ISSN 2039-7941
anno 2026 numero 530



RAPPORTI TECNICI INGV

Un’infrastruttura modulare e distribuita per l’acquisizione, la normalizzazione e l’indicizzazione automatica di dati GNSS

530

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Direttore Responsabile
Daniela VERSACE

Editor in Chief
Milena MORETTI

Editorial Board
Laura ALFONSI
Sofia BARANELLO
Carla BARNABA
Christian BIGNAMI
Simona CARANNANTE
Maria Grazia CIACCIO
Luca COCCHI
Luigi CUCCI
Lorenzo CUGLIARI
Elisabetta D'ANASTASIO
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
Arianna PESCI
Stefano PINTORE
Pierangelo ROMANO
Paola SBARRA
Davide SCAFIDI
Maurizio SOLDANI
Sara STOPPONI
Umberto TAMMARO
David ZULIANI

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**

ISSN 2039-7941
anno **2026** numero **530**

RAPPORTI TECNICI INGV

Un'infrastruttura modulare e distribuita per l'acquisizione, la normalizzazione e l'indicizzazione automatica di dati GNSS

A distributed and modular infrastructure for automated GNSS data acquisition, normalization and indexing

Patrizia Pizzulo[1,*], Daniele Randazzo[2]

[1]INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Irpinia
[2]INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna

**Corresponding author*

Accettato 31 agosto 2026 | *Accepted 31 August 2026*
Come citare | *How to cite* P., Pizzulo, D., Randazzo (2026). Un'infrastruttura modulare e distribuita per l'acquisizione, la normalizzazione e l'indicizzazione automatica di dati GNSS. *Rapporti Tecnici INGV*, *530*, 34 pp. https://doi.org/10.13127/rpt/530

In copertina Rappresentazione futuristica dell'infrastruttura ottenuta dati GNSS. Elaborazione grafica di Raffaele Moschillo (INGV - Sezione Irpinia) con il supporto dell'AI | *Cover Futuristic representation of GNSS data infrastructure. Graphic processing by Raffaele Moschillo (INGV – Sezione Irpinia) with the support of AI*

530

INDICE

Riassunto 7

Abstract 7

Introduzione 7

1. Architettura generale del sistema 8

2. Organizzazione funzionale del downloader 9
2.1 Entry point e configurazione del sistema (gpsdata.py) 9
2.1.1 Parsing degli Argomenti (Interfaccia CLI) 9
2.1.2 Gestione della Configurazione 10
2.2 Gestione del Processo e Scheduling 11

3. Modulo principale di acquisizione ed elaborazione 11

4. Architettura dei servizi API 13
4.1 GNSS_API (Consultazione e stato operativo) 13
4.2 Webserver FWSS (archiviazione dati) 14
4.2.1 Indicizzazione dei file RINEX 14
4.2.2 Integrazione degli indicatori di qualità 14

5. Modulo Discover per individuare le nuove stazioni GNSS 15

6. Estensibilità e Gestione Personalizzata 16

7. Stato attuale dell'archivio 16
7.1 Distribuzione per rete 17
7.2 Distribuzione geografica e rappresentatività dell'archivio 18

8. Conclusioni 19

Ringraziamenti 19

Bibliografia 19

Sitografia 20

APPENDICI 21
A – Rappresentazione semplificata del modello di Database 23
B – Parametri dell'interfaccia CLI 24
C – File di configurazione base per una rete 25
D – Elenco degli endpoint esposti da GNSS_API 26
E – Elenco degli endpoint esposti da FWSS 28
F – Elenco reti attualmente schedulate 29

Riassunto

La crescente diffusione di reti GNSS permanenti in Europa e nel Mediterraneo ha determinato un aumento significativo del volume di dati eterogenei e della complessità di gestione dei dati geodetici. Sebbene la disponibilità di file RINEX (Receiver INdependent EXchange format) sia oggi ampia, la loro acquisizione sistematica, normalizzazione, validazione e indicizzazione strutturata rappresenta ancora una sfida operativa rilevante.
In questo lavoro viene presentato Mediterranean GNSS Archive (MGA), un'infrastruttura software modulare e distribuita progettata per automatizzare l'intero ciclo di vita del dato GNSS: download, normalizzazione, controllo di qualità e indicizzazione dei metadati. L'architettura si basa su un modello a processi indipendenti per rete, su un sistema estensibile di worker specializzati e su una rigorosa separazione tra servizi di scrittura e servizi di consultazione tramite API REST (Application Programming Interface Representational State Transfer).
Vengono descritte le scelte architetturali, il modello di orchestrazione dei processi, la pipeline di normalizzazione dei dati, il sistema di indicizzazione e il comportamento scalabile dell'infrastruttura in ambiente operativo reale, che attualmente gestisce oltre 22 milioni di file RINEX provenienti da più di 100 reti GNSS. MGA dimostra come sorgenti eterogenee possano essere integrate in un archivio coerente, interrogabile e adatto sia ad applicazioni scientifiche sia a esigenze operative di monitoraggio.

Abstract

The rapid expansion of permanent GNSS networks across Europe and the Mediterranean has generated a large, heterogeneous and operationally complex data ecosystem. Although RINEX files are widely available, their systematic acquisition, normalization and structured indexing remain challenging tasks. This work introduces Mediterranean GNSS Archive (MGA), a modular and distributed software infrastructure designed to automate the entire GNSS data lifecycle, including acquisition, normalization, quality control, and metadata ingestion. The architecture relies on independent per-network processes, extensible specialized workers, and a strict separation between write-oriented services and read-only REST APIs. We describe the architectural choices, the process-orchestration model, the normalization pipeline, the indexing system, and the scalable behavior of the infrastructure in real operational conditions. MGA currently manages more than 22 million RINEX files from over 100 GNSS networks, demonstrating how heterogeneous data sources can be transformed into a coherent, queryable archive suitable for both scientific applications and operational monitoring.

Keywords MGA; GNSS; RINEX

Introduzione

La crescente densificazione delle reti permanenti GNSS in Europa e nel bacino del Mediterraneo ha generato un ecosistema di dati ampio, distribuito e fortemente eterogeneo. La disponibilità di osservazioni continue ad alta risoluzione temporale consente oggi analisi dettagliate dei processi di deformazione crostale, della dinamica tettonica e dell'attività vulcanica. Tuttavia, l'aumento del numero di stazioni, la varietà degli enti gestori e la diversità dei protocolli di

distribuzione hanno introdotto una nuova sfida: non è più sufficiente acquisire dati GNSS, ma è necessario renderli accessibili, coerenti e interrogabili su larga scala. I file RINEX prodotti quotidianamente dalle reti europee e mediterranee presentano strutture di directory non uniformi, formati non sempre standardizzati e metadati eterogenei [Bruni et al., 2022] [1].
In questo contesto, il problema non è più la disponibilità dei dati, ma la loro gestione sistematica: acquisizione automatica, verifica della coerenza formale, normalizzazione secondo standard comuni, estrazione dei metadati e accesso tramite interfacce strutturate.
Il *Mediterranean GNSS Archive* (MGA) nasce per rispondere a questa esigenza scientifica e operativa con l'obiettivo di trasformare un insieme eterogeneo di sorgenti GNSS in un archivio coerente, indicizzato e interrogabile. Il progetto, sviluppato nell'ambito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, si inserisce nel più ampio contesto delle infrastrutture geodetiche europee e mira a supportare sia applicazioni scientifiche su larga scala, sia attività operative di monitoraggio.
MGA rappresenta oggi un'infrastruttura di riferimento utilizzata dai ricercatori dell'INGV per l'accesso ai dati GNSS permanenti del Mediterraneo. Tali dati e metadati sono fondamentali per studi geodetici, geofisici e geodinamici e vengono messi a disposizione dei centri di analisi ed elaborazione dell'Istituto [Pizzulo et al., 2024]. Nell'ambito della Joint Research Unit (JRU) EPOS Italia [2], MGA costituisce una sorgente primaria di dati e metadati per la generazione di prodotti geodetici. Le informazioni recuperate vengono, infatti, processate dai centri di analisi per l'elaborazione di serie temporali e soluzioni geodetiche mediante differenti software scientifici, tra cui Bernese, GAMIT/GLOBK e GipsyX [Bruni et al., 2020; Randazzo et al., 2022; Devoti et al., 2017]. Attualmente tali elaborazioni interessano oltre 5.500 stazioni GNSS acquisite da MGA e confluiscono nei prodotti geodetici resi disponibili attraverso il portale WebRing [3].
L'infrastruttura è progettata come un sistema modulare, distribuito e completamente automatizzato, in grado di gestire l'intero ciclo di vita dei dati GNSS, risolvendo i problemi detti, oltre a fornire servizi di front-end dedicati al monitoraggio operativo, alla gestione delle stazioni e all'esposizione dei dati attraverso API REST.
Il presente lavoro si concentra sull'infrastruttura software che ne costituisce il nucleo operativo, descrivendone in dettaglio l'architettura modulare, i componenti applicativi, il modello di orchestrazione dei processi, i servizi API, i meccanismi di estensibilità e le soluzioni adottate per garantire automazione, scalabilità e manutenibilità del sistema, evidenziando inoltre le principali migliorie introdotte nel tempo rispetto alla precedente implementazione. Non vengono invece approfonditi il modello dati del database, già descritto in Bruni et al. [2022] e rimasto sostanzialmente invariato, né il componente di front-end (*Monitor*), oggetto di una significativa evoluzione architetturale negli ultimi anni, la cui descrizione sarà trattata in un successivo contributo dedicato.

1. Architettura generale del sistema

Il sistema MGA è costituito da una serie di componenti software cooperanti, sviluppati in *Python* secondo il paradigma ad oggetti.
L'architettura generale dell'infrastruttura è illustrata in Figura 1 ed è composta dai seguenti moduli principali:

- **Downloader**, responsabile dell'acquisizione dei file RINEX, della normalizzazione dei dati e dell'avvio delle procedure di indicizzazione;
- **FWSS**, servizio dedicato all'ingestione dei metadati e alla loro memorizzazione nel database PostgreSQL;
- **GNSS_API**, servizio REST dedicato alla consultazione dei dati e al supporto delle operazioni svolte dal Downloader;

- **Monitor**, applicazione front-end utilizzata per il monitoraggio operativo dell'infrastruttura e per la gestione di alcuni metadati.

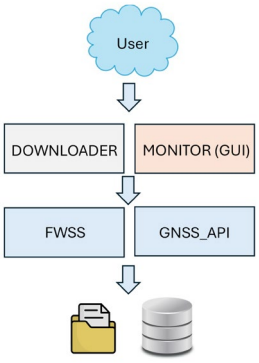


Figura 1 Architettura generale dell'infrastruttura MGA.
Figure 1 *General architecture of the MGA infrastructure.*

Nei capitoli seguenti viene descritta in dettaglio l'organizzazione funzionale del Downloader, la gestione del ciclo di vita dei processi, il modello di configurazione dell'infrastruttura, i servizi di supporto (FWSS e GNSS_API) e le modalità di estensione del sistema.
L'insieme dei dati raccolti dal sistema viene memorizzato in un database PostgreSQL, open source caratterizzato da affidabilità e robustezza nella gestione di grandi quantità di dati [4]. Il modello logico del database, descritto in Bruni et al. [2022], è stato mantenuto sostanzialmente invariato rispetto alla precedente versione. L'Appendice A riporta una rappresentazione semplificata del modello logico del database, limitata alle principali entità coinvolte nel processo di indicizzazione e alle loro relazioni.
I diversi processi non accedono direttamente al database, ma interagiscono con esso attraverso API REST dedicate. Questo approccio consente di separare le logiche applicative dalle operazioni di accessi ai dati, migliorando la robustezza e la scalabilità del sistema.

2. Organizzazione funzionale del downloader

Il Downloader rappresenta il principale componente operativo dell'infrastruttura MGA. Dal punto di vista software esso è organizzato in diversi moduli funzionali descritti nelle sezioni seguenti.

2.1 Entry point e configurazione del sistema (gpsdata.py)

Il modulo *gpsdata.py* costituisce il punto di ingresso operativo del componente denominato "*downloader*". Esso non esegue direttamente il download dei dati, ma interpreta i comandi forniti dall'utente e prepara l'ambiente di esecuzione. Invocato da riga di comando, consente di controllare il ciclo di vita dei processi di ogni rete (avvio, arresto e verifica dello stato) e di definire in modo flessibile le modalità di esecuzione.

2.1.1 Parsing degli Argomenti (Interfaccia CLI)

Attualmente, l'interfaccia a riga di comando (CLI - *Command Line Interface*) costituisce il livello di interazione tra operatore e sistema. Attraverso i parametri CLI è possibile selezionare in maniera granulare le reti da processare, indicando singole reti, insiemi predefiniti o l'intero

gruppo configurato. In assenza di specifiche indicazioni, il sistema opera automaticamente su tutte le reti abilitate, escludendo quelle esplicitamente marcate come non attive nella configurazione.
Sono previste differenti modalità di esecuzione che permettono di adattare il comportamento del sistema a contesti operativi diversi. Il processo può essere eseguito:

- in modalità *daemon*, ovvero come servizio in *background* con schedulazione periodica automatica, che consente l'esecuzione parallela dei processi;
- in modalità *immediata*, avviata su richiesta, che può essere eseguita sia in *foreground* sia in *background*.

L'esecuzione in *foreground* è particolarmente utile per attività di *debugging*, recupero di dati storici o test di nuove configurazioni, in quanto consente di seguire direttamente il flusso di esecuzione.
L'interfaccia consente inoltre di definire filtri temporali per il recupero selettivo dei dati. È possibile specificare intervalli temporali puntuali (anno e giorno dell'anno), elaborare un numero definito di giorni precedenti rispetto alla data corrente o introdurre un embargo temporale per escludere i dati più recenti. Questa flessibilità rende il sistema adatto sia alla gestione ordinaria del flusso giornaliero sia a operazioni straordinarie di riallineamento.
Un meccanismo interno di validazione garantisce la coerenza logica delle combinazioni di parametri, prevenendo configurazioni incompatibili e assicurando robustezza operativa.
L'Appendice B riporta in forma sintetica l'elenco completo dei parametri supportati.

2.1.2 Gestione della Configurazione

Il sistema adotta un modello di configurazione modulare e gerarchico, progettato per garantire flessibilità e riusabilità. La componente di archiviazione dati è gestita attraverso un apposito web service API (FWSS).
Il modulo *gpsdata.py* è responsabile della gestione della configurazione del sistema. Esso carica la configurazione globale, che contiene sia i parametri comuni dell'infrastruttura, quali gli indirizzi URL dei portali da cui acquisire i file RINEX, i percorsi degli strumenti esterni e la struttura di archiviazione dei dati, sia i parametri di configurazione predefiniti delle reti. Tali informazioni vengono quindi integrate con le configurazioni specifiche delle singole reti che, nell'ultima versione del software, sono definite in file JSON dedicati. Questa organizzazione consente a ciascuna rete di disporre di una configurazione indipendente, facilmente personalizzabile e gestibile senza modificare la configurazione globale.
Prima dell'avvio dei processi, viene eseguita una fase di validazione che verifica la coerenza dei parametri e l'esistenza delle dipendenze critiche. Successivamente, per ciascuna rete selezionata viene generata una configurazione finale, ottenuta combinando i valori definiti nella configurazione globale con quelli presenti nel file JSON della rete. Tale approccio consente di mantenere un insieme coerente di valori di default, garantendo al tempo stesso la possibilità di personalizzare il comportamento delle singole reti.
Una volta completata questa fase preparatoria, il modulo *gpsdata.py* istanzia per ogni rete un *driver* di processo dedicato, delegando a quest'ultimo l'esecuzione persistente del servizio.
L'Appendice C riporta un esempio di configurazione base per una rete. Esso contiene in particolare le informazioni relative alla sorgente da cui effettuare il download dei file, i tipi di file gestiti ed eventuali formati differenti rispetto allo standard. È possibile definire anche più sorgenti in modo da poter gestire contemporaneamente più canali di acquisizione.

2.2 Gestione del Processo e Scheduling

La gestione effettiva dei processi in *background* è affidata alla classe *DaemonGPSDriver*, che implementa il ciclo di vita del processo di rete.
Per ogni rete GNSS istanzia la classe appropriata che viene eseguita come processo indipendente. Questa architettura a processi separati garantisce isolamento tra reti differenti: un eventuale errore in una rete non compromette il funzionamento delle altre.
Dopo la fase in cui vengono lanciati tutti i processi (chiamati *daemon*), il controllo passa al modulo di schedulazione, che mantiene il processo attivo nel tempo e ne regola l'esecuzione periodica. Lo *scheduler* avvia le operazioni in base all'orario configurato e gestisce la modalità di esecuzione.
Una volta avviato il processo, viene preparato un *logger* specifico per la rete ed una cartella temporanea di lavoro. Successivamente avviene la selezione dinamica della classe da utilizzare per lo scarico dei dati di quella rete che si occupa dell'intera esecuzione fino alla pulizia dei file temporanei.
Al termine del processo di download ed elaborazione, lo *scheduler* si occupa anche di due operazioni di *post-processing*:

- **execute_discover()**: avvia il sottoprocesso per la ricerca di nuove stazioni che garantisce un aggiornamento dinamico e automatico dell'anagrafica delle stazioni (Paragrafo 5);
- **refresh_cache()**: forza l'aggiornamento della cache esistente per aggiornare le risposte date dal servizio API del server, assicurando che i dati appena elaborati siano immediatamente disponibili nel *frontend*.

Il sistema è anche abbastanza flessibile per gestire avviamenti speciali: se l'utente specifica i flag "--immediate" o "--background", lo *scheduler* esegue le azioni subito, prima di (o al posto di) entrare nel normale ciclo di attesa.

3. Modulo principale di acquisizione ed elaborazione

Il modulo *daemonGPS.py* rappresenta il nucleo operativo dell'infrastruttura e implementa la classe base per il funzionamento, dotata di metodi e attributi per la gestione del flusso di lavoro sui file RINEX, consentendo l'estensione delle funzionalità mediante classi specializzate (Figura 2).

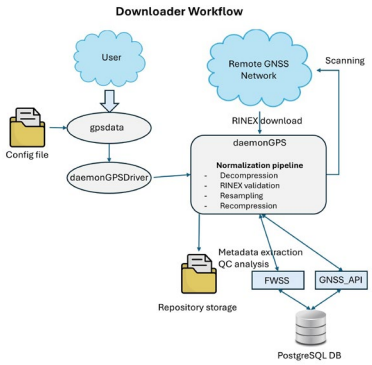


Figura 2 Downloader workflow.
***Figure 2** Downloader workflow.*

Il processo può essere concettualmente suddiviso in quattro fasi principali.

Fase 1 - Inizializzazione e Scansione
Il *daemonGPS* determina l'intervallo temporale da processare e tramite il servizio GNSS_API ottiene l'elenco delle stazioni attive e le eventuali *blacklist* ovvero stazioni da non prendere in

considerazione. In base al protocollo definito nella configurazione, viene usato dinamicamente il protocollo appropriato (FTP, SFTP, HTTP/S) per l'accesso al server remoto, dal quale viene estratta la lista dei file disponibili.

Fase 2 - Download e Normalizzazione

Per ciascun file identificato, il sistema verifica preliminarmente l'eventuale presenza nel *repository* o nel database, evitando download ridondanti, a meno che non sia stato specificato il parametro per forzare il download di file esistenti. I file nuovi vengono scaricati in un'area temporanea e sottoposti a una serie di operazioni di normalizzazione:

- **Decompressione e conversione "Hatanaka"**: viene invocato il metodo che decomprime il file dal formato -*Hatanaka compresso*, utilizzando il tool esterno CRX2RNX [5];
- **Controllo e Ricampionamento**: viene letto *l'header* del file per individuare la versione reale del RINEX e la frequenza di campionamento; se quest'ultima non è 30s viene invocato il software esterno *gfzrnx_lx* [6] per ricampionare il file; se il formato è diverso da quello atteso (es. file RINEX3 con nome da RINEX2 o viceversa) viene chiamata la funzione per rinominarlo correttamente;
- **Hatanaka e Compressione**: il file RINEX normalizzato viene riprocessato per essere "*hatanakato*" attraverso il tool esterno RNX2CRX [5] e poi ricompresso;
- **Archiviazione**: il file finale, che ha superato tutte le verifiche, viene spostato dalla directory temporanea alla sua posizione di archivio permanente (es. DATA_ARCHIVE/NET/YYYY/DOY/); prima viene verificato che la dimensione del file sia maggiore di zero; in caso contrario, il file viene spostato nella cartella WRONG.

Fase 3 - Indicizzazione e Controllo Qualità (QC)

Una volta archiviato, il file può essere sottoposto a indicizzazione e controllo qualità. L'estrazione dei metadati dall'*header* del file RINEX viene effettuata tramite tools esterni dedicati:

- *indexGD* è chiamato per estrarre i metadati dall'*header* (ad es. tipo di antenna, ricevitore, coordinate approssimate) in formato JSON e inviarli all'*endpoint* "*/gps/data/rinex*" (Tabella 1) del servizio web API esposto dal server FWSS, che provvede al loro inserimento nel database;
- *RunQC* è chiamato per estrarre le informazioni dal file RINEX relative all'acquisizione satellitare; a tal fine utilizza il software *G-Nut/Anubis* per analizzare i dati, restituendo i parametri di qualità in formato XML, che vengono inoltrati all'*endpoint* "*/gps/data/qcfile*" (Tabella 1) del servizio web API esposto dal server FWSS, il quale si occupa di caricarli nel database e di associarli alle informazioni relative allo stesso file RINEX.

Metodo	Endpoint	Input	Output	Funzione
POST	/gps/data/rinex	File JSON contenente i metadati estratti dall'header RINEX	Esito dell'inserimento: http 200 in caso di successo, codice di errore in caso di dati non validi	Inserimento nel database delle informazioni contenute nell'header del file RINEX
POST	/gps/data/qcfile	File XML contenente i parametri di qualità generati da G-Nut/Anubis	Esito dell'inserimento: http 200 in caso di successo, codice di errore in caso di dati non validi	Inserimento nel database dei risultati del controllo qualità

Tabella 1 Descrizione degli endpoint per il caricamento dei dati nel database.
Table 1 *Description of endpoints for loading data into the database.*

Fase 4 - Chiusura e Aggiornamento Cache
Al termine dell'elaborazione, il sistema aggiorna gli indicatori di stato e notifica i servizi API affinché la cache venga rigenerata, rendendo i nuovi dati immediatamente consultabili.

4. Architettura dei servizi API

L'infrastruttura MGA adotta una chiara separazione tra il livello di acquisizione operativa e il livello di accesso ai dati. Il *downloader* non interagisce direttamente con il database PostgreSQL [4], ma comunica tramite due servizi API REST distinti, ciascuno con funzioni ben definite.
Questa scelta architetturale consente di disaccoppiare le operazioni di scrittura da quelle di lettura, migliorando la scalabilità, la sicurezza e la manutenibilità del sistema. Inoltre, permette di ottimizzare in modo differenziato le operazioni transazionali di ingestione rispetto alle interrogazioni aggregate e frequentemente richieste dal *frontend*.
Le due componenti sono:

- **FWSS (Flask Web Service Server)** responsabile della gestione e del popolamento del database;
- **GNSS_API** dedicata alla consultazione, al monitoraggio e alla fornitura di servizi di supporto ai processi di download.

Questa organizzazione riflette un modello concettualmente vicino al paradigma *read/write separation*, nel quale i flussi di aggiornamento e quelli di consultazione seguono percorsi distinti ma coordinati. L'infrastruttura sfrutta il server di sviluppo integrato di Flask [8], affiancato da Gunicorn come server WSGI e da Nginx come reverse proxy.
Tale configurazione, introdotta negli ultimi anni, ha consentito di migliorare l'affidabilità e la robustezza dei servizi, garantendo la gestione concorrente delle richieste, una migliore scalabilità, il bilanciamento del carico applicativo e una più efficiente gestione delle connessioni HTTP.
Parallelamente è stata introdotta una documentazione interattiva delle API mediante Swagger, attraverso la quale sono state rese disponibili pagine dedicate alla consultazione degli endpoint REST destinati alla comunità scientifica. La documentazione riguarda i servizi API di tipo GET che consentono l'accesso alle informazioni memorizzate nel database, quali dati relativi alle reti, alle stazioni, ai file RINEX. Attraverso l'interfaccia Swagger è possibile visualizzare in modo strutturato gli endpoint disponibili, i parametri richiesti, i formati delle risposte, nonché effettuare direttamente test delle interrogazioni tramite browser. Gli endpoint destinati alle operazioni di ingestione, aggiornamento e scrittura dei dati nel database costituiscono servizi interni utilizzati esclusivamente dai componenti applicativi dell'infrastruttura e non sono accessibili pubblicamente.
L'interfaccia Swagger è disponibile pubblicamente agli indirizzi http://212.189.202.42:4300 per GNSS_API e http://212.189.202.42:5555 per FWSS.
Gli endpoint REST sono soggetti a una continua evoluzione, al fine di recepire nuove esigenze funzionali e operative espresse dalla comunità scientifica. Tale approccio consente di estendere progressivamente i servizi offerti dall'infrastruttura MGA, mantenendo al contempo la modularità e la manutenibilità dell'architettura.

4.1 GNSS_API (Consultazione e stato operativo)

La GNSS_API costituisce il lato *read* dell'architettura. Implementata in Flask e supportata da meccanismi di caching, è progettata per fornire risposte rapide a interrogazioni frequenti e potenzialmente onerose dal punto di vista computazionale.

Il servizio svolge un duplice ruolo. Da un lato, alimenta l'interfaccia web di monitoraggio, fornendo indicatori aggregati relativi a reti, stazioni, volumi di dati e stato operativo. Dall'altro, fornisce ai processi di download informazioni necessarie all'esecuzione del flusso di acquisizione. In particolare, il codice di scarico dati utilizza la GNSS_API per:

- ottenere l'elenco delle stazioni attive associate a una rete;
- recuperare eventuali *blacklist* o stazioni da escludere;
- verificare l'eventuale presenza di un file nel database prima di procedere al download.

Quest'ultima funzione è fondamentale per evitare ridondanze e garantire coerenza tra *repository* fisico e indicizzazione nel database. Prima di scaricare un file, il sistema interroga infatti l'API per controllare se il file sia già stato registrato o se un identificativo del tipo *hash* MD5 corrispondente sia già presente. L'integrazione di un sistema di caching consente di ridurre significativamente il carico sul database per interrogazioni ripetitive, migliorando le prestazioni complessive del sistema e la reattività dell'interfaccia utente. L'elenco degli endpoint esposti dalla GNSS_API è descritto nell'Appendice D.

4.2 Webserver FWSS (archiviazione dati)

Il servizio FWSS (Flask Web Service Server) rappresenta il componente dell'infrastruttura dedicato all'indicizzazione ed alla scrittura dei dati nel database. Implementato in Python mediante il *framework* Flask, esso costituisce il punto di accesso controllato attraverso cui i processi di download interagiscono con il database.
FWSS si occupa in particolare di:

- registrare i metadati estratti dai file RINEX;
- aggiornare o creare record relativi alle stazioni GNSS;
- integrare nel database gli indicatori di qualità derivanti dalle procedure di controllo.

La logica applicativa è incapsulata in una classe dedicata che gestisce le operazioni di inserimento e aggiornamento, assicurando coerenza tra le diverse tabelle relazionali coinvolte.
Gli endpoint REST disponibili per il servizio FWSS sono descritti nell'Appendice E.

4.2.1 Indicizzazione dei file RINEX

Il processo di indicizzazione avviene a valle dell'archiviazione del file nel repository permanente. I metadati tecnici contenuti nell'*header* RINEX — quali tipologia di antenna, ricevitore, coordinate approssimate e parametri temporali — vengono estratti tramite uno strumento esterno specializzato (indexGD) e convertiti in una struttura JSON normalizzata (Figura 3).
Tale struttura viene quindi trasmessa all'endpoint di ingestione del servizio FWSS (POST */gps/data/rinex*), che provvede a:

- creare un nuovo record nella tabella dei file RINEX qualora il file non sia ancora presente;
- aggiornare le informazioni esistenti nel caso di reinserimento o reindicizzazione.

4.2.2 Integrazione degli indicatori di qualità

Qualora il controllo qualità sia attivo, il file RINEX viene ulteriormente elaborato tramite il tool RunQC basato su *G-Nut/Anubis*, che produce un report strutturato contenente indicatori di qualità dell'osservazione.

Il report, generato in formato XML, viene inviato a un endpoint dedicato del servizio FWSS (POST */gps/data/qcfile*). L'API interpreta il contenuto del file e aggiorna il record del RINEX corrispondente, arricchendolo con informazioni quali coordinate stimate, parametri di antenna e indicatori sull'acquisizione satellitare (Figura 3).

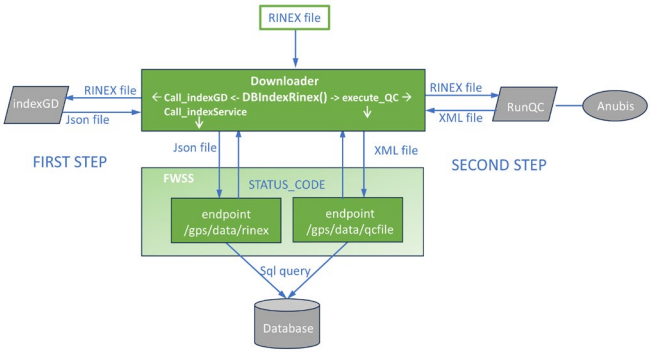


Figura 3 Interazione del downloader con i tools esterni e FWSS.
***Figure 3** Downloader interaction with external tools and FWSS.*

In questo modo, l'archivio MGA non si limita a registrare la mera presenza dei file osservativi, ma integra per ciascun elemento un insieme strutturato di metadati e parametri qualitativi, rendendo possibile consultazioni avanzate e analisi comparative su larga scala.

5. Modulo Discover per individuare le nuove stazioni GNSS

L'espansione continua delle reti GNSS permanenti richiede strumenti automatici in grado di identificare, validare e integrare nuove stazioni all'interno di infrastrutture dati esistenti. In ambienti operativi caratterizzati da elevata eterogeneità delle sorgenti e aggiornamenti asincroni, l'inserimento manuale delle stazioni rappresenta un collo di bottiglia sia operativo sia scientifico.
In questo contesto, è stato sviluppato un modulo software denominato *Discover*, finalizzato alla scoperta automatica di nuove stazioni GNSS a partire da file RINEX depositati in repository locali o remoti. Il sistema integra analisi di qualità, stima robusta delle coordinate, validazione geografica e ingestione controllata dei metadati nel database centrale, riducendo al minimo l'intervento manuale.
Il sistema analizza una directory strutturata per rete in cui sono stati scaricati i file delle stazioni nuove. Per ogni file candidato viene eseguito il software *Anubis*, tramite lo script *RunQC*, che produce un file XML contenente i parametri di qualità e le coordinate stimate. In caso di fallimento della stima, il sistema ricorre alle coordinate presenti nell'*header* del file RINEX. Le coordinate geografiche vengono confrontate con un'area di interesse definita nel file di configurazione, sia a livello globale che eventualmente di singola rete. Se la stazione ricade nell'area desiderata, viene posta nello stato IDLE. Successivamente il file viene sottoposto al processo di indicizzazione e di ingestione dei dati già descritto nei precedenti paragrafi. Ogni file processato viene spostato in una directory coerente con l'esito:

- STAGING – stazione valida
- DISCARDED – fuori area
- ERROR – errore tecnico

I metadati di queste stazioni e dei relativi RINEX vengono memorizzati in tabelle ghost ed entreranno a regime nel sistema solo dopo che il gestore della rete avrà deciso di "promuoverle" attraverso l'interfaccia di *front-end*.

6. Estensibilità e Gestione Personalizzata

Molte reti richiedono procedure di download non standard, gestite mediante sottoclassi (DaemonGPS*NomeRete*) che sovrascrivono (*override*) i metodi necessari. I casi più comuni sono:

- logica di scansione del data repository diversa da quella standard;
- la rete fornisce file orari anziché giornalieri e quindi è necessario scaricare 24 file orari per poi unirli in un unico file giornaliero;
- è necessario includere dei controlli specifici per correggere i formati, ad esempio nell'ultimo anno sono stati introdotti controlli sulla codifica UTF8 standard oppure la sostituzione di b'\r\n' (DOS) con b'\n' (UNIX) per garantire la compatibilità con gli script di indicizzazione.

Allo stesso modo, vengono gestiti casi di download specifici. Ad esempio:

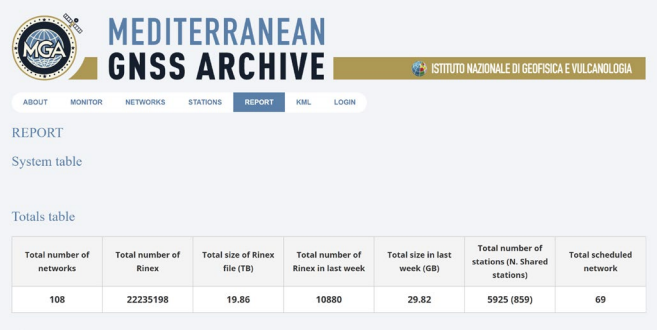
- per fare lo *scraping* di una pagina web che usa JavaScript (*onclick links*) per i download;
- per gestire un flusso di autenticazione complesso basato su sessione e token AJAX, simulando una navigazione utente;
- per eseguire la correzione della codifica.

Questa parte dell'infrastruttura è soggetta a una continua evoluzione, necessaria per supportare l'integrazione di nuove reti che adottano modalità di distribuzione dei dati specifiche o personalizzate. Grazie all'utilizzo di sottoclassi e connettori specializzati, è possibile introdurre nuove logiche di acquisizione mantenendo invariata la struttura generale del sistema.

7. Stato attuale dell'archivio

Attualmente l'infrastruttura MGA ha raggiunto una dimensione operativa significativa, configurandosi come un sistema di produzione stabile e in continua crescita. L'archivio integra dati provenienti da 108 reti GNSS, di cui 69 pianificate per l'acquisizione automatica giornaliera (v. Appendice F), con un numero complessivo di stazioni indicizzate pari a 5.925 (Figura 4).

Figura 4 Dati sull'archivio attuale.
***Figure 4** Current archive data.*

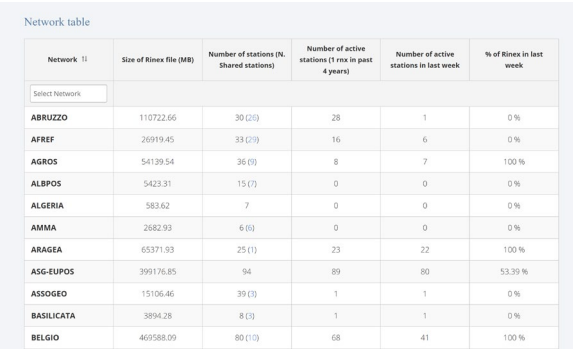


Questo dato evidenzia la complessità dell'ecosistema GNSS euro-mediterraneo e la necessità di una gestione coerente delle identità di stazione e dei relativi metadati.
Dal punto di vista del volume dati, il sistema ha indicizzato oltre 22 milioni di file RINEX, per un totale di circa 20 TB di dati osservativi compressi. Tali numeri testimoniano la scalabilità dell'architettura descritta nelle sezioni precedenti e la capacità del database PostgreSQL [4] e dei servizi di indicizzazione di gestire decine di milioni di record in modo efficiente.
L'attività di ingestione prosegue con continuità, con un incremento medio di circa 30 GB di dati settimanali (oltre 10.000 file). Nel complesso, queste metriche confermano che MGA non

costituisce un semplice prototipo o una dimostrazione tecnologica, bensì un'infrastruttura operativa a scala regionale, capace di sostenere una crescita costante del volume dati e di fornire un servizio stabile alla comunità scientifica.
L'infrastruttura è attualmente utilizzata dai ricercatori dell'INGV per l'accesso ai dati RINEX attraverso la rete interna disponibile all'indirizzo http://mga.int.ingv.it/mga/ oppure mediante un servizio FTP anonimo. Per la gestione operativa dell'archivio e il monitoraggio delle attività di acquisizione, è inoltre disponibile un'interfaccia front-end dedicata, sviluppata in Angular, accessibile internamente all'INGV all'indirizzo http://mga.int.ingv.it e replicata presso il datacenter ReCaS di Bari all'indirizzo http://212.189.202.42/ accessibile pubblicamente. Tale interfaccia è destinata principalmente al gruppo di lavoro responsabile della gestione dell'infrastruttura, fornendo strumenti per il controllo delle attività di acquisizione, il monitoraggio dello stato operativo del sistema e la verifica dei processi in esecuzione. Parallelamente, offre ai ricercatori funzionalità di consultazione delle informazioni relative alle reti GNSS gestite e ai dati disponibili, oltre a integrare l'accesso ai servizi API esposti dall'architettura.
L'infrastruttura software di MGA è attualmente distribuita su due sedi operative. L'ambiente di produzione è ospitato presso la Sala Sismica dell'INGV di Roma, dove una macchina virtuale esegue i servizi di acquisizione automatica, il database PostgreSQL [4] e le applicazioni di gestione dell'archivio. Alla macchina è associato un sistema di storage dedicato che costituisce il data repository principale. Tale infrastruttura è accessibile esclusivamente dalla rete interna dell'INGV, tramite VPN, e rappresenta il nodo primario per l'ingestione e la gestione dei dati.
Una seconda istanza dell'infrastruttura è ospitata presso il datacenter ReCaS di Bari. Mediante procedure automatiche di sincronizzazione, eseguite con cadenza giornaliera, vengono replicate sia il data repository sia il database, mantenendo aggiornato il nodo remoto. Quest'ultimo svolge la funzione di copia di sicurezza ma consente anche l'accesso pubblico alle funzionalità di consultazione tramite l'interfaccia web di monitoraggio (Monitor) ed a funzionalità specifiche destinate solo agli utenti autorizzati.

7.1 Distribuzione per rete

L'analisi disaggregata per rete evidenzia l'elevata eterogeneità del sistema MGA in termini di dimensione, continuità operativa e contributo al volume complessivo dei dati. Le 108 reti attualmente integrate variano da infrastrutture locali con poche stazioni a sistemi nazionali o sovranazionali con centinaia di siti permanenti (Figura 5)



Network table

Network	Size of Rinex file (MB)	Number of stations (N. Shared stations)	Number of active stations (1 rnx in past 4 years)	Number of active stations in last week	% of Rinex in last week
Select Network					
ABRUZZO	110722.66	30 (26)	28	1	0 %
AFREF	26919.45	33 (29)	16	6	0 %
AGROS	54139.54	36 (0)	8	7	100 %
ALBPOS	5423.31	15 (7)	0	0	0 %
ALGERIA	583.62	7	0	0	0 %
AMMA	2682.93	6 (6)	0	0	0 %
ARAGEA	65371.93	25 (1)	23	22	100 %
ASG-EUPOS	399176.85	94	89	80	53.39 %
ASSOGEO	15106.46	39 (3)	1	1	0 %
BASILICATA	3894.28	8 (3)	1	1	0 %
BELGIO	469588.09	80 (10)	68	41	100 %

Figura 5 Distribuzione per rete.
Figure 5 *Network distribution.*

Reti e infrastrutture di riferimento internazionali, come EUREF, IGS, RGP, SONEL, RING e ASG-EUPOS, contribuiscono con centinaia di stazioni e volumi di dati dell'ordine del terabyte, costituendo l'ossatura geodetica dell'archivio.

Accanto a queste infrastrutture, sono presenti numerose reti regionali o tematiche che, pur avendo un numero più limitato di stazioni, svolgono un ruolo strategico per la densificazione locale e per applicazioni geodinamiche a scala sub-regionale.
Dal punto di vista operativo, non tutte le stazioni risultano attive in modo continuo. Una quota significativa delle stazioni ha prodotto dati negli ultimi quattro anni, mentre il numero di stazioni operative nell'ultima settimana rappresenta un sottoinsieme variabile a seconda della rete. La percentuale di file acquisiti recentemente rispetto allo storico evidenzia dinamiche differenti tra reti strutturalmente attive e reti non più operative o con disponibilità discontinua.
Questa variabilità conferma la necessità di un sistema di monitoraggio continuo e di un'architettura capace di gestire in modo robusto sia reti ad alta intensità di produzione sia reti con operatività episodica. La *dashboard* interna del sistema consente di visualizzare in tempo reale tali indicatori, supportando il controllo tecnico dell'infrastruttura e l'analisi dello stato operativo delle singole reti.

7.2 Distribuzione geografica e rappresentatività dell'archivio

La distribuzione geografica delle reti evidenzia una marcata densità nel Mediterraneo centrale, con particolare concentrazione sul territorio italiano e nelle aree limitrofe. Questa configurazione riflette sia la vocazione originaria del progetto, sviluppato in ambito Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sia la rilevanza geodinamica della regione, caratterizzata da intensa attività tettonica e vulcanica.
Si osserva inoltre una predominanza di reti dell'Europa occidentale, legata alla maggiore maturità delle infrastrutture GNSS nazionali e regionali e alla disponibilità di dati in formato RINEX accessibile e standardizzato. Germania, Francia, Spagna e area scandinava contribuiscono in modo significativo al volume complessivo dell'archivio, garantendo elevata continuità temporale delle serie storiche (Figura 6).

Figura 6 Distribuzione geografica delle stazioni MGA.
Figure 6 *Geographical distribution of MGA stations.*



Un ruolo centrale è svolto dalle grandi infrastrutture internazionali, in particolare IGS e EUREF, che forniscono un *backbone* geodetico stabile e di alta qualità. Il loro contributo è sostanziale sia in termini di numero di stazioni sia di volume dati, assicurando copertura globale e coerenza metrologica, elementi essenziali per studi geodinamici regionali integrati.
Parallelamente, le reti regionali italiane rappresentano un patrimonio informativo di grande valore per applicazioni ad alta risoluzione spaziale, quali il monitoraggio della deformazione crostale, il controllo delle infrastrutture e la sorveglianza vulcanica. L'integrazione di reti globali e reti regionali crea così una struttura multilivello, particolarmente adatta allo studio dei processi geodinamici del Mediterraneo e alla valutazione dei rischi naturali.

8. Conclusioni

Il *Mediterranean GNSS Archive* rappresenta una soluzione scalabile, modulare e distribuita per l'acquisizione e la gestione automatizzata di dati GNSS su larga scala.
La sua architettura basata su processi indipendenti consente:

- integrazione sistematica multi-rete;
- armonizzazione dei formati;
- indicizzazione strutturata dei metadati;
- esposizione scalabile dei servizi.

L'architettura descritta è progettata per essere continuamente estesa ed evoluta, adattandosi all'integrazione di nuove reti GNSS caratterizzate da modalità di distribuzione dei dati personalizzate o non conformi agli standard adottati. L'introduzione di nuove procedure di acquisizione o di specifiche logiche di elaborazione può essere gestita attraverso l'implementazione di nuove sottoclassi e connettori specializzati, senza modificare il comportamento dei componenti esistenti. Questo approccio garantisce elevata manutenibilità e favorisce l'integrazione progressiva di nuove sorgenti dati.
Nei prossimi sviluppi, l'infrastruttura MGA sarà progressivamente migrata presso il datacenter dell'INGV di Bologna, dove sono disponibili risorse di calcolo e di rete maggiormente adeguate a sostenere la crescita dell'archivio e ad aumentare le prestazioni dei processi di acquisizione e distribuzione dei dati. Tale migrazione consentirà di migliorare l'efficienza operativa del sistema, favorendo al contempo una più stretta integrazione con le attività di analisi GNSS svolte presso la sede.
Il mantenimento dell'archivio richiederà un'attività continuativa sia sul piano sistemistico sia su quello scientifico. Oltre al monitoraggio dell'infrastruttura hardware e software, sarà necessario garantire l'integrazione di nuove reti GNSS, l'adeguamento ai futuri standard dei formati e dei protocolli di distribuzione, la verifica della qualità dei dati acquisiti e la manutenzione dei servizi di accesso. La natura dinamica dell'ecosistema GNSS rende infatti indispensabile la presenza di personale dedicato, con competenze complementari nell'ambito dell'amministrazione dei sistemi, dello sviluppo software e della gestione dei dati geodetici, al fine di assicurare la sostenibilità e l'evoluzione dell'infrastruttura nel lungo periodo.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti i colleghi dell'INGV che hanno collaborato alla realizzazione del progetto MGA e tutti coloro che, con il loro costante impegno, contribuiscono all'aggiornamento, alla manutenzione e al continuo monitoraggio dell'intera infrastruttura e dei dati.
Si ringrazia, inoltre, lo staff delle Collane Editoriali INGV e, in particolare, i revisori e l'editor esterno Elisabetta D'Anastasio, per il prezioso coordinamento delle attività di revisione e correzione e per il contributo al perfezionamento e alla pubblicazione del presente Rapporto Tecnico.

Bibliografia

Bruni, S., Randazzo, D., Devoti, R., Serpelloni, E., Cavaliere, A., Martelli, L., Pietrantonio, G., D'Agostino, N. (2022). The INGV Mediterranean GNSS Archive (MGA). *Rapp. Tec. INGV*, *456*, 22 pp. https://doi.org/10.13127/rpt/456

Bruni, S., Randazzo, D., Cavaliere, A., Avallone, A., R., Serpelloni, Devoti, R., D'Agostino, N., Pietrantonio, G., Riguzzi, F., Cecere, G., D'Ambrosio, C., Falco, L., Martelli, L. (2020). Attività

sui dati, metadati e prodotti per le stazioni GNSS in area Mediterranea. *Misc. INGV*, *57*, 122-126. https://doi.org/10.13127/misc/57/22

Devoti, R., D'Agostino, N., Serpelloni, E., Pietrantonio, G., Riguzzi, F., Avallone, A., Cavaliere, A., Cheloni, D., Cecere, G., D'Ambrosio, C., Franco, L., Selvaggi, G., Metois, M., Esposito, A., Sepe, V., Galvani, A., Anzidei, M. (2017). A Combined Velocity Field of the Mediterranean Region. *Ann. Geophys*, *60* (2), S0215. https://doi.org/10.4401/ag-7059

Pizzulo, P., Randazzo, D., Legrand, J., Menut, J.-L., Bruni, S., Avallone, A. (2024). The GNSS data and metadata management system through the EPOS-GNSS framework and the IRN Node (INGV). *Rapp. Tec. INGV*, *488*, 24 pp. https://doi.org/10.13127/rpt/488

Randazzo, D., Cavaliere, A., Bruni, S., Martelli, L., Serpelloni, E., & Devoti, R. (2022). PyGLogDB: software to generate STATION-INFO files for GNSS data analysis. *Rapp. Tec. INGV*, *446*, 24 pp. https://doi.org/10.13127/rpt/446

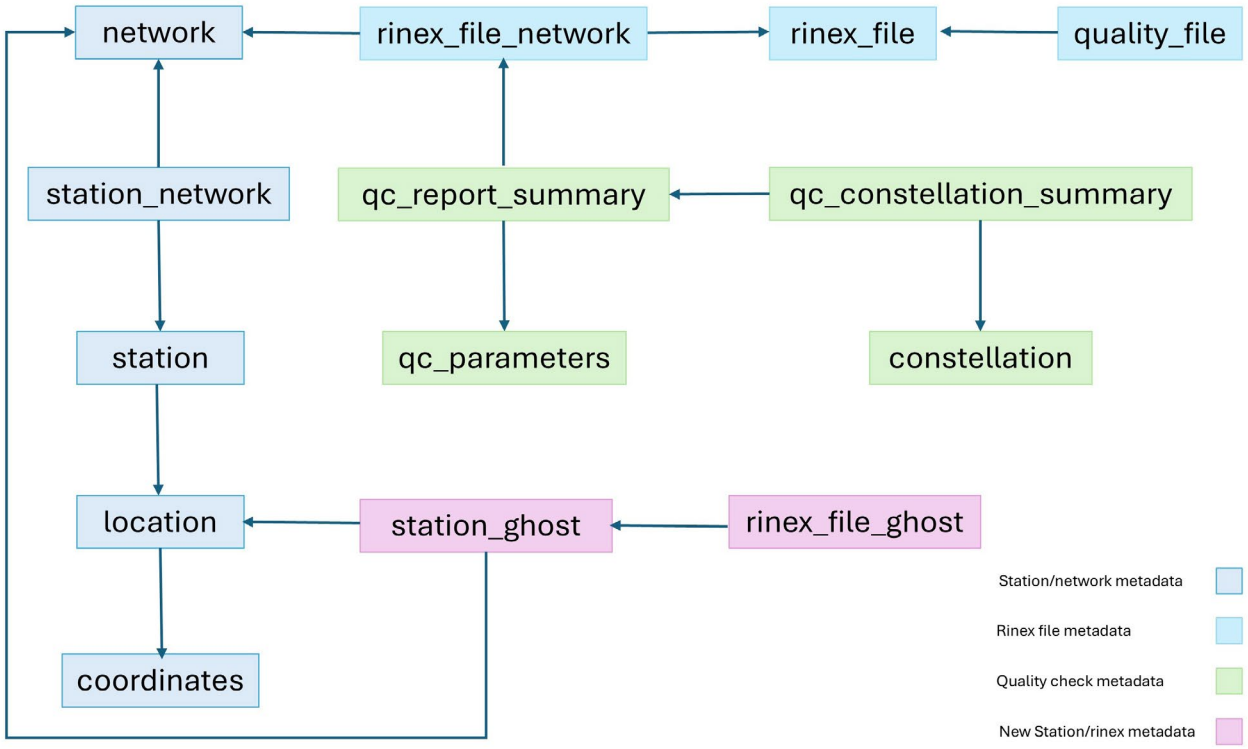
Sitografia

[1] IGS Formats and Standards. https://igs.org/formats-and-standards
[2] Joint Research Unit (JRU) EPOS Italia. https://www.epos-italia.it/it/cose-epos-italia
[3] RING – Rete Integrata Nazinale GNSS. Ohttps://webring.gm.ingv.it/
[4] PostgreSQL. https://www.postgresql.org
[5] Download page for the RNXCMP software. https://terras.gsi.go.jp/ja/crx2rnx.html
[6] GNSS Observatory – GFZRNX toolbox. https://gnss.gfz.de/services/gfzrnx
[7] G-Nut/Anubis. https://gnutsoftware.com/software/anubis/
[8] Flask Documentation. https://flask.palletsprojects.com

APPENDICI

APPENDICE A - Rappresentazione semplificata del modello di Database

Principali tabelle coinvolte nel processo di acquisizione ed indicizzazione dei file RINEX.



APPENDICE B – Parametri dell'interfaccia CLI

Lo script gpsdata.py supporta:

- **Selezione del Target (Reti)**:
  - -n o –net: Specifica un elenco di reti (separate da virgola) da processare.
  - -l o –netlist: specifica un file di testo contenente un elenco di reti da processare.
  - -a o –all_but_this_net: Processa tutte le reti tranne quella specificata.
- **Modalità di Esecuzione**. Un gruppo di argomenti mutuamente esclusivi definisce *come* il processo viene eseguito:
  - -i o –immediate: Esegue un primo ciclo immediatamente e poi avvia la schedulazione normale (modalità daemon).
  - -e o –background: Esegue immediatamente in background, ma senza schedulazione futura.
  - -x o –execute: Esegue immediatamente in *foreground* e in modo sequenziale. Questa è una modalità cruciale per il debugging, il recupero dati o l'esecuzione manuale, poiché non demonizza il processo.
- **Filtri Temporali**:
  - -y1, -d1, -y2, -d2: Permettono di specificare un intervallo di date (anno/giorno dell'anno) preciso per il recupero dei dati.
  - -db o –days_back: Specifica un numero di giorni a ritroso da processare rispetto alla data corrente.
  - -b o –embargo_days: Introduce un "embargo", saltando i dati più recenti di *N* giorni.
- **Flag Comportamentali**:
  - -g o –generic: Forza l'uso del downloader generico, anche se per la rete è definita una classe custom.
  - -k o –station_markers: Limita il processamento solo a specifiche stazioni.
  - -tc o –test_config_dir: Utilizza una directory di configurazione di test (cfg/nets_test).

Esempi:

```
$ python3 gpsdata.py -n euref –y1 2025 –d1 1 –y2 2025 –d2 60 –d DEBUG –e start
$ python3 gpsdata.py -n ring –db 30 –k acer –d DEBUG –e start
```

APPENDICE C – File di configurazione base per una rete

```
{
        “nome_rete”: {
                “skip”: 0,
                “schedule”: {
                        “mins”: 45,
                        “hours”: 3
                },
                “org”: “https://sito.dominio.it”,
                “download”: {
                        “types”: [
                                “RINEX3”, “RINEX2”
                        ],
                        “patterns”: {
                                “RINEX2”: {
                                        “path”: “/pro/gdata/rinex2”,
                                        “file”: “*.gz”
                                },
                                “RINEX3”: {
                                        “path”: “/pro/gdata/rinex3”
                                }
                        }
                }
        }
}
```

APPENDICE D – Elenco degli endpoint esposti da GNSS_API

Le API REST del Mediterranean GNSS Archive consentono l'accesso ai principali metadati gestiti dal sistema mediante interfacce HTTP di tipo REST. Tutti gli endpoint restituiscono dati in formato JSON, salvo dove diversamente specificato (CSV). La Tabella A.1 riassume gli endpoint disponibili per GNSS_API.

Endpoint	Metodo	Parametri di input	Output	Descrizione
/netlist	GET	—	JSON	Elenco delle reti GNSS con relative informazioni
/netlist_advanced	GET	—	JSON	Elenco delle reti con informazioni aggiuntive sulla presenza di nuove ("ghost") stazioni.
/network/{network_id}	GET	Id rete o nome	JSON	Informazioni dettagliate su una rete GNSS.
/stationlist	GET	—	JSON	Elenco completo delle stazioni GNSS.
/stationlist/{network_id}	GET	Id rete o nome	JSON	Elenco delle stazioni appartenenti ad una rete.
/station/{network_name}/{marker}	GET	Nome rete, marker4char stazione	JSON	Informazioni dettagliate relative ad una specifica stazione.
/station_marker/{network_name}/{marker4char}	GET	Nome rete, marker4char stazione	JSON	Restituisce tutti i marker associati al marker a 4 caratteri della stazione (marker9char, marker unico, marker EPOS).
/station_location/{marker9c}	GET	marker9char stazione	JSON	Restituisce il nome geografico (sitename) della stazione.
/station_network/{marker9c}	GET	marker9char stazione	JSON	Restituisce la rete o le reti cui appartiene una stazione.
/stations_with_networks	GET	—	JSON	Elenco delle stazioni e delle reti di appartenenza
/eposstationlist	GET	—	JSON	Elenco delle stazioni appartenenti alla rete EPOS.
/antennachange/{network_name}/{marker}	GET	Nome rete, marker4char stazione	JSON	Elenco delle variazioni di antenna registrate per una stazione.
/rinex_file/{network_name}/{start}/{end}	GET	Nome rete, data inizio e data fine	JSON	Elenco dei file RINEX disponibili nell'intervallo temporale richiesto.

Endpoint	Metodo	Parametri di input	Output	Descrizione
/rinex_anubis_null/{network}/{station}	GET	Nome rete (opz.), marker4char stazione (opz.)	JSON	Elenco dei file RINEX che presentano coordinate Anubis nulle.
/stationlist/csv	GET	—	CSV	Esporta le date del primo e ultimo file RINEX disponibile per ciascuna stazione.
/station_all/csv	GET	—	CSV	Esporta le coordinate di tutte le stazioni.
/stations/{network_name}/csv	GET	Nome rete	CSV	Esporta le informazioni delle stazioni appartenenti ad una rete.
/stations/firstrinex/{network}/csv	GET	Nome rete	CSV	Esporta la data del primo file RINEX disponibile per ciascuna stazione della rete.
/station_position_diff_api/{network}/{station}/{start}/{end}	GET	rete, stazione, intervallo temporale	CSV	Esporta le differenze di posizione calcolate per una o più stazioni.

APPENDICE E – Elenco degli endpoint esposti da FWSS

Le API REST del Servizio FWSS consentono l'accesso ai metadati archiviati dal sistema MGA relativi alle stazioni GNSS, ai data center, alle agenzie e ai file RINEX. Tutti gli endpoint utilizzano il metodo HTTP GET e restituiscono dati in formato JSON.

Endpoint	Metodo	Parametri di input	Output	Descrizione
/gps/agency	GET	—	JSON	Restituisce l'elenco delle agenzie che forniscono dati registrate nel sistema.
/gps/datacenter	GET	—	JSON	Restituisce l'elenco dei data center configurati per il download dei dati.
/gps/station	GET	—	JSON	Restituisce l'elenco delle stazioni GNSS con un sottoinsieme dei metadati disponibili.
/gps/station/ {station_identifier}	GET	Marker4char stazione o id stazione	JSON	Restituisce le informazioni di una specifica stazione identificata mediante marker o identificativo numerico.
/station/ {network_name}/ {marker}	GET	Nome rete, marker4char stazione	JSON	Restituisce le informazioni dettagliate di una stazione appartenente ad una specifica rete.

APPENDICE F – Elenco reti attualmente schedulate

Name	Agency	Description
ABRUZZO	Regione Abruzzo	Servizio Informazioni Territoriali e Telematica, Rete di stazioni permanenti
AGROS		Active Geodetic Reference Network, Republic of Serbia
ARAGEA	Comunidad Autónoma de Aragón	Red de Geodésia Activa de Aragón, Spagna.
ASG-EUPOS	Head Office of Geodesy and Cartography (GUGiK)	Rete GNSS permanente della Polonia.
BELGIO	Royal Observatory of Belgium	Flanders and Wallonia GNSS Networks
CAMPANIA	Regione Campania	Rete GNSS della Campania
CANTABRIA		Red GNSS de Cantabria, Spagna
CATNET	Instituto de Cartografía de Cataluña (ICC)	Red de Cataluña, Spagna
DENMARK	SDFE	Denmark GNSS stations
DPGA	DUT	Dutch Permanent GNSS Array
ELB	Estonian Land Board	Estonian GNSS network
EPOS_GNSS	GNSS archive, clone di EPOS	GNSS archive, clone di EPOS
EPPO	EPPO	Earthquake Planning & Protection Organisation, Greece.
ERVA	Instituto Cartográfico Valenciano (ICV)	Red Estaciones de Referencia de Valencia, Spagna
EUREF	EUREF	EUREF Permanent GNSS Network, Europa
FREDNET	INOGS	Friuli Regional Deformation Network
FVG	Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia	Rete GNSS “Antonio Marussi”
GEODAF	Agenzia Spaziale Italiana (ASI)	GNSS data archive
GFZ	Helmholtz-Zentrum Potsdam	GNSS Station Network
GIPUZKOA	Gipuzkoa	Red de Guipúzcoa, Spagna
GREF	BKG, Frankfurt am Main	Geodätisches Referenznetz Deutschlands
HARTRAO	HartRAO	Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory, Johannesburg
ICM		
IGEWE	IGEWE	Institute of Geosciences, Energy, Water and Environment, PU, Tirana, Albania.
IGNE	Instituto Geografico Nacional	Red de estaciones permanentes GNSS del IGN
IGS	IGS	International GNSS Service
ITACYL	Instituto Técnico Agrario de Castilla y León	Red GNSS del Instituto Técnico Agrario de Castilla y León , Spagna
LAZIO	Regione Lazio	Rete GNSS del Lazio
LIGURIA	Regione Liguria	Rete GNSS della Liguria
METRICA	Hexagon Geosystems	Rete GNSS Grecia
NEPAL		

Name	Agency	Description
NETGEO	Topcon Positioning Italy	Rete RTK Italiana
NEVO	INGV-OV	Vulcani Campani
NMA-CORS	Norwegian Mapping Authority	Norwegian CORS stations
NOA	National Observatory of Athens	NOANET-HEMUSNET
OLGGPS		
ORPHEON	Geodata Diffusion – 91190 Saint-Aubin – France	
OSI	Ordnance Survey of Ireland	Ireland GNSS network
OSNET	Ordnance Survey, UK	Ordnance SurveyvGNSS Network, UK
OVPF	IPGP	Observatoire Volcanologique Du Piton De La Fournaise (OVPF)
PPGNET	Institute of Geophysics of the Czech Academy of Sciences	CzechGeo/EPOS project
PUGLIA	Regione Puglia	Rete GNSS della Puglia
RAP	Junta de Andalucía	Red Andaluza de Posicionamiento, Spagna
REGAM	Región de Murcia	Red Geodésica Activa de Murcia, Spagna
RENAG		Réseau National GNSS, Francia.
RENEP		Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS, Portogallo.
REP	Comunidad autónoma de Extremadura	Red Extremeña de Posicionamiento, Spagna
REPCAN		Canary GNSS Center, Spagna
REVOSIMA	IPGP	Mayotte volcanological and seismological monitoring network
RGAN	Gobierno de Navarra	Red de Geodesia Activa de Navarra, Spagna
RGAPA		Red GNSS Activa del Principado de Asturias, Spagna.
RGP		Réseau GPS permanent, Francia.
RING	INGV	Rete Integrata Nazionale GNSS, INGV, Italia.
ROGNSS	Institutul Naţional de Cercetare - Dezvoltare pentru Fizica Pământului (INFP)	Romanian GNSS/GPS Network
SAPOS_BAYERN	Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung	SAPOS Bayern
SAPOS_BW	Satellitenpositionierungsdienst	SAPOS Baden-Wuerttemberg
SEGAL		Space & Earth Geodetic Analysis Laboratory, Portogallo.
SIGNAL	GURS Geodetska Uprava Republika Slovenija	Rete GNSS Slovenia
SLOVENIA	Zavod MPRI, raziskovalna in razvojna dejavnost (MPRI); Univ. Ljubjana	Zavod MPRI; Univ. Ljubjana
SOGEI		
SOI		Survey of Israel (SOI), Israele.

Name	Agency	Description
SONEL		Système d'Observation du Niveau des Eaux Littorales, Internazionale.
SPINGNSS		Servizio di Posizionamento Interregionale GNSS di Regione Piemonte e Regione Lombardia.
STPOS	Provincia Autonoma di Bolzano	South Tyrolean POsitioning Service
SWEPOS	Lantmäteriet, Ministry of Rural Affairs and Infrastructure, Sweden.	Sweden's national GNSS reference network
TECTOVISION	GFZ	European Research Council funding project
TPOS	Provincia Autonoma di Trento	Trentino POsitioning Service
TRIGNET		South Africa GNSS Network
UNAVCO	University Consortium	Global GNSS network
VENETO	Regione Veneto	Rete GNSS del Veneto

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595 https://collane-editoriali.ingv.it/index.php/qdg/it/index/

QUADERNI di GEOFISICA è una rivista scientifica che pubblica dati, misurazioni e osservazioni geofisiche (anche preliminari) in italiano e inglese. L'obiettivo è una diffusione rapida e gratuita per la comunità scientifica, garantita da un processo di peer-review e da un Editorial Board multidisciplinare. La rivista è inclusa in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics e "Open Access Journals" di Scopus, e adotta il modello Diamond Open Access, che non prevede costi né per gli autori né per i lettori.

QUADERNI di GEOFISICA is a scientific journal that publishes geophysical data, measurements and observations, including preliminary results, in Italian and English. Its aim is to ensure rapid and free dissemination to the research community, supported by a peer-review process and by a multidisciplinary Editorial Board. The journal is included in the Emerging Sources Citation Index of Clarivate Analytics and it's included in the Open Access journals of Scopus. It follows the Diamond Open Access model, with no charges for either authors or readers.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941 https://collane-editoriali.ingv.it/index.php/rt/it/index

RAPPORTI TECNICI INGV è una rivista tecnico-scientifica che mette in mostra le numerose attività tecnologiche e di ricerca condotte dai ricercatori e tecnici INGV, e non solo. Pubblicata in italiano e inglese, RAPPORTI TECNICI INGV è ideata per valorizzare anche quei lavori che offrono un contributo significativo dal punto di vista tecnico, operativo o documentale fondamentale per lo sviluppo dell'Ente. La rivista adotta il modello Diamond Open Access, che non prevede costi né per gli autori né per i lettori.

RAPPORTI TECNICI INGV is a technical–scientific journal that showcases the wide range of technological and research activities carried out by INGV researchers and technical staff, as well as by external contributors. Published in Italian and English, RAPPORTI TECNICI INGV is designed to highlight works that provide a significant contribution from a technical, operational, or documentary perspective, and that are essential to INGV development. The journal follows the Diamond Open Access model, with no charges for either authors or readers.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651 https://collane-editoriali.ingv.it/index.php/mi/it/index

MISCELLANEA INGV rappresenta una tipologia di editoria non tradizionalmente catalogabile nelle ordinarie riviste scientifiche di settore. Pubblicata in lingua italiana e inglese, MISCELLANEA INGV offre uno spazio per la pubblicazione di materiali eterogenei che, pur non rientrando nei formati più strutturati delle altre Collane editoriali INGV, rivestono un interesse scientifico, tecnico o divulgativo. La rivista adotta il modello Diamond Open Access, che non prevede costi né per gli autori né per i lettori.

MISCELLANEA INGV represents a form of publishing that cannot be classified within the standard scientific journals. Published in Italian and English, MISCELLANEA INGV provides a venue for the publication of heterogeneous materials that are of scientific, technical or outreach interest, even though they do not fall within the more structured formats of the other INGV editorial series. The journal follows the Diamond Open Access model, with no charges for either authors or readers.

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 CASCONE
Francesca DI STEFANO
Patrizia PANTANI

© 2026 the Author(s). Open Access.
This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



Creative Commons Attribution 4.0 International



ISTITUTO NAZIONALE **DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**