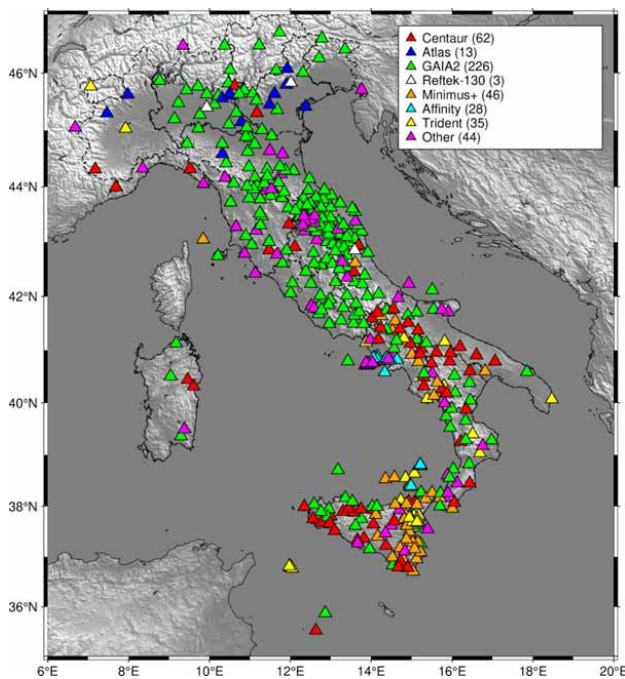


Figura 2 Distribuzione dei modelli di acquisitori sismici utilizzati per le reti IV ed MN.

Figure 2 Distribution of seismic acquisition models used for IV and MN networks.

1. Caratteristiche hardware

L'acquisitore sismico REFTEK Wrangler-HDR monta un ADC (*Analog to Digital Converter*) di tipo SAR (*Successive-Approximation-Register*) a 32 bit con un'elevata gamma dinamica (>142 dB) atto ad acquisire segnali sismici. L'acquisitore è racchiuso in uno *chassis* sigillato realizzato in plastica *high-tech* con grado di protezione IP68 e *range* di temperatura di utilizzo -30°C ~ 70°C. Le dimensioni sono 13,2 cm x 21,3 cm x 8,9 cm con una massa di 1,36 kg. Nella parte frontale dello strumento, come si può vedere dalla Figura 3, sono presenti 6 connettori e uno slot USB. L'ampio range di alimentazione (9-30 V DC) consente l'utilizzo sia con alimentatore stabilizzato (220 V AC - 24 V DC), che con alimentazione da campo (es: kit fotovoltaico).



Figura 3 Dettaglio del pannello frontale del digitalizzatore REFTEK Wrangler-HDR.

Figure 3 REFTEK Wrangler-HDR digitizer front panel.

Connettore	Descrizione
Channel 1-3	Connettore canale, tipo PT07A16-26S
Channel 4-6	Connettore canale, tipo PT07A16-26S
GNSS connector	Connettore antenna 184-GNSS, tipo PT07A12-10S
Ethernet connector	Connettore cavo Ethernet (R-101422-00) che consente la comunicazione tra lo strumento e un dispositivo esterno (es. router), tipo PT07A14-19P
Wi-Fi connector	Connettore Wi-Fi, tipo SMA, che consente ad un dispositivo mobile (cellulare, tablet) di connettersi all'interfaccia Web per la configurazione
Power connector	Connettore di alimentazione, tipo PT07A16-26S
USB drive slot	Slot USB per consentire l'archiviazione dei dati in locale

Tabella 1 Descrizione dei connettori.
Table 1 Connector description.

Allo stesso modo, sono visibili, sempre sulla parte frontale dello strumento, 11 LED utili per avere un'informazione rapida e intuitiva sull'operatività e sullo stato dello strumento.

LED	Off	Green Solid	Green Blink	Red Blink	Red Solid
TIME	n/a	<i>Timing</i> sincronizzato nell'ultima ora	<i>Timing</i> sincronizzato l'ultima volta tra 1-4 ore	<i>Timing</i> sincronizzato da più di 4 ore	Il <i>timing</i> non è sincronizzato dall'avvio
ACQ	n/a	L'acquisizione è attiva e non ci sono <i>trigger</i> attivi	L'acquisizione è attiva e almeno un <i>trigger</i> è attivo	n/a	L'acquisizione è interrotta
V-IN	n/a	La tensione di ingresso è ≥ 13.0 V	La tensione di ingresso è inferiore a 13.0 V e ≥ 11.5 V	La tensione di ingresso è inferiore a 11.5 V e non è in modalità LVD	La tensione di ingresso è inferiore a 11.5 V e in modalità LVD
Wi-Fi	Wi-fi spento	Il Wi-Fi è attivo e l'interfaccia è connessa via Wi-Fi	Il Wi-Fi è attivo ma l'interfaccia non è connessa al Wi-Fi	Il Wi-Fi è in accensione	n/a
SLINK	Nessun utente connesso	Un utente è connesso	Più utenti sono connessi	n/a	n/a
RTPD1	Non configurato	Connesso	n/a	n/a	Non connesso
RTPD2	Non configurato	Connesso	n/a	n/a	Non connesso

ERR	Nessun altro LED è rosso	n/a	n/a	n/a	Almeno un altro LED è rosso fisso o lampeggiante
RAM%	n/a	Utilizzo della RAM inferiore al 20%	Utilizzo della RAM compreso tra il 20% e 80% e almeno un collegamento RTP utilizza meno del 20% della RAM	Utilizzo della RAM compreso tra il 20% e 80% e almeno un collegamento RTP che utilizza più del 20% della RAM	Utilizzo oltre l'80% della RAM
USB%	n/a	Utilizzo della memoria USB inferiore al 33%	Utilizzo tra il 33% e il 66% della memoria USB	Utilizzo tra il 66% e 99% della memoria USB e l'opzione Disk Wrap è attiva	USB spento e si è verificato un errore di lettura o scrittura
USB	n/a	USB spento e nessun errore di lettura o scrittura dei dati	n/a	USB accesa	Utilizzo della memoria USB superiore al 99%

Tabella 2 Descrizione dei LED presenti sul pannello frontale.

Table 2 Description of the LEDs on the front panel.

2. Configurazione acquisitore sismico

Per l'acquisizione di un dato sismico, è necessario configurare una serie di parametri (*station code*, *network code*, *input range*, *rate*, *ethernet setup*, ecc.) utili ai fini dell'acquisizione stessa. Nel seguente capitolo verranno descritti questi passaggi, seguendo un ordine delle operazioni finalizzato all'avvio di una sessione di acquisizione; a tale scopo, ogni sottoparagrafo riporta il nome della sezione corrispondente nell'interfaccia web dell'acquisitore.

La configurazione e la gestione dello stato di funzionamento dell'acquisitore può avvenire in due modi:

- attraverso l'utilizzo di un *Web Browser* mediante indirizzo IP. In questo caso al primo accesso occorre aprire un *browser* e inserire l'indirizzo IP *link-local* fornito dalla casa madre:

http://169.254.109.109

solo successivamente sarà possibile modificare l'indirizzo IP dalla sezione *Parameters* attraverso la funzione *network* descritta di seguito (Paragrafo 2.1). A questo indirizzo si apre una pagina di *login* nella quale vengono richieste delle credenziali di accesso. Quelle di *default* sono:

Username: **user/admin**

Password: **wrangler**

- attraverso l'utilizzo dell'applicativo "*REFTEK Recorder Setup*", disponibile sia per dispositivi Android che Apple, collegandosi al modem Wi-Fi integrato. La rete Wi-Fi è identificata da un ID che sta ad indicare il numero seriale dell'acquisitore. La connessione alla rete Wi-Fi è libera e non richiede alcuna *password*.

L'interfaccia web è suddivisa in cinque sezioni principali: *Status*, *Monitor*, *Control*, *Parameters* e *Access*. Per motivi di sicurezza, queste sezioni funzionano con tre diversi livelli di *login*:

- livello 1: non richiede di effettuare alcun login consentendo, in questo modo, di accedere soltanto alla sezione *Status* in cui è possibile visualizzare tutti i parametri sullo stato di funzionamento dell'acquisitore (*System*, *Time Reference*, *Network*, *RTP/Seedlink*, *Version*, *Mass Position*);
- livello 2: richiede il *login* come "user". In questo modo, oltre alla visualizzazione dei parametri di funzionamento del digitalizzatore come riportato nel livello 1, consente di eseguire alcune operazioni come la formattazione dello *storage*, *Start/Stop* dell'acquisizione, centratura delle masse e calibrazione del sensore;
- livello 3: richiede il *login* come "admin" in cui, oltre all'esecuzione delle funzioni riportate nel livello 1 e livello 2, consente di configurare tutti i parametri sia di acquisizione (*Station*, *Channels*, *Sample Rate*, *Timing*) che di rete.

2.1 Parameters

In questa sezione, mediante i relativi sottomenù (*datastream*, *sensor type*, *sensor calibration signal*, *sensor auto re-center*, *network*, *RTP*, *email notifier* e *copy/paste parameters*), è possibile configurare l'acquisitore sismico Wrangler-HDR. In questo rapporto non saranno descritti tutti i sottomenù, bensì soltanto quelli utilizzati per la configurazione e avvio della sessione di misura; per maggiori dettagli si rimanda al manuale Wrangler-HDR [21].

Attraverso la funzione *datastream* presente nel menù a tendina (Figura 4), è possibile configurare i seguenti parametri:

- *packet type*: consente di inserire il formato dei pacchetti da registrare. Questi possono essere del tipo MRF, ossia il formato proprietario REFTEK, oppure MiniSEED [22]. Per il test sull'analisi di qualità eseguito in questo lavoro (Capitolo 4), è stata scelta la registrazione dei pacchetti nel formato standard MiniSEED [22];
- *station code*: questo campo consente di inserire il codice stazione, che può essere fino a cinque caratteri qualora si registri nel formato dati MiniSEED [22], mentre è possibile inserire fino a sei caratteri qualora si registri nel formato dati proprietario MRF;
- *network code*: questo campo consente di inserire il codice di rete. Anche in questo caso è possibile inserire due caratteri qualora si registri nel formato standard MiniSEED [22], mentre è possibile inserire fino a quattro caratteri qualora si registri nel formato dati proprietario MRF;
- *input range*: consente di configurare l'intervallo di tensione massimo che il sistema può accettare tra i suoi ingressi differenziali senza andare in saturazione o introdurre distorsioni;
- *recorded resolution*: consente di configurare la risoluzione dell'ADC da 24 a 30 bit con step di 1;
- *channels*: questo campo consente di selezionare e suddividere i canali (CH) 1-3 e 4-6 in funzione degli *stream* di interesse evitando l'uso di uno stesso campionamento per tutti i canali qualora si abbia la necessità di impostare due valori differenti di campionamento;
- *destination*: è possibile specificare, oltre allo *storage* in locale (*disk*), quale protocollo di trasmissione utilizzare. L'aspetto innovativo di questo acquisitore sismico è l'integrazione di un server *SeedLink* che può essere attivato per la trasmissione dei dati in tempo reale quando si registrano dati in formato MiniSEED [22]. Allo stesso tempo, è possibile attivare uno o due collegamenti RTP (*REFTEK Real-Time Protocol*) dove ogni *link* funziona in modo indipendente collegandosi a un indirizzo IP e una porta del server RTPD specificati mediante la funzione RTP presente nel menù a tendina;

- **rate**: consente di configurare sia una frequenza di campionamento complessiva, qualora venga utilizzato un unico *stream* per tutti i canali (CH) 1-6, viceversa, consente di configurare una frequenza di campionamento indipendente per gli stream 1 (canali 1-3) e stream 2 (canali 4-6).

Conclusa la fase di configurazione bisogna digitare SEND per convalidare le modifiche apportate.

The screenshot shows the REFTEK Wrangler Parameters interface for the DATASTREAM function. The top navigation bar includes STATUS, MONITOR, EVENTS, CONTROL, PARAMETERS, and LOGIN. The main section is titled 'DATASTREAM'. It contains several configuration fields:

- STATION**: Packet Type (MinISEED), Station Code (TEST), Network Code (TV), Net Trigger Address (239.255.0.1), Net Trigger Port (18000).
- MAIN CHANNELS**: MinISEED Location Codes (Manual), Input Range (Ch 1-6, all 40 Vpp), Recorded Resolution (Ch 1-6, all 24 bits).
- STREAM 1**: Channels (1-6 checkboxes), Destinations (Disk, SeedLink, RTP 1, RTP 2), Rate (100), Compression (Stein 1), Trigger (Continuous), Notifications (Peak, Email).
- STREAM 2-9**: STREAM 2, STREAM 3, STREAM 4, STREAM 5 (CAL SIGNAL), STREAM 6 (AUX/MASS).

 A 'Send' button is located at the bottom right of the configuration area.

Figura 4 Interfaccia Parameters, funzione *datastream*.
Figure 4 Parameters interface, *datastream* function.

Allo stesso modo, mediante la funzione *sensor type* presente nel menù a tendina (Figura 5), è possibile selezionare il modello del sensore utilizzato, rispettivamente per i canali (CH) 1-3 e 4-6. Di seguito gli *step* da seguire per la configurazione dei sensori:

- attraverso il comando *Channels 1-3/4-6 Model* bisogna selezionare la marca del sensore;
- aprire il sottomenù *Channels 1-3/4-6 Info*;
- flaggare *Info Enable*;
- attraverso il comando *Channels 1-3/4-6 Nominal* selezionare il nome del sensore.

Se il sensore utilizzato supporta il protocollo *REFTEK Sensor ID*, digitando su *populate* verranno compilate in automatico le informazioni del sensore (*Mfr. Name*, *Model Name*, *Units*, *Sensitivity*, ecc.) e, di conseguenza, il file XML della stazione.

Una volta confermato che tutti i campi siano stati riempiti, digitare SEND per confermare le modifiche apportate.

The screenshot shows the REFTEK Wrangler Parameters interface for the SENSOR TYPE function. The top navigation bar includes STATUS, MONITOR, EVENTS, CONTROL, PARAMETERS, and LOGIN. The main section is titled 'SENSOR TYPE'. It contains several configuration fields:

- CHANNELS 1-3 CONTROL**: Channels 1-3 Model (Trillium), Edit Lines button.
- CHANNELS 1-3 INFO**: Info Enable (checked), Nominal Version (2.0), Channels 1-3 Nominal (147A-01/3), Populate button.
- Mfr. Name**: Nanometrics, **Model Name**: Horizon 120, **Part Number**, **Serial Number**, **Units**: M/S, **Sensitivity**: 1.202500e+03.
- AD Norm Factor**: 8.318710E+17, **Norm Frequency (Hz)**: 1.000000E+00, **SEED Type**: H, **SEED Orientation**: ZNE, **Corner Period**: 120, **Full Scale V**: 40000.
- Poles**: Edit Poles button, **Zeros**: Edit Zeros button.
- CHANNELS 4-6 CONTROL**: Channels 4-6 Model (Other), Edit Lines button.
- CHANNELS 4-6 INFO**: dropdown menu.

 A 'Send' button is located at the bottom right of the configuration area.

Figura 5 Interfaccia Parameters, funzione *sensor type*.
Figure 5 Parameters interface, *sensor type* function.

Infine, mediante la funzione *network* presente sempre nel menù a tendina (Figura 6), è possibile configurare l'indirizzo IP scegliendo tra le modalità *Static*, *DHCP* (*Dynamic Host Configuration Protocol*) o *Link-Local*, quindi compilando i rispettivi parametri di rete (*IP address*, *netmask*, *gateway*, *DNS*).

Infine, conclusa la configurazione della rete, digitare **SEND** per convalidare le modifiche.

Per il test eseguito in questo rapporto (Capitolo 4), l'acquisitore sismico, accoppiato con router Libratum LTE (*Long Term Evolution*), è stato configurato con un indirizzo IP statico al fine di garantire un accesso remoto stabile.

The screenshot displays the 'PARAMETERS' menu with the 'NETWORK' sub-tab selected. The configuration fields are as follows:

Field	Value
Mode	Static
IP Address	192.168.1.2
Netmask	255.255.255.0
Gateway	192.168.1.1
DNS 1	8.8.8.8
DNS 2	8.8.4.4

A blue 'Send' button is located at the bottom right of the configuration area.

Figura 6 Interfaccia *Parameters*, funzione *network*.

Figure 6 *Parameters* interface, *network* function.

2.2 Control

In questa sezione è possibile eseguire, attraverso le funzioni presenti nel menù a tendina (*System*, *Sensor*, *Disk*, *Time Reference*, *SOH/Trigger*), diverse funzioni di controllo e configurazione dell'acquisitore sismico. Anche in questo caso non saranno descritti tutti i relativi sottomenù, bensì soltanto quelli utilizzati per la configurazione dell'acquisitore e avvio della sessione di misura; per maggiori dettagli si rimanda al manuale *Wrangler-HDR* [21].

Attraverso la funzione *system* presente nel relativo sottomenù (Figura 7), è possibile eseguire le seguenti operazioni:

- *acquisition*: consente di avviare/interrompere l'acquisizione;
- *RAM/Disk/Ring*: questo campo consente di formattare, rispettivamente, la memoria interna (RAM), rimovibile (*Disk*) e/o *ring-buffer SeedLink*. Qualora si effettuino misure *stand-alone* è sempre consigliabile formattare sia la RAM che il disco al fine di prevenire una saturazione della memoria;
- *LVD* (*Low Voltage Disconnect*): consente di impostare una soglia minima (LO) e massima (HI) di tensione di ingresso. In questo caso sono stati lasciati i valori di *default*;
- *station XML*: consente di scaricare l'XML della stazione in funzione degli stream di interesse (stream 1 e/o stream 2);
- *reboot*: consente di effettuare il riavvio dello strumento.

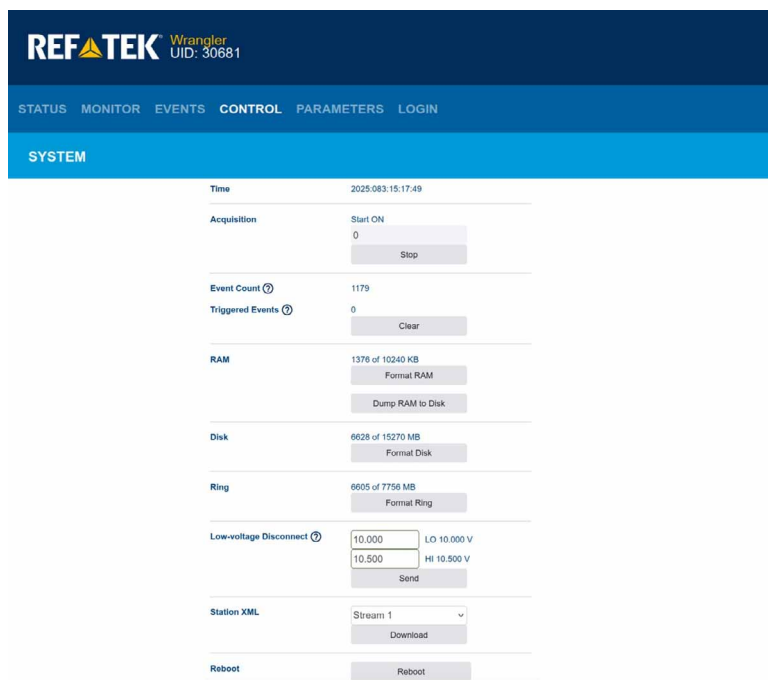


Figura 7 Interfaccia Control, funzione system.

Figure 7 Control interface, system function.

Allo stesso modo, mediante la funzione *time reference* presente nel sottomenù (Figura 8), è possibile configurare la modalità di utilizzo del ricevitore GNSS per avere in maniera accurata le coordinate della stazione e la sincronizzazione temporale. Le modalità di utilizzo del ricevitore sono le seguenti:

- *continuous*: in questo caso l'acquisitore sincronizza continuamente il suo segnale interno a 1 Hz con il segnale a 1 Hz del ricevitore;
- *duty-cycle*: il ricevitore GNSS si attiva ad intervalli predefiniti per la sincronizzazione temporale per poi spegnersi al fine di ridurre il consumo energetico;
- *off*: l'acquisitore sismico non utilizza il ricevitore GNSS.

Attraverso il comando *Source* è possibile scegliere dal menù a tendina quale sistema o protocollo di sincronizzazione temporale e localizzazione utilizzare in funzione delle proprie esigenze lavorative:

- *184-GNSS*: si riferisce all'antenna GNSS REFTEK in grado di ricevere i segnali dalle costellazioni GPS, GLONASS o Beidou, Galileo e SBAS;
- *Trimble-acutime*: è un'antenna GNSS prodotta dalla Trimble [23] in grado di ricevere segnali dalle costellazioni GPS, GLONASS, Galileo e Beidou;
- *PTP (Precision Time Protocol)*: è uno standard di sincronizzazione temporale basato su rete con precisione del nanosecondo;
- *NTP (Network Time Protocol)*: è uno standard di sincronizzazione temporale basato su rete ma differisce dal precedente poiché presenta un livello di sincronizzazione al millisecondo.

Nella configurazione utilizzata in questo lavoro per eseguire il test sull'analisi di qualità dei dati (Capitolo 4), è stata adottata la modalità *continuous* utilizzando l'antenna esterna 184-GNSS fornita dalla casa madre.

Come nei casi precedenti, infine, digitare SEND per apportare le modifiche effettuate.

Figura 8 Interfaccia Control, funzione *time reference*.
Figure 8 Control interface, time reference function.

The screenshot shows the 'TIME REFERENCE' configuration page for the REFATEK Wrangler (UID: 30681). The page has a navigation bar with 'STATUS', 'MONITOR', 'EVENTS', 'CONTROL', 'PARAMETERS', and 'LOGIN'. The 'TIME REFERENCE' section is active, showing various settings:

- Mode:** Continuous
- Source:** 184-GNSS
- SV Status:** 14/20 30.4dB GLE5
- Acquisition Holdoff:** ☐
- Duty Period (hr):** 1
- Listen Only:** ☐
- NTP Client Web Address/IP:** 193.204.114.105
- NTP Client Port:** 123
- NTP Client Status:** Not Selected
- NTP SERVER:** ☒ Enable
- Port:** 123

A 'Send' button is located at the bottom right of the configuration area.

2.3 Status

Conclusa la fase di configurazione, è bene controllare il corretto funzionamento della stazione mediante la sezione *Status* (Figura 9) in cui sono riportati tutti i parametri di controllo dello strumento, compresi quelli precedentemente configurati, in modo tale da avere informazioni in maniera rapida e intuitiva, sullo stato di funzionamento dello strumento. Questa sezione, come si può vedere in Figura 9, è suddivisa in cinque principali categorie:

- **system:** consente di visualizzare informazioni circa lo stato del sistema. In particolare, è possibile visualizzare lo stato di acquisizione e dello *storage*, nonché i parametri indicanti il voltaggio, la temperatura, l'umidità e la pressione dello strumento;
- **time reference:** consente di visualizzare informazioni riguardo il *timing*, in funzione della modalità e del sistema/protocollo di sincronizzazione temporale precedentemente configurato, oltre che delle coordinate della stazione;
- **network:** in questa categoria sono riportati i parametri di rete precedentemente configurati nella sezione *Parameters* attraverso la funzione *network* presente nel sottomenù;
- **RTP/Seedlink:** consente di visualizzare in maniera speditiva quale dei due protocolli di trasmissione è attivo specificando l'indirizzo IP e porta del server di acquisizione;
- **version:** sono presenti informazioni riguardo il modello del digitalizzatore, quindi *Serial Number*, numero di canali e la versione corrente del *firmware*;
- **mass position:** in quest'ultima categoria è possibile visualizzare i valori di tensione in uscita delle posizioni delle masse per ciascuno dei tre canali (CH) 1-3 e 4-6.

Figura 9 Interfaccia Status.
Figure 9 Status interface.

The screenshot shows the 'STATUS' page for the REFATEK Wrangler (UID: 30681). The page has a navigation bar with 'STATUS', 'MONITOR', 'EVENTS', 'CONTROL', 'PARAMETERS', and 'LOGIN'. The 'STATUS' section is active, displaying various system parameters organized into five main categories:

SYSTEM	TIME REFERENCE	NETWORK
Time 2025/09/14 16:11	Mode Continuous	Connected Yes
Acquisition Start CN	Source 184-GNSS	Mode Static
Event Count 1072	SV Status 7/12 23.4dB GLE5	IP Address 192.168.1.2
Triggered Event 0	Lock Status Locked	Netmask 255.255.255.0
RAM 2587 of 10240 KB	Lock Age 00:00:00.00	Gateway 192.168.1.1
Disk 5799 of 15270 MB	Phase Error -7.41	DNS 1 8.8.8.8
Ring 5790 of 7750 MB	Latitude 45° 29' 45.00" N	DNS 2 8.8.4.4
Input 12.452 V	Longitude 9° 12' 53.94" E	NetBIOS Name RT_30681
Backup 3.611 V	Altitude 100 m	MAC Address 00:01:89:02:98:81
Temp 24.995 °C	NTP Client Web Address 193.204.114.105	
Humidity 54.737 %	NTP Client Port 123	
Pressure 1051 hPa	NTP Client Status Not Selected	
Triggered No	NTP Server Port 123	
	NTP Server Status Clients (last hour): 0	

RTP/SEEDLINK	VERSION	MASS POSITION
RTP 1 Address 0.0.0.0:2543	Unit Model Wrangler	Connector 1 Values
State Down	Unit ID 30681	1: 0.273 V 2: -0.471 V 3: 0.876 V
Mode Sequential-Toss	Unit SN 2311820681	Connector 2 Values
	Unit Channels 6	4: -0.006 V 5: -0.000 V 6: -0.006 V
RTP 2 Address 0.0.0.0:2543	FW Version 2.4.2	
State Down	FW Checksum 85801094 (OK)	
Mode Sequential-Toss	Board (SD) 745-1-B "A1A"	
SeedLink 1 Address 193.204.114.105	Board (ELC) 735-1-D "A000A"	
SeedLink 2 Address Not Connected	Board (CPU) 730-1-D "A000A"	
SeedLink 3 Address Not Connected	Board (ATD1) 733-1-D "A000B"	
SeedLink 4 Address Not Connected	Board (ATD2) 733-2-D "A000B"	

2.4 Monitor

Controllato il corretto funzionamento della stazione, è possibile visualizzare in questa sezione le tracce sismiche in tempo reale selezionando, tramite il menù a tendina, lo stream di interesse. Tuttavia, questa modalità di visualizzazione presenta due principali limitazioni. In primo luogo non consente di visualizzare direttamente la componente dei singoli canali (Z, N-S, E-O); per ottenere questa informazione è necessario accedere alla sezione *Events* (Paragrafo 2.5) dove, accanto ai singoli canali (CH), è specificata la rispettiva componente. In secondo luogo, non consente di visualizzare contemporaneamente più *stream*.

Per il test eseguito in questo lavoro (Capitolo 4), sono stati configurati nella sezione *Parameters* attraverso la funzione *datastream*, due stream separati, come si può vedere dalla Figura 10 e 11, poiché richiedevano una frequenza di campionamento differente.

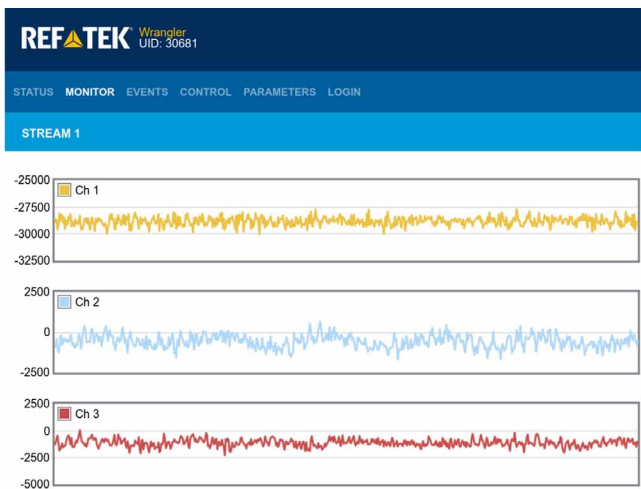


Figura 10 Interfaccia Monitor, stream 1 (canali velocimetrici).

Figure 10 Monitor Interface, stream 1 (velocimeters).

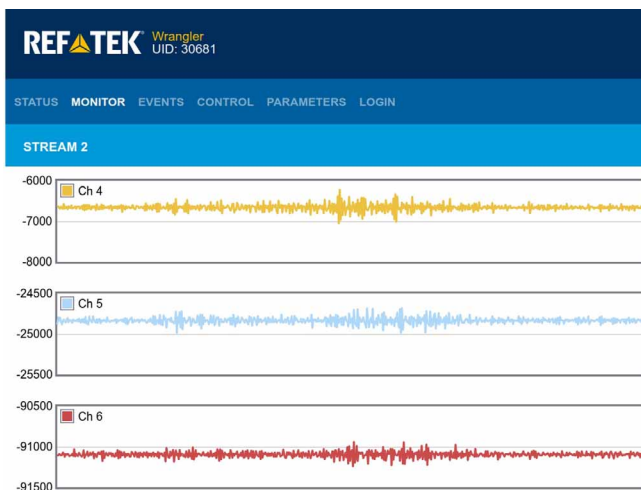


Figura 11 Interfaccia Monitor, stream 2 (canali accelerometrici).

Figure 11 Monitor Interface, stream 2 (accelerometers).

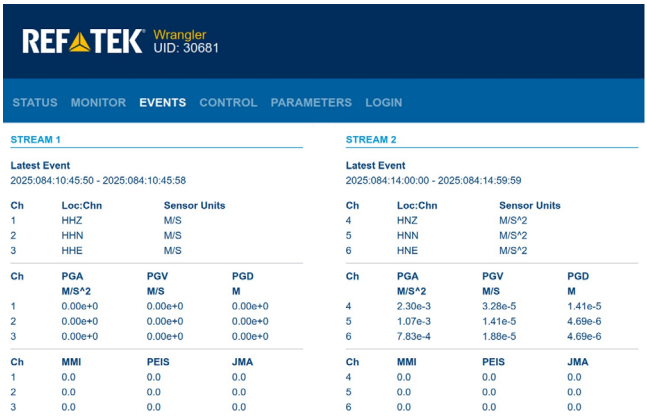
2.5 Events

In quest'ultima sezione (Figura 12), è possibile visualizzare una serie di parametri fondamentali relativi agli stream precedentemente configurati che forniscono importanti informazioni per un'analisi preliminare e la valutazione di un evento sismico. Questi parametri sono:

- codice dei canali e relative unità fisiche;
- PGA (*Peak Ground Acceleration*), PGV (*Peak Ground Velocity*) e PGD (*Peak Ground Displacement*);
- MMI (*Modified Mercalli intensity scale*), PEIS (*PHIVOLCS Earthquake Intensity Scale*) e JMA (*Japan Meteorological Agency seismic intensity scale*).

Questa sezione risulta di fondamentale importanza, soprattutto in occasione di un evento sismico, in quanto la presenza di parametri strumentali, quali PGA, PGV e PGD, congiuntamente alle scale di intensità, ci fornisce una stima rapida dello scuotimento e dell'impatto dell'evento.

Figura 12 Interfaccia Events.
Figure 12 Events interface.



3. Confronto caratteristiche tecniche tra REF TEK Wrangler-HDR e REF TEK 130-01

Gli acquisitori sismici REFTEK Wrangler-HDR e REFTEK 130-01 [D'Alema, 2007] rappresentano strumenti con caratteristiche tecniche specifiche che li rendono più adatti a determinati contesti applicativi.

In questo capitolo saranno evidenziate le principali differenze *hardware/software* tra i due modelli di acquisitori (comunicazione, trasmissione, frequenza di campionamento, formato dati, ecc.) riassunte nella Tabella 3:

	REF TEK Wrangler-HDR	REF TEK 130-01
Trasmissione	RTP e Server SeedLink integrato	RTPD
Comunicazione	Ethernet, Wi-Fi	Ethernet, PPP seriale
Frequenza di campionamento	Da 0,1 a 4000 sps	Da 1 a 1000 sps
Risoluzione	32 bits	24 bits
Formato dati	MRF, MiniSEED	MRF
Storage	USB	Compact flash
Localizzazione e sincronizzazione temporale	GNSS	GPS

Tabella 3 Differenze tra i due acquisitori sismici.
Table 3 Differences between the two seismic acquisitions.

La sostanziale differenza tra i due acquisitori risiede nei protocolli di trasmissione utilizzati. In particolare, l'acquisitore sismico REFTEK 130-01 prevede la configurazione di un *server Linux* su cui sono installati un *server RTPD* che acquisisce direttamente i dati della stazione in formato nativo MRF, il pacchetto RTCC per la configurazione ed il controllo via *browser* delle stazioni ed un *server SeedLink* che preleva i dati dall'RTPD per renderli disponibili in formato standard MiniSEED [22] come utilizzato nella comunità RSN [es. Danecek et al., 2021]. L'acquisitore

REFTEK Wrangler-HDR rispetto al modello precedente ha il vantaggio di disporre inoltre di un server *SeedLink* integrato che è attivo quando si registrano dati in formato MiniSEED. Questa implementazione semplifica notevolmente il livello di acquisizione dati, portando il sistema ad un livello più efficiente in termini di gestione ed affidabilità.

Il nuovo modello Wrangler-HDR non supporta più una comunicazione seriale come nel precedente modello REFTEK 130-01, bensì presenta una scheda *ethernet* e Wi-Fi integrate per la comunicazione.

In termini di archiviazione dati, il modello Wrangler-HDR abbandona l'utilizzo delle obsolete *Compact Flash* a favore di dispositivi USB, garantendo maggiore flessibilità e capacità di archiviazione.

Infine, per quanto riguarda la sincronizzazione temporale, la Wrangler-HDR integra il supporto per ricevitori GNSS (*Global Navigation Satellite System*), quindi multi-costellazione. Questo rappresenta un significativo miglioramento rispetto al modello REFTEK 130-01 che è limitato esclusivamente alla costellazione GPS (*Global Positioning System*).

4. Analisi spettrali

Al fine di verificare lo standard qualitativo del digitalizzatore REFTEK Wrangler-HDR, sono state effettuate misure di rumore sismico ambientale affiancando l'acquisitore sismico in studio alla stazione della rete sismica nazionale IV.MILN [18], equipaggiata con un acquisitore GAIA [Rao et al., 2010]. Entrambi gli acquisitori sono stati collegati a sismometri *broad-band* e accelerometri FBA ES-T (Tabella 4), utilizzando una frequenza di campionamento di 100 Hz e 200 Hz, rispettivamente.

Digitalizzatore	REF TEK Wrangler-HDR	GAIIV
Network	TV	IV
Station	Test	MILN
Velocimetro	Trillium Compact Horizon 120s	Trillium40s
Accelerometro	Episensor FBA ES-T	Episensor FBA ES-T
Vettore di trasmissione	LTE-LR77	LTE-LR77
Ricevitore GNSS	184-GNSS	130-GPS

Tabella 4 Strumentazione utilizzata.
Table 4 Instruments used.



Figura 13 Stazione sismica TV.TEST posizionata accanto alla stazione IV.MILN: a) REFTEK Wrangler-HDR; b) Trillium Compact Horizon 120s; c) Episensor FBA ES-T; d) GAIIV; e) Trillium 40s; f) Episensor FBA ES-T.
Figure 13 Seismic station TV.TEST located next to station IV.MILN: a) REFTEK Wrangler-HDR; b) Trillium Compact Horizon 120s; c) Episensor FBA ES-T; d) GAIIV; e) Trillium 40s; f) Episensor FBA ES-T.

Conclusa la fase di acquisizione durata alcuni giorni, sono state effettuate delle analisi sulla qualità dei dati. In particolare, sono state calcolate delle PSD (*Power Spectral Density*) e relative PDF (*Probability Density Function*) settando il Gain della Wrangler-HDR ai valori 1 (40 Vpp) e 64 (0,625 Vpp).

Gli spettri sono stati calcolati considerando entrambi i sensori (velocimetro e accelerometro) e utilizzando la libreria ObsPy [24] [Beyreuther et al., 2010; Megies et al., 2011; Krischer et al., 2015] di Python [25] secondo lo schema proposto da McNamara e Buland [McNamara D. E., Buland R. P., 2020], ovvero considerando 24 ore di dati suddivise in finestre temporali di 1 ora ciascuna con sovrapposizione del 50%.

Nelle figure di seguito riportate sono mostrate le PDF ottenute dall'analisi sui sensori velocimetrici in quanto più significative. La traccia sismica dei canali velocimetrici (stream HH, [26]) è stata pre-elaborata tramite calcolo della derivata e rimozione della risposta strumentale, senza applicare nessun tipo di filtraggio. Per il calcolo delle PSD e delle PDF sono stati considerati come limiti superiore ed inferiore le funzioni calibrate da Peterson [Peterson J., 1993].

I grafici riportati di seguito sono strutturati in modo da evidenziare la correlazione tra le PDF ottenute con l'acquisitore Wrangler-HDR impostando, rispettivamente Gain 1 (Figura 14) e 64 (Figura 16), e quelle ottenute con l'acquisitore GAIIV (Figure 15 e 17).

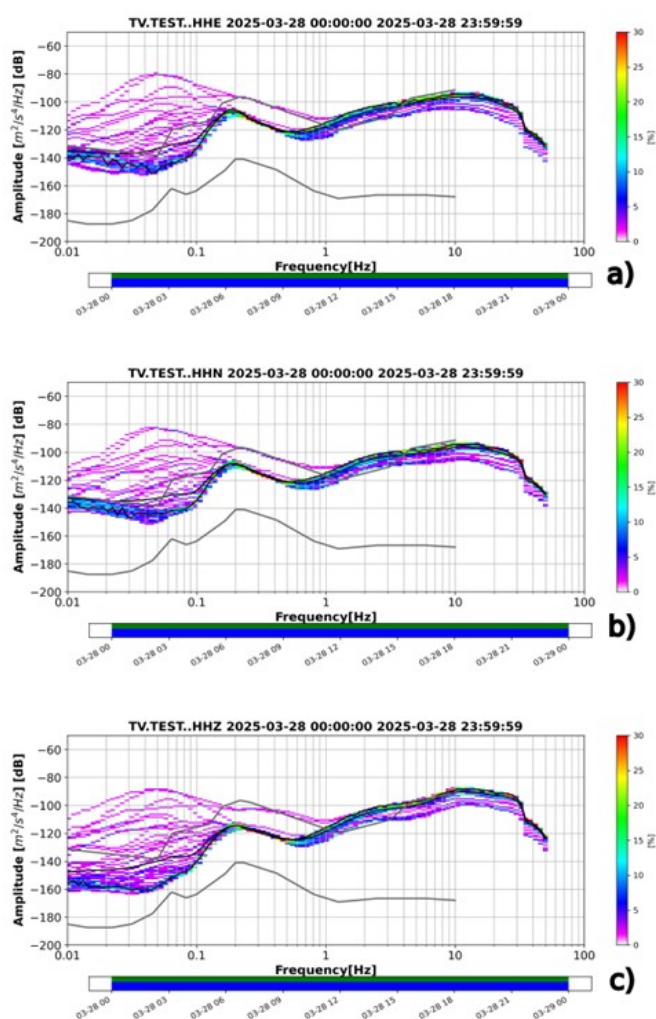


Figura 14 PDF del sensore velocimetrico della stazione TV.TEST con Gain 1.
Figure 14 PDF of TV.TEST station velocimeter sensor with Gain 1.

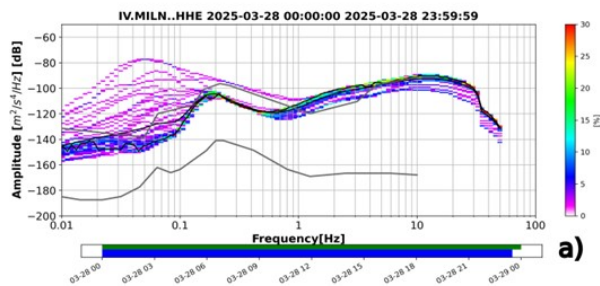


Figura 15 PDF del sensore velocimetrico della stazione IV.MILN.

Figure 15 PDF of IV.MILN station velocimeter sensor.

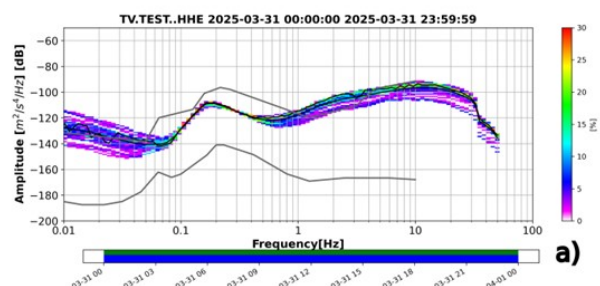
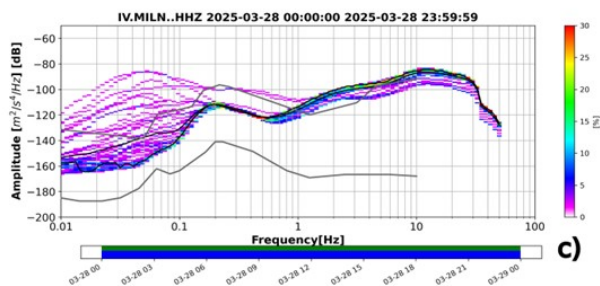
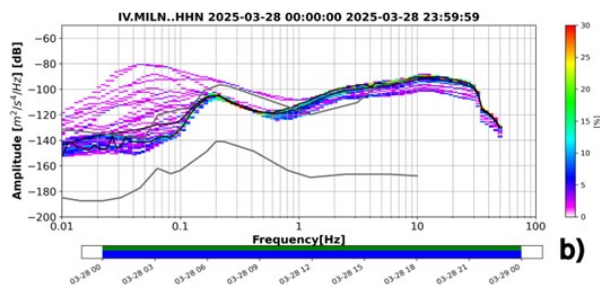


Figura 16 PDF del sensore velocimetrico della stazione TV.TEST con Gain 64.

Figure 16 PDF of TV.TEST station velocimeter sensor with Gain 64.

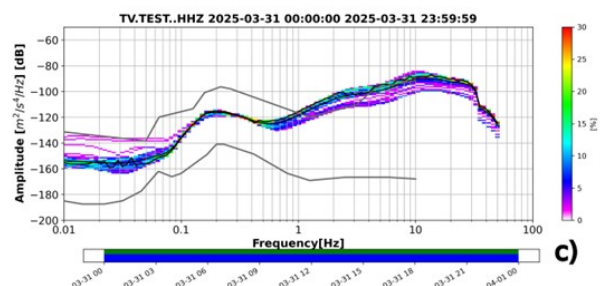
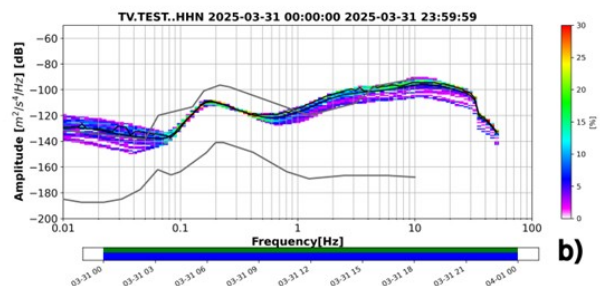


Figura 17 PDF del sensore velocimetrico
della stazione IV.MILN.
*Figure 17 PDF of IV.MILN station
velocimeter sensor.*

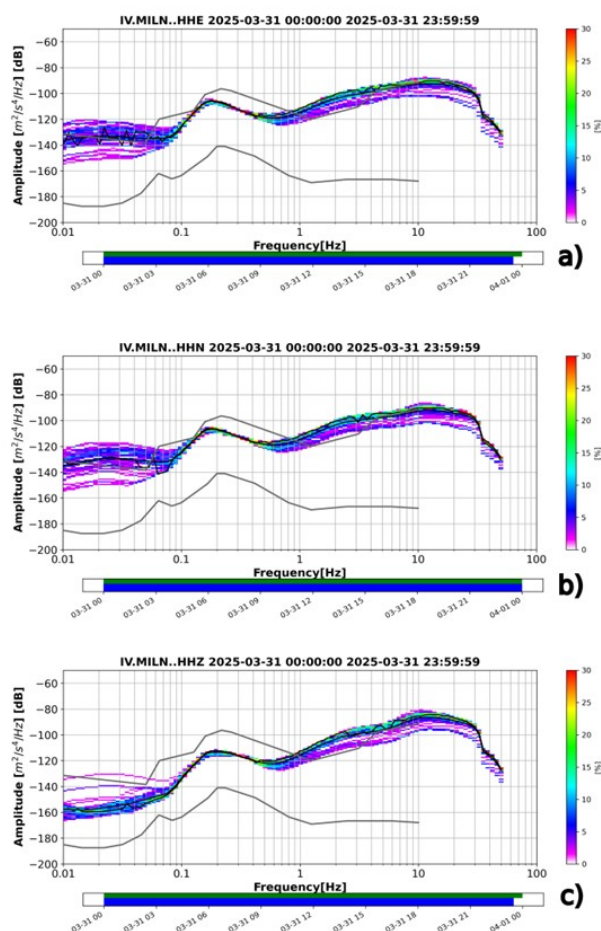
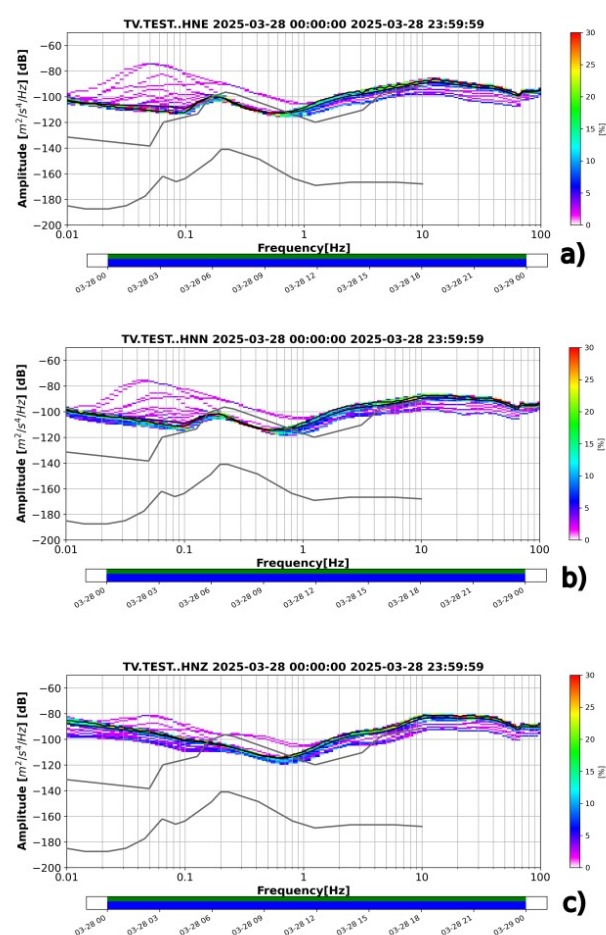


Figura 18 PDF del sensore accelerometrico
della stazione TV.TEST con Gain 1.
*Figure 18 PDF of TV.TEST station
accelerometer sensor with Gain 1.*



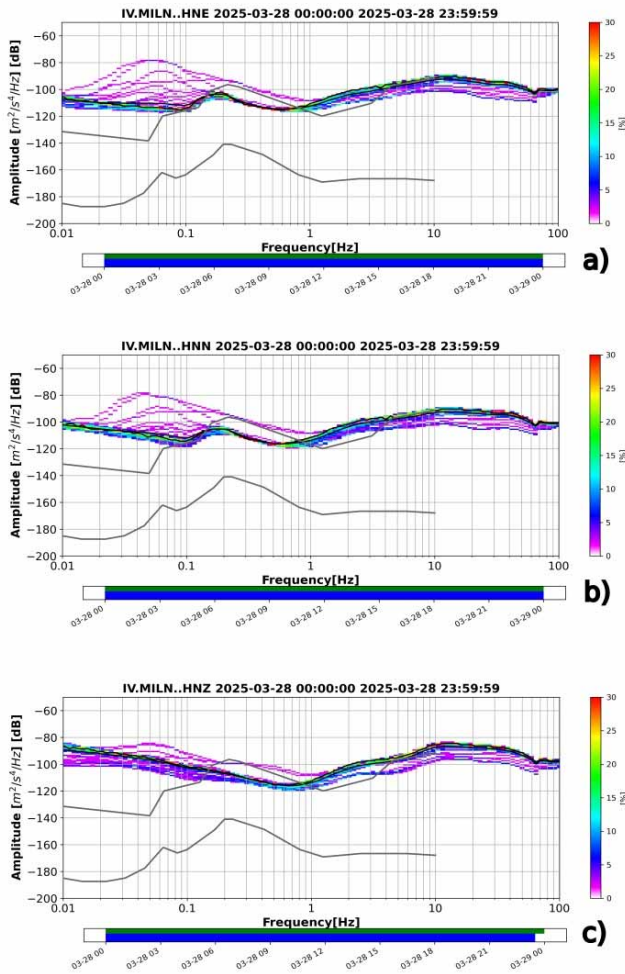


Figura 19 PDF del sensore accelerometrico della stazione IV.MILN.

Figure 19 PDF of IV.MILN station accelerometer sensor.

Osservando i risultati mostrati nei grafici 14-15 e 16-17 si nota la buona coerenza tra i dati registrati con l'acquisitore Wrangler-HDR e l'acquisitore GAIAIV. In particolare il test effettuato considerando la Wrangler-HDR con gain 1 è stato effettuato in data 28 Marzo 2025, giorno in cui alle ore 06:20:56 UTC si è verificato il terremoto di magnitudo momento 7.7 in Myanmar [27], ben visibile nelle figure 14 e 15 a frequenze inferiori a 0,2 Hz. In generale per entrambi i test Wrangler-HDR con gain a 1 e 64 i risultati sono molto soddisfacenti per le frequenze nella banda antropica, al di sopra di 1 Hz, mentre alcune differenze rispetto alla GAIAIV si possono osservare per il test con gain a 64, probabilmente a causa della differenza tra i due sensori *broad-band* utilizzati, ovvero Trillium 40s accoppiato a GAIAIV e Trillium Compact Horizon 120s accoppiato a Wrangler-HDR. Considerata la stessa tipologia di installazione dei due sensori *broad-band* accoppiati agli acquisitori analizzati, le possibili differenze nei segnali registrati a frequenze inferiori a 0,1 Hz possono derivare dalle diverse prestazioni di *self-noise* dei sensori utilizzati [28] [29].

Al contrario i test per i canali accelerometrici hanno mostrato sia con Gain 1 (Figure 18 e 19) che 64 la totale coerenza dei segnali registrati tra l'acquisitore Wrangler-HDR e l'acquisitore GAIAIV.

5. Analisi della linearità, risoluzione e potenza elettrica assorbita del digitalizzatore

L'utilizzo di acquisitori sismici non può prescindere dalla conoscenza di alcuni parametri che caratterizzano le prestazioni e di conseguenza l'affidabilità delle misure delle grandezze di interesse nei vari ambiti della sismologia sperimentale.

Utilizzando due banchi di misura allestiti presso la Sezione ONT dell'INGV [5] costituiti, rispettivamente, da una sorgente di tensione ad altissima precisione (calibratore Fluke5700A) e multimetro digitale a 8+½ digit (HP3458A), e da un wattmetro monofase (Yokogawa WT310E, [30]), sono state eseguiti alcuni test per verificare la coerenza tra dato misurato e dato dichiarato nel *datasheet* relativamente alla linearità della risposta, risoluzione e potenza elettrica assorbita dal digitalizzatore in esame [Strappaveccia e Rao, 2023; Strappaveccia et al., 2025].

In particolare, per la misura in laboratorio della risoluzione dell'acquisitore sono state effettuate misurazioni di tensioni e conteggi sul canale 1 impostato a 100 sps con Gain 1x (40 Vpp) e ADC a 24 bit. Da tener presente che questo acquisitore consente di configurare gli ADC (uno per canale) anche a risoluzioni più elevate (da 25 a 30 bit con step da 1).

Per la risoluzione si è ottenuto un valore di $2,39038 \pm 0,00002 \mu\text{V}/\text{count}$ (in linea con quello fornito dal produttore, pari a: $2,3923 \mu\text{V}/\text{count}$) corrispondente ad un numero di bit pari a $23,99626 \pm 0,00001$.

Per quanto riguarda la verifica della linearità nella risposta dell'acquisitore, sono state applicate al canale 1 dieci tensioni continue di ampiezze: -20 V, -10 V, -5 V, -2 V, -1 V, +1 V, +2 V, +5 V, +10 V, +20 V. Queste sono state perfettamente trasformate nei conteggi corrispondenti e in maniera lineare, come si può vedere dalla Figura 20, ricavata dalla seguente tabella:

Tensioni	Conteggi	Conteggi teorici	Errore %
-20,0002	-8236655	-8363141	1,51%
-9,99996	-4131958	-4181512	1,19%
-4,99998	-2076047	-2090756	0,70%
-1,99999	-836304	-836302	0,00%
-1	-418124	-418153	0,01%
0,99999	418124	418149	0,01%
1,99999	836297	836302	0,00%
4,99995	2074507	2090743	0,78%
9,99992	4129470	4181495	1,24%
19,9996	8233022	8362890	1,55%

Tabella 5 Riepilogo delle misure delle tensioni applicate al canale 1 dell'ingresso analogico 0 dell'acquisitore Wrangler-HDR e dei relativi conteggi.

Table 5 Summary of the voltage measurements applied to channel 1 of analogue input 0 of the Wrangler-HDR logger and their counts.

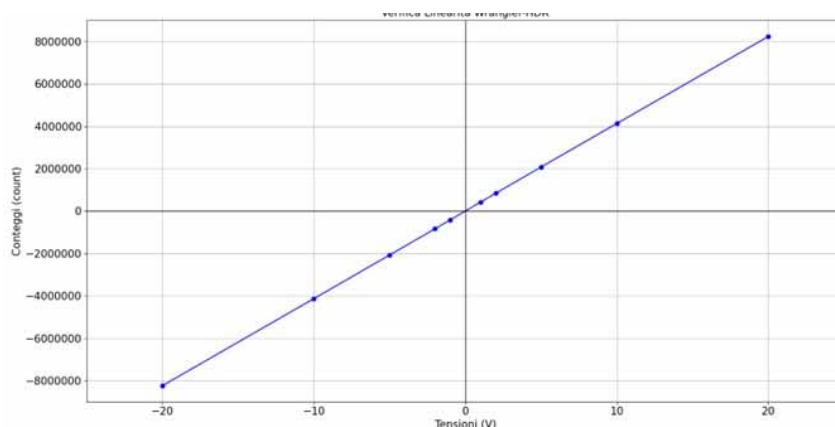


Figura 20 Grafico della linearità per l'acquisitore Wrangler-HDR.
Figure 20 Linearity graph for the Wrangler-HDR digitizer.

Successivamente, sono state effettuate delle misure di potenza elettrica assorbita dal digitalizzatore, utilizzando il banco di misura con il wattmetro. Le misurazioni sono state eseguite sia col ricevitore GNSS in modalità *continuous* che in modalità *duty-cycle*. In entrambi i casi l'acquisitore è stato settato con i canali (CH) 1-3 a 100 sps e i canali (CH) 4-6 a 200 sps, in acquisizione e in *streaming* con connessione Ethernet. Con il ricevitore GNSS in modalità *continuous* è stata misurata una potenza elettrica assorbita pari a $(2,483 \pm 0,005)$ W, con incertezza di misura calcolata come da normativa UNI CEI 70098-03:2016 [UNI CEI] [Strappaveccia e Rao, 2023]. Durante il test sono state raccolte 6000 misurazioni in 10 minuti di acquisizione con il PC connesso via USB al wattmetro impostato per acquisire dati ad una frequenza di 10 Hz. Con il ricevitore in modalità *duty-cycle*, è stata misurata una potenza elettrica assorbita di $(2,100 \pm 0,005)$ W rispetto ai 2,3 W dichiarati nel *datasheet* REFTEK nella stessa modalità.

6. Conclusioni

Questo rapporto tecnico fornisce una descrizione ed una sintesi della configurazione del nuovo acquisitore sismico REFTEK Wrangler-HDR (*High Dynamic Range*), mettendo in evidenza le sue caratteristiche *hardware*, le principali differenze rispetto al precedente modello REFTEK 130-01 e i risultati dei test sperimentali. In particolare, vengono presentate le analisi spettrali per la valutazione della qualità dei dati, i test di laboratorio per verificare l'accuratezza della conversione analogico-digitale degli ADC nonché la conformità del consumo energetico ai valori dichiarati dal costruttore.

Lo studio effettuato evidenzia buone *performance* dell'acquisitore, a partire dalle sue caratteristiche *hardware*, che includono un ADC (*Analog to Digital Converter*) di tipo SAR (*Successive-Approximation-Register*) a 32 bit con elevata dinamica (>142 dB), un'interfaccia di configurazione intuitiva e adatta diverse condizioni operative (*stand-alone* e *real-time*).

L'integrazione del protocollo di trasmissione SeedLink rappresenta un significativo miglioramento rispetto al precedente modello REFTEK 130-01, semplificando notevolmente la gestione dei flussi di dati in tempo reale.

Il test condotto sull'analisi spettrale confrontando i dati con la stazione IV.MILN appartenente alla Rete Sismica Nazionale (RSN) ha mostrato un ottimo accordo con i dati acquisiti dall'acquisitore GAIAIV, in particolare nella banda di frequenze superiori a 1 Hz, mentre le trascurabili differenze osservate a basse frequenze ($< 0,1$ Hz) sono riconducibili principalmente al diverso sismometro *broad-band* utilizzato (Trillium Compact Horizon 120s collegato alla REFTEK Wranglr-HDR e Trillium 40s collegato alla GAIAIV). Per quanto riguarda le analisi di laboratorio sulla linearità della risposta e risoluzione dello strumento, i risultati hanno validato le specifiche tecniche fornite dal costruttore, con errori trascurabili ($\leq 0,23$ %) e una risposta coerente su tutto il *range* di tensioni in ingresso. Le misurazioni di potenza elettrica assorbita hanno rilevato valori di $(2,483 \pm 0,0005)$ W in modalità GNSS *continuous* e $(2,100 \pm 0,0005)$ W in modalità *duty-cycle*, migliori in entrambi i casi rispetto alle specifiche tecniche fornite dal costruttore 2,3 W.

Il confronto con il modello REFTEK 130-01 mette in luce i significativi miglioramenti introdotti dal Wrangler-HDR, tra cui una maggiore risoluzione, una più ampia gamma dinamica e una gestione più efficiente dei dati grazie all'adozione di standard moderni, quali:

- sostituzione delle *Compact Flash* con *storage* USB;
- integrazione del protocollo SeedLink;
- passaggio da ricevitore GPS a GNSS multi-costellazione;
- introduzione del formato dati MiniSEED.

In conclusione, l'acquisitore REFTEK Wrangler-HDR si presenta come una soluzione

tecnologicamente avanzata e affidabile, in grado di rispondere alle esigenze del monitoraggio sismico, sia in ambito di ricerca che di protezione civile. Questo strumento potrà rappresentare un importante passo avanti verso il potenziamento della RSN, garantendo dati di alta qualità per lo studio della sismicità e la valutazione del rischio sismico.

Bibliografia

- Beyreuther M., Barsch R., Krischer L., Megies T., Behr Y., Wassermann J., (2010). *ObsPy: a python toolbox for seismology*. Seismological Research Letters, 81, 3, 530-533. <https://doi.org/10.1785/gssrl.81.3.530>
- D'Alema E., (2007). *Stazioni accelerometriche con REFTEK-130/modem GSM: note tecniche sui softwares in ambiente Linux per la Rete Accelerometrica dell'Italia Settentrionale*. Rapp. Tec. INGV, 37: 1-22. https://editoria.ingv.it/archivio_pdf/rapporti/36/pdf/rapporti_37.pdf
- Danecek P., Pintore S., Mazza S., Mandiello A., Fares M., Carluccio I., Della Bina E., Franceschi D., Moretti M., Lauciani V., Quintiliani M., Michelini A., (2021). *The Italian Node of the European Integrated Data Archive*. Seismological Research Letters, 92, 3, 1726-1737. <https://doi.org/10.1785/0220200409>
- Krischer L., Megies T., Barsch R., Beyreuther M., Lecocq T., Caudron C., Wassermann J., (2015). *ObsPy: a bridge for seismology into the scientific Python ecosystem*. Comput. Sci. Discov., 8, 014003. <https://doi.org/10.1088/1749-4699/8/1/014003>
- Margheriti L., Cirillo F., Guglielmino F., Moretti M., (2020). *Progetto "Sale Operative Integrate e Reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0"*. Misc. INGV, 57: 1-186, <https://doi.org/10.13127/misc/57>
- McNamara D. E., Buland R. P., (2020). *Ambient Noise Levels in the Continental United States*. Bulletin of Seismological Society of America, 94, 4, 1517-1527. <https://doi.org/10.1785/012003001>
- Megies T., Beyreuther M., Barsch R., Krischer L., Wassermann L., (2011). *ObsPy-What can it do for data centers and observatories?* Annals of Geophysics, 54: 47-58. <https://doi.org/10.4401/ag-4838>
- Peterson J., (1993). *Observation and Modeling of Seismic Background Noise*. U.S. Geological Survey, open file report, 93-322. <https://doi.org/10.3133/ofr93322>
- Rao S., Salvaterra L., Acerra C., (2010). *Software per l'installazione e la configurazione della stazione sismica GAlA2*. Rapp. Tec. INGV, 130: 1-52. https://editoria.ingv.it/archivio_pdf/rapporti/129/pdf/rapporti_130.pdf
- Strappaveccia P., Rao S., (2023). *Misura della potenza elettrica assorbita da diverse stazioni sismiche*. Rapp. Tec. INGV, 460: 1-28. <https://doi.org/10.13127/rpt/460>
- Strappaveccia P., Rao S., Salvaterra L., Perfetti M., (2025). *Misura della risoluzione di un acquisitore sismico*. Rapp. Tec. INGV, 493: 1-40. <https://doi.org/10.13127/rpt/493>

Sitografia

- [1] <https://www.ingv.it/>
- [2] <https://reftek.com/product/wrangler-hdr>
- [3] <https://www.fdsn.org/networks/detail/IV/>
- [4] <https://www.protezionecivile.gov.it/it/>
- [5] <https://www.ont.ingv.it/>
- [6] <https://www.fdsn.org/networks/detail/MN/>
- [7] <https://www.fdsn.org/networks/detail/IT/>
- [8] <https://www.ogs.it/it>

- [9] <https://www.fdsn.org/networks/detail/OX/>
- [10] <https://unige.it/>
- [11] <https://www.fdsn.org/networks/detail/GU/>
- [12] <https://isnet.unina.it/>
- [13] <https://www.fdsn.org/networks/detail/IX/>
- [14] <https://www.fdsn.org/networks/detail/ST/>
- [15] <https://www.fdsn.org/networks/detail/SI/>
- [16] <https://www.ingv.it/monitoraggio-e-infrastrutture/emergenze/gruppi-di-emergenza>
- [17] https://reftek.com/sites/default/files/2021-06/WranglerJune2021_0.pdf
- [18] <https://terremoti.ingv.it/instruments/station/MILN>
- [19] <https://nanometrics.ca/>
- [20] <https://kinemetrics.com/>
- [21] <https://manuals.reftek.com/viewmanual/?manual=Wangler%20Theory>
- [22] <https://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/data/formats/seed>
- [23] <https://www.trimble.com/en>
- [24] <https://docs.obspy.org/>
- [25] <https://www.python.org/>
- [26] <https://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/data/formats/seed-channel-naming/>
- [27] <https://terremoti.ingv.it/event/42162362?timezone=UTC>
- [28] https://20819274.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/20819274/Downloads/Data%20Sheets/trillium_compact_horizon.pdf?hsCtaAttrib=191184685410
- [29] https://20819274.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/20819274/Downloads/Data%20Sheets/trillium_compact_horizon.pdf?hsCtaAttrib=19118468541
- [30] <https://www.yokogawa.com/it/>

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<https://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

<https://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

https://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.

Progetto grafico
Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Ufficio Editoriale
Francesca DI STEFANO | Coordinatore

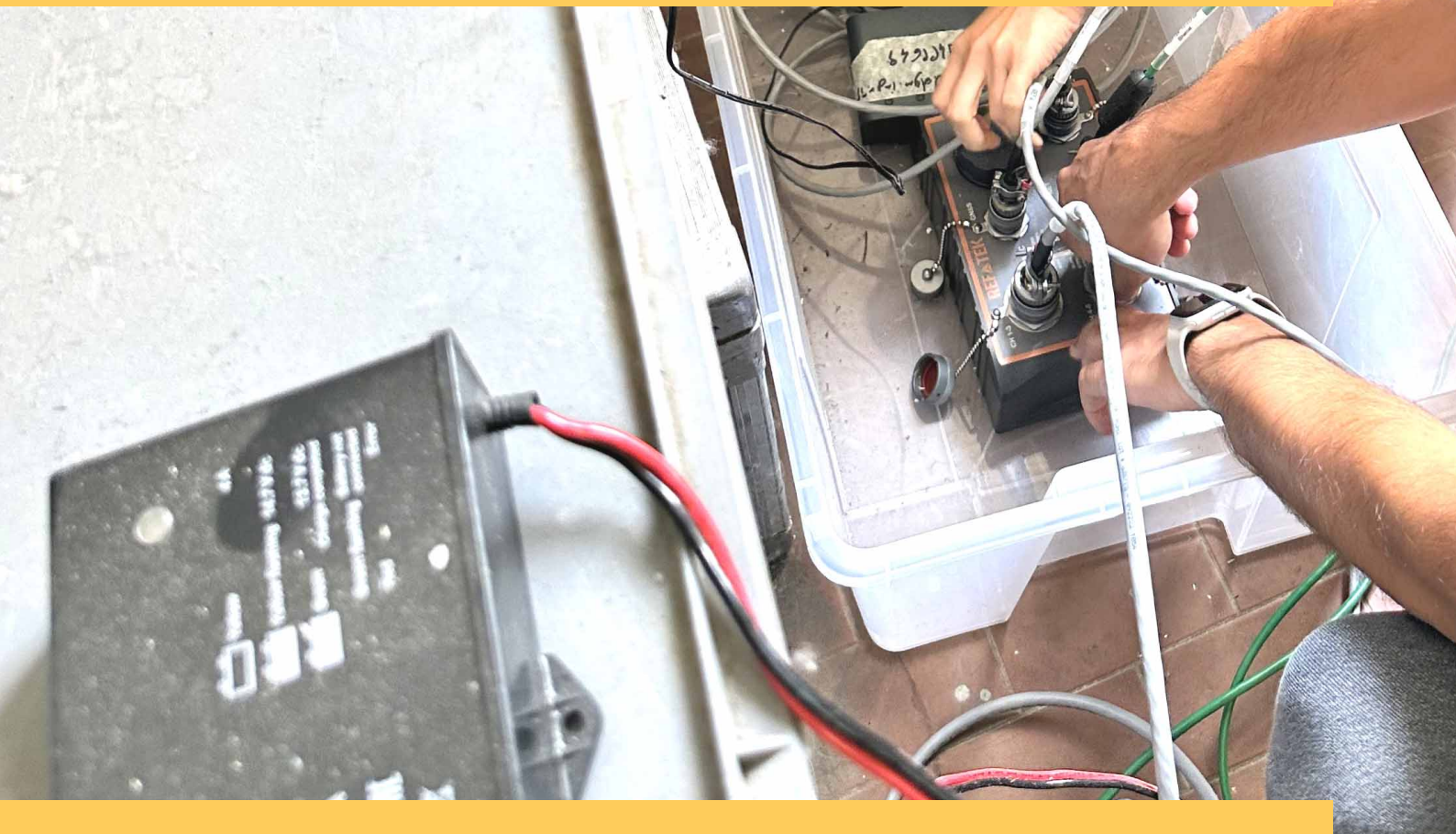
Segreteria di redazione
segreteria.collane-editoriali@ingv.it

Editing | Produzione | Grafica redazionale
Barbara ANGIONI
Massimiliano CASCONI
Francesca DI STEFANO
Patrizia PANTANI

© 2025 the Author(s). All rights reserved. Open Access



Creative Commons Attribution 4.0 International



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

