

Rapporti tecnici INGV

**La dorsale radio Wi-Fi per il
monitoraggio multiparametrico
in Alta Val Tiberina**

129



Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it



Rapporti tecnici INGV

LA DORSALE RADIO WI-FI PER IL MONITORAGGIO MULTIPARAMETRICO IN ALTA VAL TIBERINA

a cura di Giancarlo Monachesi e Marco Cattaneo

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)

AIRPLANE Team (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

Regione Marche (Servizio Protezione Civile)

ARSCOMM srl

129

Indice

Abstract.....	5
Introduzione	5
1. Le stazioni remote	9
2. Architettura e tecnologia della dorsale AVT	14
2.1 Calcolo dell'affidabilità di un link radio	16
2.2 Gli apparati radio per la dorsale.....	17
2.3 Il sistema di alimentazione e l'UC34a	19
2.4 Gli apparati radio per i link con le stazioni remote	20
3. Networking.....	22
4. Il Centro di acquisizione e controllo	23
5. Risultati e valutazioni preliminari	25
6. Conclusioni	29
Chi ha fatto cosa.....	30
Bibliografia.....	31

Abstract

Vengono descritte le attività svolte in Alta Val Tiberina in una prima fase di lavoro delle Unità di Ricerca 3 e 6 del progetto FIRB-Airplane nel settore del monitoraggio sismico e GPS. Per lo svolgimento di questa attività si è scelto di aumentare il numero di stazioni di monitoraggio sismico e GPS nell'area e di trasmettere i dati originali da queste rilevate, attraverso un sistema di trasmissione radio Wi-Fi tanto articolato quanto efficiente. In particolare, i dati originali rilevati dalle stazioni remote vengono trasmessi via Wi-Fi ai nodi di una dorsale HiperLAN creata ad hoc in Alta Val Tiberina e da quest'ultima verso la rete SDH Marche way, che li instrada verso il Centro di acquisizione posto nei locali del Centro Funzionale della Protezione Civile della Regione Marche, che ospitano anche la sede anconetana dell'INGV. Un server seiscamp viene utilizzato per l'acquisizione e la ritrasmissione dei dati da Ancona verso la sede INGV di Roma grazie ad un collegamento via cavo HDSL dedicato. Vengono illustrate con diversi gradi di approfondimento le logiche di funzionamento adottate, le attività finora svolte complete di una valutazione preliminare sull'efficienza del sistema, nonché alcune note sui problemi riscontrati nel management del sistema stesso.

Introduzione

Di seguito viene descritta l'attività svolta nell'ambito delle UU.RR. 3 e 6 del progetto FIRB-Airplane. Questo progetto propone ricerche finalizzate al miglioramento della comprensione dei processi responsabili della generazione dei terremoti. Per il raggiungimento di questo obiettivo è indispensabile acquisire nuovi dati sismologici e geodetici finalizzati alla caratterizzazione del comportamento meccanico di una faglia sismogenetica in aree test.

Un filone di questo progetto ha individuato come area di test l'Alta Val Tiberina (d'ora in avanti AVT), un settore dell'Appennino Umbro-Marchigiano posto tra gli abitati di Sansepolcro (AR) e Nocera Umbra (PG).

Si tratta di un'area con tasso di sismicità alto, pari a $1.9 \cdot 10^{-3}$ eventi/gg/km² (Chiaraluca et al., 2007) la cui distribuzione è visibile in Fig. 1.

In questa area è riconosciuta la presenza della faglia Alto Tiberina (d'ora in avanti ATF), una importante struttura estesa per almeno 60 km in direzione NO-SE lungo l'asse appenninico, che costituisce uno straordinario esempio di faglia normale a basso angolo di immersione est vergente (Fig. 1). La ATF è attiva, genera microsismicità e accomoda la deformazione crostale (Chiaraluca et al., 2007). L'area test AVT possiede quindi molte caratteristiche importanti per la comprensione del comportamento meccanico di strutture sismogenetiche e dei processi di generazione dei terremoti.

Nei paragrafi successivi verrà descritta l'attività svolta e in corso di svolgimento in relazione alle linee 2 (sviluppo della Rete GPS) e 3 (installazioni di stazioni sismiche in superficie e in pozzo) del progetto FIRB-Airplane. Obiettivo delle due linee è quello di monitorare l'AVT con 30 stazioni sismometriche e 12 stazioni GPS.

In realtà, considerando che nell'area esistono già stazioni sismiche e geodetiche della rete nazionale e di alcune reti regionali (Fig. 2), il progetto nel suo complesso si proponeva di allestire 20 nuove stazioni sismometriche e 7 nuove stazioni GPS. Queste installazioni avrebbero fornito un data set di per sé già autoconsistente in cui, per una maggior completezza e dettaglio, confluiranno anche i dati rilevati da stazioni regionali e nazionali preesistenti.

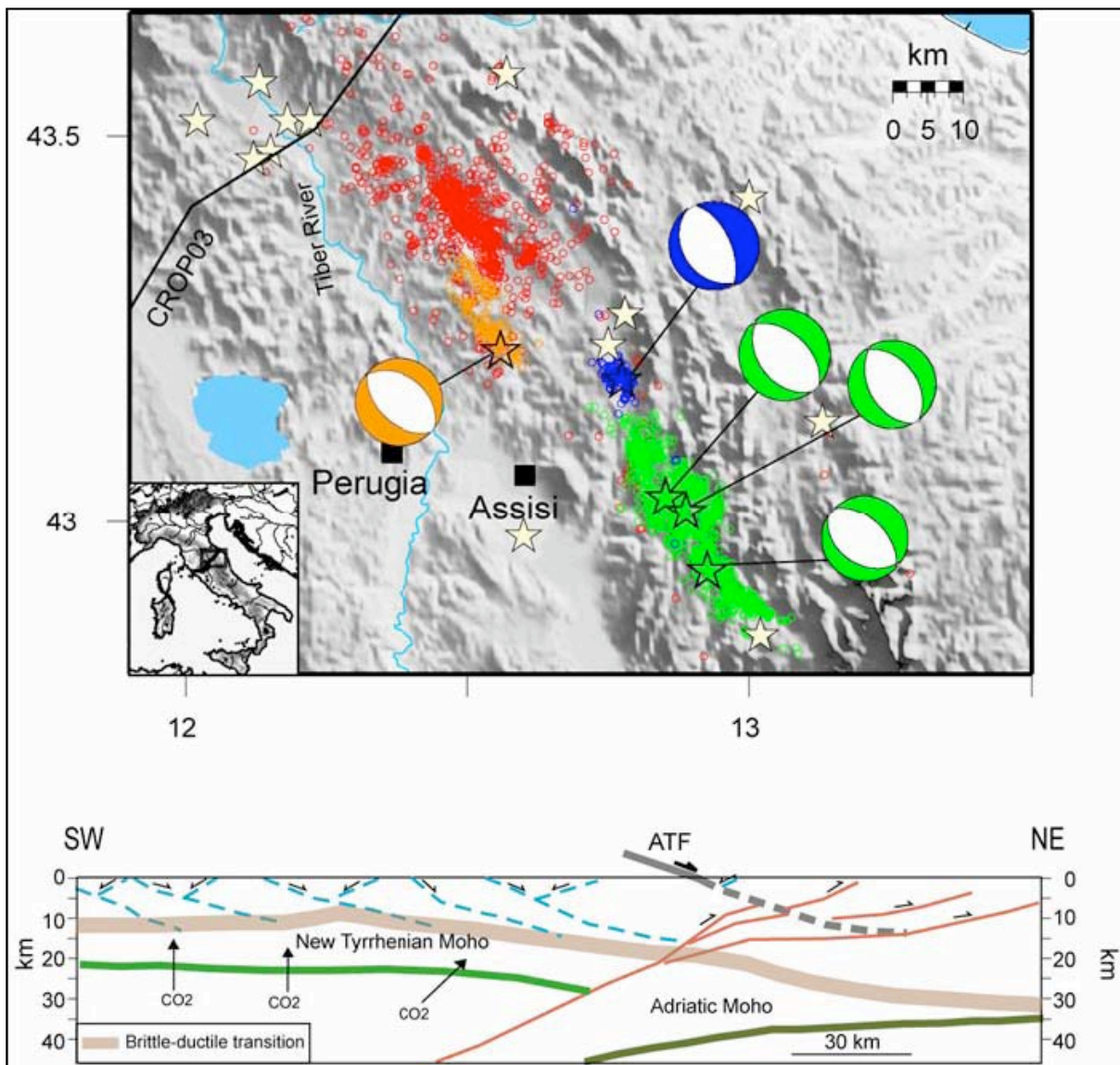


Figura 1 (da Boschi et al., 2008). Area di interesse e principali sequenze sismiche storiche (stelle) e recenti: Gubbio 1984 (simboli arancione), Colfiorito 1997 (simboli verdi) e Gualdo Tadino (simboli blu). Sismicità di fondo registrata durante esperimenti di acquisizione temporanea 2000-2001 (simboli rossi).

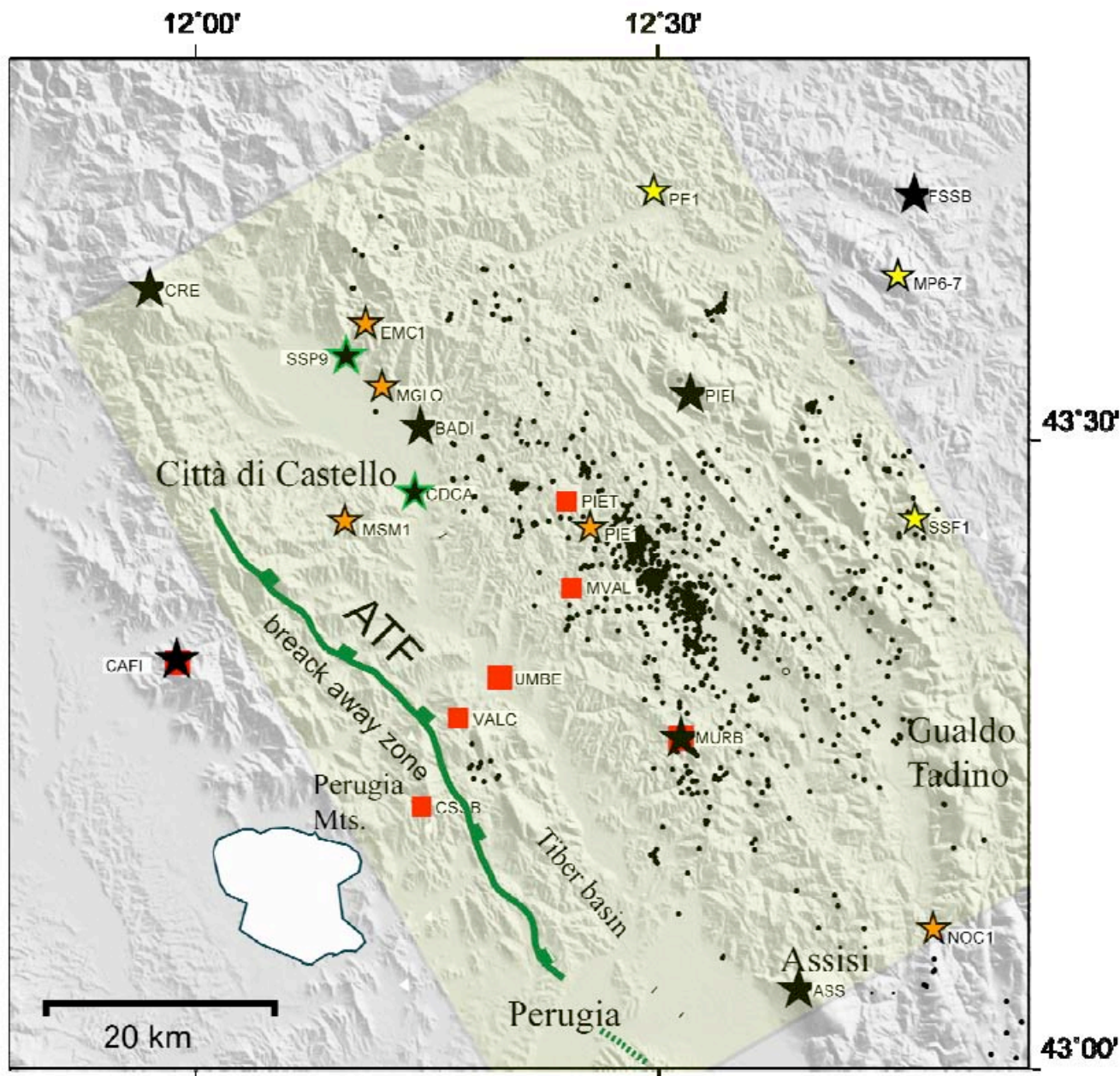


Figura 2 (da Boschi et al., 2008). Mappa dell'area di studio. In grigio sismicità degli ultimi venti anni (CSTI Working Group, 2001) e in verde sismicità registrata durante l'esperimento 2000-2001 (Piccinini et al., 2003; Chiaraluce et al., 2007). Le stelle indicano la posizione delle stazioni sismiche: nero = RSNC-INGV, nere con bordo verde = RSNC-INGV in pozzo, gialle con bordo nero = Rete Sismica Marchigiana, arancione = Rete Sismica dell'Umbria. I quadrati rossi = stazioni GPS (RING). La linea verde indica la zona di emergenza della ATF e la zona in giallo (ombreggiata) delimita l'area test AVT.

Considerata la durata pluriennale del progetto, allo scopo di garantire l'essenziale continuità di funzionamento le nuove stazioni avrebbero dovuto rispondere a tre indispensabili requisiti:

- trasmettere in real time ad un centro di acquisizione i dati rilevati nei siti remoti;
- essere gestite, per quanto possibile, da remoto attraverso la connessione di rete;
- essere dotate di un sistema di acquisizione ridondante che permettesse di recuperare i dati originali anche in caso di non breve interruzione della connessione di rete.

Si è scelto quindi di utilizzare acquisitori in continuo capaci di memorizzare i dati in locale ma anche di trasferirli ad un centro di acquisizione attraverso un link radio ed una dorsale Wi-Fi.

Per gli acquisitori sismometrici - per i motivi illustrati nel paragrafo successivo - si è scelto di utilizzare il modello GAIA versione 2, (GAIA_II) progettato e realizzato dal Laboratorio di Sismologia Sperimentale del Centro Nazionale Terremoti di Roma, le cui caratteristiche sono descritte in Salvaterra et al., 2008.

Per le stazioni GPS, in conformità con gli apparati utilizzati da tempo in quelle permanenti della Rete Integrata Nazionale GPS dell'INGV (RING) e per la qualità del dato acquisito, sono stati utilizzati ricevitori e antenne GPS prodotti dalla Leica Geosystems S.p.A, le cui caratteristiche sono indicate nel paragrafo seguente.

L'interfacciamento di tutti questi apparati con le radio Wi-Fi è stato precedentemente verificato. Infatti l'utilizzo di una dorsale radio Wi-Fi per la trasmissione dei dati da stazioni remote è stata sperimentata dall'INGV in collaborazione con ARSCOMM nel 2007 nell'ambito delle attività convenzionali con la Regione Marche. In questa regione è attiva da tempo Marche way, una rete a 155 Mbps basata su ponti radio SDH a 6,4 Ghz (Maggiulli, 2007); questa rete ha permesso di sperimentare con successo il trasferimento di dati sismometrici e GPS da diversi acquisitori remoti con protocolli di comunicazione di tipo TCP/IP verso la sede di Ancona dell'INGV e da qui, attraverso una connessione HDSL, verso la sala di monitoraggio sismico della sede centrale dell'INGV a Roma (Sensale et al., 2009).

Sono stati i risultati di queste attività sperimentali, nonché la contiguità geografica della regione Marche e quindi di Marche way al territorio dell'AVT, a suggerire l'idea di utilizzare Marche way anche nel monitoraggio sismico dell'AVT.

Infatti realizzando una dorsale radio Wi-Fi con due nodi comuni alla preesistente rete Marche way si possono interconnettere le due reti e, di conseguenza, utilizzare Marche way per trasferire i dati verso la sede di Ancona e da qui convogliarli verso il Centro di Roma.

Dopo una fase progettuale e di verifica è stato possibile progettare e realizzare una rete articolata e con una geometria complessiva visibile in Fig. 3, le cui logiche di funzionamento e le principali caratteristiche degli apparati utilizzati saranno descritte nei paragrafi seguenti.

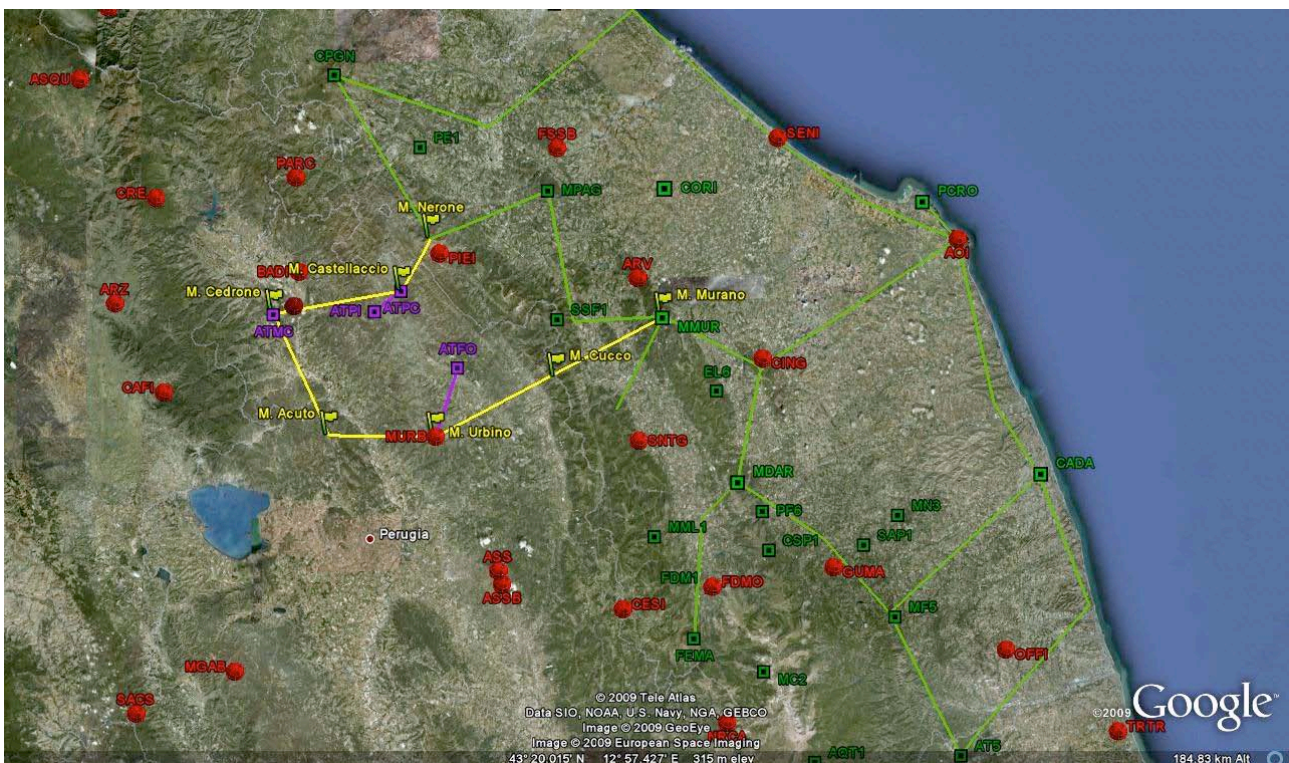


Figura 3. Dorsale AVT (in giallo), rete SDH Marche way (in verde) e le stazioni attualmente ad esse collegate: in rosso quelle della RSN; in verde quelle della RSM e in viola della rete AVT.

1. Le stazioni remote

Visto l'obiettivo delle linee 2 e 3 del progetto, nella individuazione delle nuove stazioni si è pertanto tenuto conto della geometria delle reti già attive nell'area, delle caratteristiche di rumorosità del sito per le stazioni sismiche o di completa visibilità dell'orizzonte per le stazioni di tipo geodetico, nonché della indispensabile visibilità ottica tra siti e i nodi della dorsale Wi-Fi.

I siti simmetrici sono stati realizzati secondo un progetto standard che prevede l'utilizzo di:

- un pozzetto in cemento delle dimensioni 1,20 x 1,20 x 1,0 m;
- un palo alto 3,5 m e con diametro 10 cm;
- cavidotti aerei e/o interrati;
- un sistema di alimentazione composto da 3 pannelli fotovoltaici (85 Wp), 6 batterie da 12V, 300 Amp/h e un regolatore di carica 40 Amp;
- un acquisitore GAIA_II (3 o 6 canali all'occorrenza) con sincronizzazione attraverso GPS;
- un sismometro a banda larga (Nanometrics - Trillium 40s) o allargata (Lennartz LE3d-5s) e, per alcune stazioni, anche un accelerometro Episensor;
- un apparato radio Wi-Fi a 2,4 o 5,4 Ghz con antenna incorporata o - per tratte lunghe - con parabola esterna con guadagno fino a 28 dBi.

Nella scelta di acquisitori GAIA_II sono state determinanti alcune sue caratteristiche di seguito sintetizzate:

- convertitore a 24 bit, numero di canali variabili da 1 a 8;
- consente la memorizzazione locale dei dati sismici;
- consente, tramite protocolli di comunicazione TCP/IP, la comunicazione con stazioni di controllo remote;
- può inviare al sistema di controllo messaggi di allarme di stato in base ai parametri monitorati;
- consente l'aggiornamento dei software applicativi da parte della stazione di controllo remota, senza necessità di intervento di personale tecnico alla stazione sismica;
- consente l'aggiornamento dello stesso sistema operativo, se necessario anche dalla stazione di controllo remota;
- un'improvvisa mancanza di alimentazione non causa problemi al sistema operativo perché dotato di un file system "journaled" che ripristina in automatico la configurazione originale. Inoltre al riavvio l'applicativo riparte in automatico;
- possibilità dell'archiviazione dei pacchetti nel formato miniSeed essendo installato, sulla scheda madre dell'acquisitore, un server Seedlink;
- possibilità di utilizzare uscite seriali ed ethernet;
- basso consumo elettrico variabile in funzione della configurazione. Per un calcolo approssimativo si tenga in considerazione che: modulo AGDF2 base con tutte le periferiche attive e 1 canale = 1,8 watt. Ogni canale aggiuntivo = 72 mw. GPS2 con antenna amplificata = 380 mw. Modulo TN2 con tutte le periferiche attive = 1,8 watt;
- economicità e affidabilità sperimentate con successo nella gestione di molte stazioni della Rete Sismometrica Nazionale dell'INGV.

In alcuni siti è stata realizzata inoltre una stazione geodetica secondo un progetto standard che ha previsto l'utilizzo di:

- un monumento GPS realizzato in due modalità differenti a seconda della litologia del sito. Nei siti caratterizzati da litologia coerente e poco fratturata, il monumento GPS è costituito da un tripode superficiale in acciaio modello SCIGN Shot-Drill-Braced (secondo la variante descritta in D'Ambrosio, 2007), formato da 4 aste in acciaio che arrivano a profondità di circa 1,5 m. Nei casi in cui la litologia sia incoerente o molto fratturata, il monumento è invece realizzato con un micropalo in cemento armato con profondità di 7-10 m dotato di asta di acciaio nella parte più superficiale. Per non disturbare la ricezione dei segnali satellitari si è cercato di allontanare quanto più possibile il monumento GPS dai pannelli solari e dal palo di ancoraggio delle radio Wi-Fi collegando l'antenna al ricevitore alloggiato all'interno del pozzetto sismometrico attraverso l'apposito cavo di connessione antenna;
- ricevitori LEICA modello LEICA GRX1200GGPRO per stazioni di riferimento GNSS: ricevitori a doppia frequenza (L1+L2), caratterizzati da 14 canali per L1 e 14 canali per L2 per costellazione

GPS e 12 canali per L1 e 12 canali per L2 per costellazione Glonass. Le caratteristiche principali di questo modello di ricevitori sono:

- acquisizione del dato con elevata accuratezza;
 - campionamento del segnale GPS fino a 20Hz;
 - basso consumo elettrico;
 - interfaccia web per controllo della stazione (sia in locale che da remoto);
 - possibilità di doppia acquisizione;
 - memorizzazione in locale dei dati geodetici;
 - invio dei dati in streaming con protocollo TCP/IP;
 - controllo della stazione da remoto;
 - possibilità di utilizzare uscite seriali ed ethernet;
 - in caso di spegnimento, riavvio in automatico dell'acquisizione e ripristino automatico dei set di configurazione pre-impostati;
 - possibilità di aggiornamento del firmware da remoto affidabilità e qualità del dato.
- antenne choke ring Dorne-Margolin modello LEICA AT504 GG: antenna a doppia frequenza (L1+L2) per ricevitori GNSS, conforme alle specifiche IGS (International GNSS Service) tipo T per antenne GPS. Permette di acquisire satelliti delle costellazioni GPS e Glonass, possiede caratteristiche tecniche in grado di mitigare il più possibile multipath sul segnale e di mantenere nel tempo un'elevata stabilità del centro di fase;
 - cavo antenna SUHNER SUCOFEEED 3/8" HF-FR 04 46 da 30 m, switch Fast Ethernet a 5 porte.

Allo stato attuale tutti i 20 siti sono stati individuati; 11 sono stati allestiti e 4 di questi ultimi sono già stati collegati alla dorsale Wi-Fi e trasmettono i dati alla sala di monitoraggio sismico di Roma attraverso la sede INGV di Ancona. Gli altri 7 verranno collegati alla dorsale entro il 2009 o nei primi mesi del 2010.

Oltre a ciò, pensando alla integrazione con le reti regionali si è provveduto a trasformare due stazioni della Rete Regionale Marchigiana (M. Carpegna - CPGN e M. Paganuccio - MPAG) dalla tipologia dial-up a quella a registrazione continua, dotandole di acquisitori GAIA_II e la trasmissione dei dati via Marche way. Di seguito vengono riportate le caratteristiche delle stazioni attualmente funzionanti.

Sigla	Denominazione	Sensori sismici/ Antenna GPS geodetico	Sample rate	Acquisizione remota eTrasmissione
ATFO	M. Foce	Trillium 40 s. Leica AT504GG	100 10	GAIA ->Link radio Wi-Fi->dorsale AVT->Marche Way
ATMC	M. Cedrone	Lennartz 5 s.	100	GAIA ->Cavo Eth ->Dorsale AVT ->Marche Way
ATPC	M. Castellaccio	Trillium 40 s. Episensor 2 g	100 200	GAIA ->Cavo Eth ->Dorsale AVT ->Marche Way
ATPI	Pietralunga	Lennartz 5 s. Leica AT504GG	100 10	GAIA ->Link radio Wi-Fi->dorsale AVT->Marche Way
MPAG	M. Paganuccio	Lennartz 1 s Episensor 2 g	100 200	GAIA ->Cavo Eth ->Marche Way
CPGN	M. Carpegna	Lennartz 1 s Episensor 2 g	100 200	GAIA ->Cavo Eth ->Marche Way

La connessione da un sito remoto alla dorsale Wi-Fi è realizzato nella maggior parte dei casi con link radio Wi-Fi secondo lo schema di Fig 4.

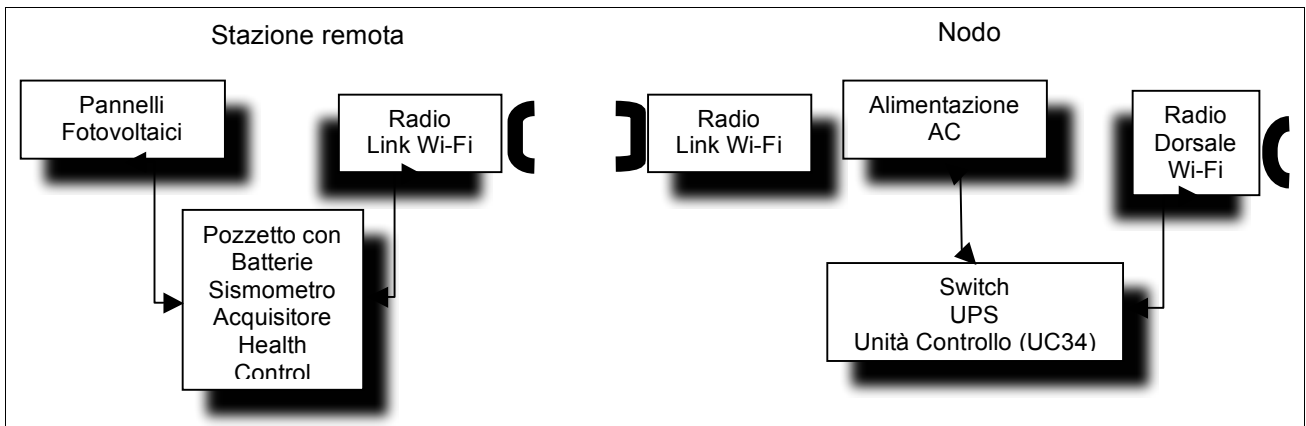


Figura 4. Schema di una stazione remota collegata via radio Wi-Fi al nodo della dorsale.

In alcuni casi in cui il sito di rilevamento e nodo coincidono la connessione dell'acquisitore alla dorsale Wi-Fi avviene attraverso una connessione via cavo ethernet secondo lo schema di Fig 5.

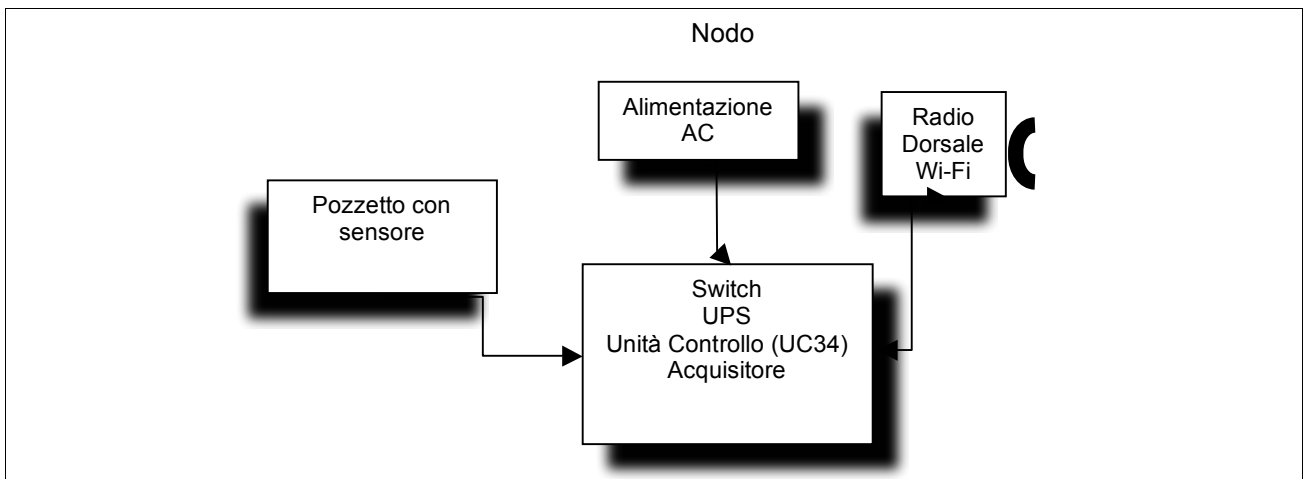
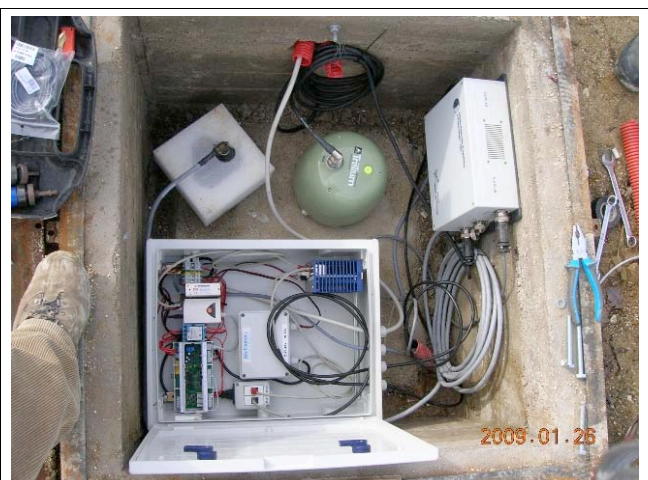


Figura 5. Schema di una stazione remota collegata via cavo ethernet al nodo della dorsale AVT.

Nelle immagini seguenti è possibile visualizzare alcune soluzioni standard adottate nei siti e nei nodi.



Nodo di Poggio Castellaccio



ATPC- Pozzetto con sensore Trillium 40 sec., Episensor, UC34a, switch, POE, convertitori seriali-Eth e Gaia_II



Nodo di Poggio Castellaccio – Apparati radio di dorsale e link



Nodo di Monte Urbino – Apparato radio di dorsale e antenne



Stazione sismometrica e GPS di Monte Foce (ATFO)



Stazione ATFO - Pozzetto con sensori, batterie e regolatore di carica



Nodo di Monte Cedrone - Sistema di alimentazione con UC34a, switch, Batteria tampone e GAIA_II nel nodo con alimentazione di rete



Nodo di Monte Nerone – Apparati radio di dorsale che permettono il collegamento tra la rete HiperLAN AVT e quella SDH Marche-way



Stazione ATPI - Antenna GPS posta a circa 30 metri dalla stazione sismometrica.



Stazione ATPI - Pozzetto con acquirente GAIA_II, sensore, batterie e regolatore di carica e con il prototipo del sistema sperimentale di controllo di stato.

2. Architettura e tecnologia della dorsale AVT

La dorsale AVT collega i nodi di Monte Castellaccio, Monte Cedrone, Monte Acuto, Monte Urbino e Monte Cucco; ha una architettura ad anello con chiusura sulla rete Marche way tramite i nodi di Monte Nerone e Monte Murano (Fig. 6).

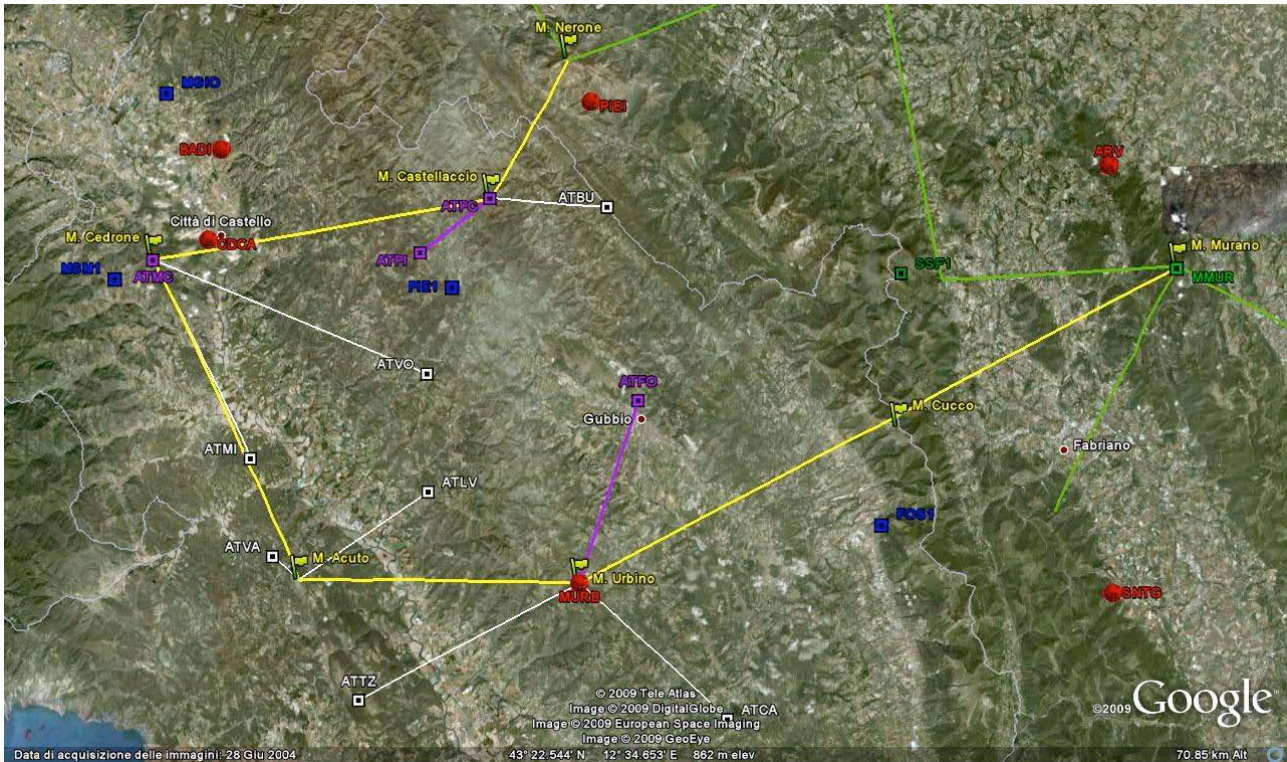


Figura 6. Geometria della dorsale AVT e stazioni di rilevamento. In giallo la dorsale HiperLAN AVT e i due nodi (M.Murano e M.Nerone) di ingresso alla dorsale SDH Marche Way (linee verdi). In bianco o in viola i collegamenti Wi-Fi tra stazioni di rilevamento e nodi della dorsale. Quadrati viola = stazioni già collegate alla dorsale AVT, quadrati bianchi = stazioni da collegare alla dorsale AVT entro il 2009 o inizio 2010. Cerchi rossi = stazioni della rete nazionale, quadrati blu = stazioni dial-up della rete regionale umbra, quadrati verdi = stazioni dial-up della rete regionale marchigiana.

Per arrivare alla geometria definitiva della dorsale AVT sono stati inizialmente effettuati dei sopralluoghi per le prime valutazioni di visibilità tra nodo e nodo e per acquisire i dati sui siti (posizione, presenza o meno di manufatti o shelter, proprietà per la richiesta di eventuali permessi, etc.). Tutte le informazioni geografiche sono state elaborate con un apposito applicativo Hertz Mapper della ATDI al fine di verificare le iniziali coperture teoriche attraverso delle simulazioni di tratta fatte con diverse possibili soluzioni tecnologiche. A titolo di esempio nelle Figg.7, 8, 9, 10, 11, 12 sono riportate le misure di tratta teoriche calcolate a partire da radio con tecnologia HiperLAN. I dati definitivi di output di questa fase di lavoro, incrociati con i dati raccolti sul territorio, hanno permesso l'individuazione definitiva dell'architettura di rete.

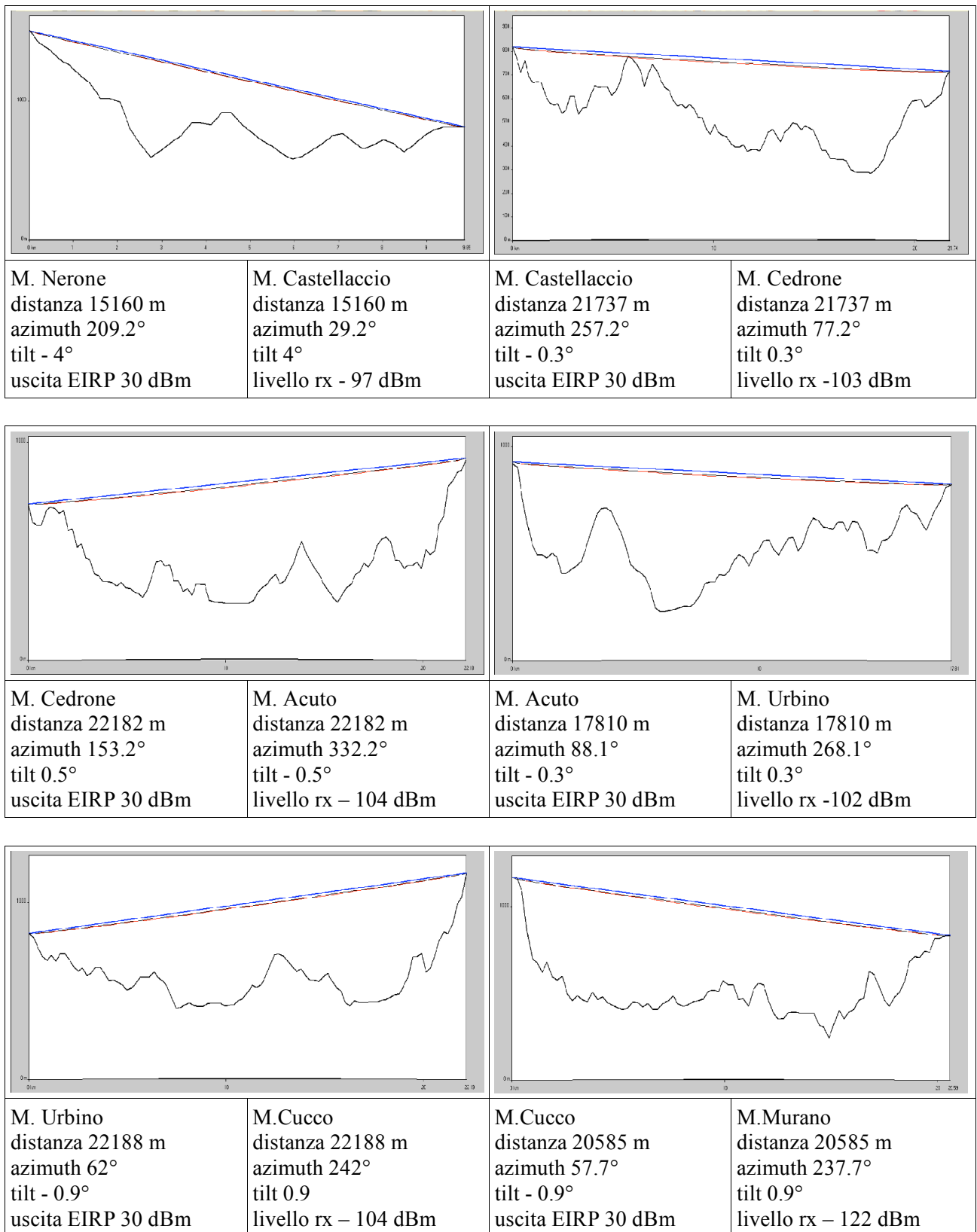


Figure 7-12. Risultati di una simulazione di tratta tra i diversi nodi della dorsale (il livello rx è quello teoricamente calcolato prima dell'antenna).

A questa fase di verifica teorica sono seguiti vari sopralluoghi operativi e la redazione del progetto esecutivo prima dell'avvio dei lavori.

Si è scelto di realizzare la dorsale con tecnologia HiperLAN (High Performance Radio LAN) in relazione al buon rapporto tra affidabilità, prestazioni tecnologiche avanzate e prezzo contenuto degli apparati radio. L'uso di questa tecnologia è da tempo libero in Italia con alcune restrizioni nella potenza di emissione degli apparati che utilizzano frequenze 5470 – 5725 Mhz in banda ISM e devono rispondere a quanto previsto nella nota 190 del Piano Nazionale delle Frequenze del 20 Luglio 2002 ed in particolare:

- aver conseguito la Notifica di Immissione sul mercato ai sensi dell'art. 6.4 del DLgs 9.5.2001 n° 269;
- avere un trasmettitore dotato, come stabilito dalla norma ERC-DEC 99/23, di un sistema di controllo di potenza che assicura un fattore di mitigazione di almeno 3 dB. Inoltre la selezione dinamica della frequenza deve essere associata con il meccanismo di scelta del canale e assicurare una distribuzione uniforme del carico sui 255 MHz della banda in questione;
- avere un trasmettitore che in relazione alla raccomandazione CEPT ERC/REC 70/03, sia dotato di un adeguato sistema di controllo della potenza in uscita (ATCP) con emissioni elettromagnetiche limitate a 1 Watt EIRP (30dBm) in presenza di qualsiasi tipo di antenna. Inoltre il dispositivo deve essere dotato di sistema per la selezione dinamica della frequenza, (DFS) con scelta del canale non interferito da eventuali segnali radar;
- rispondere agli standard ETSI EN 301 893 (Generic Harmonized Standard) e ETSI EN 301 489 – 1 (Electromagnetic Compatibility).

Lasciando libertà sull'implementazione a livello datalink, vi sono varie evoluzioni proprietarie, che raggiungono velocità di 300 Mb/s su frequenze in banda ISM dei 5 GHz, con un raggio di copertura del segnale che può arrivare fino a 60 km.

2.1 Calcolo dell'affidabilità di un link radio

Il dimensionamento delle tratte radio è stato effettuato con il calcolo del System Operative Margin (SOM) e quindi della percentuale di disponibilità del radio-collegamento.

L'affidabilità di una tratta radio viene calcolata con la formula sotto riportata e viene espressa in percentuale e in minuti di outage (interruzione) annui o mese che permette di valutare l'affidabilità di una tratta radio. Tale grandezza dipende dal System Operative Margin (SOM) detto anche margine di fading (F) e da vari fattori climatici e morfologici del terreno sul quale si sviluppa il link, oltre che dalla distanza tra i siti e dalla frequenza di lavoro.

$$\text{Outage Probability} = A * B * 2,5 * 10^{-6} * f(\text{GHz}) * (D/1,609344)^3 * 10^{-(F/10)}$$

$$\% \text{ Reliability} = 100 * (1 - \text{Outage Probability})$$

dove:

A = terrain factor , tiene conto dell'umidità del terreno:

A=4 nel caso di terreno coperto d'acqua (mare, laghi , fiumi)

A=1 terreno con umidità media

A=0,25= montagna o zona secca

B = climate factor , tiene conto del clima medio della zona oggetto di interesse:

0,5 = clima umido, costiero

0,25 = entroterra

0,125 =montagna o zona secca

f= frequenza del link espressa in GHz

D = distanza tra TX e RX in chilometri

F = margine di fading del collegamento

Il valore massimo di outage mensile in secondi nel caso peggiore sarà dato da:

$$\text{outage_s_mese} = \text{Outage Probability} * 2.600.000$$

con 2.600.000 numero di secondi medio in un mese.

Il valore massimo di outage annuo (worst case) è dato da:

$$\text{outage_s_mese} * 3 * (t_{\text{Fahrenheit}}) / 50$$

$$\text{con } t_{\text{Fahrenheit}} = (5/9 * t_{\text{Celsius}} - 32)$$

Impostando i valori come segue:

$$A = 1; B = 0,25$$

Sono stati ottenuti i seguenti valori di link budget:

Tratte dorsale HiperLAN	Km	C Ant site A	C Ant site B	Rx lev dBm	Freq. Ghz	RX sens dBm	SOM	Outage	% Reliability	Outage sec mese
M.Nerone -M.Castellaccio	10	28 dBi	28 dBi	-63	5,4	-84	21	7,56685E+07	99,99992433	1,967382
M.Castellaccio-M.Cedrone	22	28 dBi	28 dBi	-70	5,4	-84	14	4,14015E+05	99,99585985	107,643820
M.Cedrone-M.Acuto	22	28 dBi	28 dBi	-70	5,4	-84	14	4,29047E+05	99,99570953	111,552300
M.Acuto-M.Urbino	18	28 dBi	28 dBi	-68	5,4	-84	16	1,43383E+05	99,99856617	37,279535
M.Urbino-M.Cucco	22	28 dBi	28 dBi	-70	5,4	-84	14	4,29047E+05	99,99570953	111,552300
M.Cucco-M.Murano	20	28 dBi	28 dBi	-69	5,4	-84	15	2,75739E-05	99,99721251	71,692225

Di seguito è visibile lo schema di funzionamento della rete AVT limitatamente ad alcune stazioni già funzionanti (Fig.13).

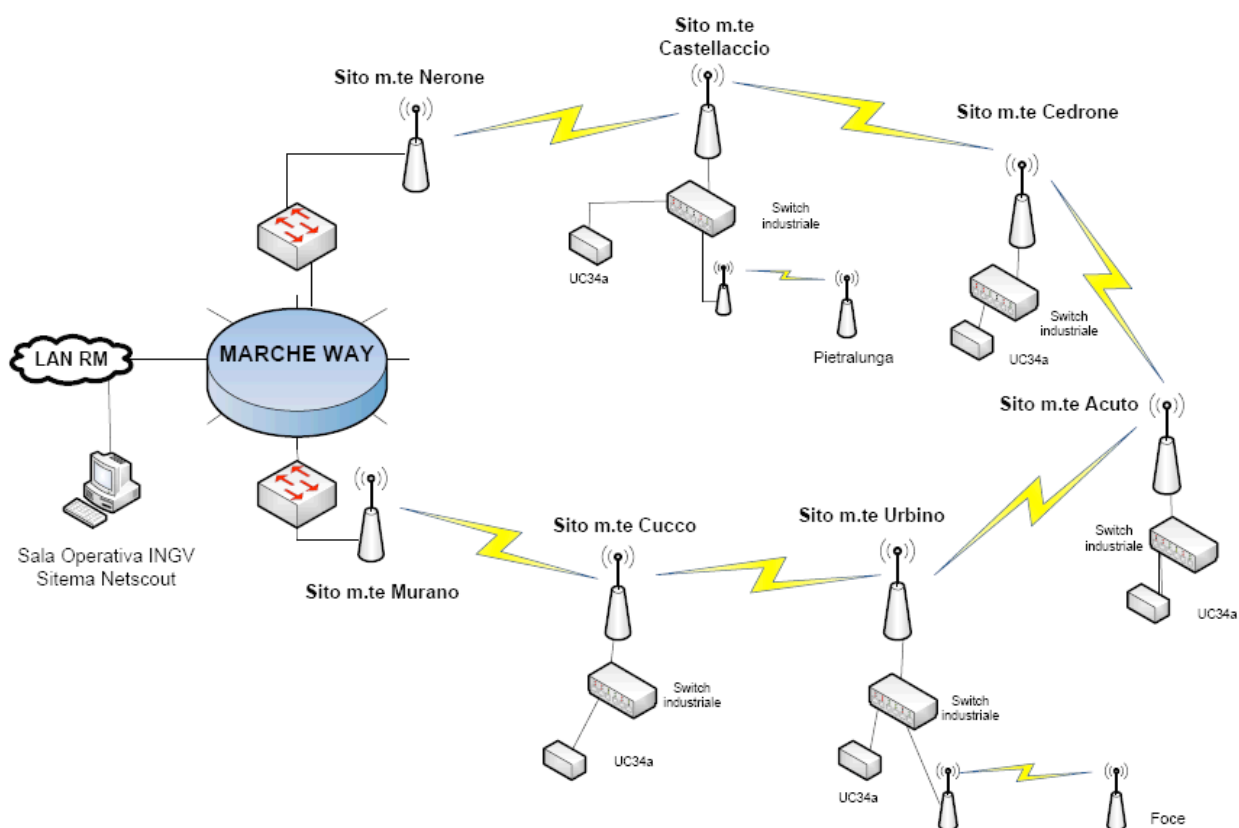


Figura 13. Schema di funzionamento della dorsale AVT.

2.2 Gli apparati radio per la dorsale

I criteri principali di progettazione della dorsale radio primaria richiedevano:

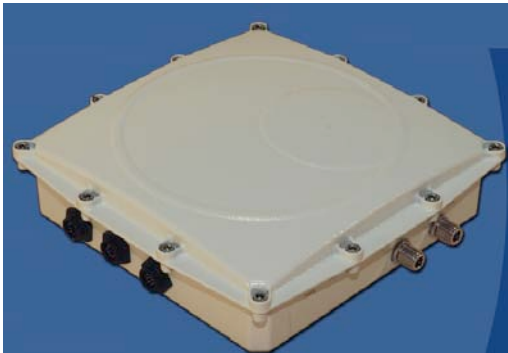
- elevata robustezza delle unità outdoor per l'utilizzo in condizioni ambientali di alta montagna;
- protezioni da sovratensioni/fulminazioni integrate sia per la parte radio che per quella ethernet;
- consumi energetici contenuti per allungare quanto più possibile i tempi di funzionamento in assenza di fornitura elettrica.

In seguito alla attenta valutazione di più marche che potevano soddisfare le caratteristiche principali richieste, la scelta è ricaduta sugli apparati radio classe operatore marca Wifless modello Pro Node ESS2456X che oltre a rispondere ai criteri iniziali, si sono dimostrati molto affidabili nell'utilizzo di reti HiperLAN installate in ampie aree del territorio marchigiano, e permettono di disporre di unità outdoor single radio e dual radio.

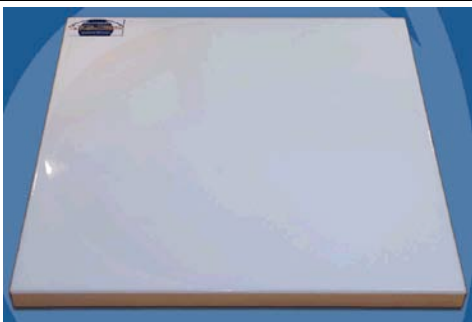
Grazie alla opzione dual radio è stato possibile dimezzare i costi per tutti i nodi dove la dorsale prevede una connessione east-west (5 nodi su 7) consentendo una minore spesa. Inoltre queste radio possono essere



utilizzate anche per collegarsi con apparati radio Ubiquity che - come si vedrà in seguito - sono stati utilizzati in via sperimentale in un link con le stazioni remote di Pietralunga. L'accoppiamento Ubiquity e Wifless permette di collegare direttamente i siti in linea con la dorsale principale con un conseguente ulteriore risparmio economico.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche tecniche degli apparati radio e delle antenne utilizzate nei singoli nodi.

 <p>Outdoor Unit Case Rugged All-Weather IP 68 & IK 10 Metal Molded Case, Method ASTM B117/95 120h Tested</p> <p>CPU, Memory and Special ICs Intel XScale 425 @ 266 MHz with 64 MB DRAM & 2 x 16 MB Flash, External Secondary Watch-Dog, Real Time Clock with Backup Battery, OTPROM for Product's Certificates & Details</p> <p>System Slots 2 x Mini-PCI @ 33 MHz: 2 x Equipped with WFL R108F25X(B) Radio module. 1 x WiMAX Upgradeable</p> <p>Data Ports 2 x 10/100BaseTX Fast-Ethernet ports IEEE 802.3u Compliant with Auto-sensing & Auto MDI / MDI-X Built-in 15 kV Lightning Protectors, IP 67 Connectors</p> <p>Serial Ports 1 x RS 232 port with IP 67 Connector</p> <p>Power Power over Ethernet (PoE), Extended Voltage Range from 36 to 72 VDC 0.4 A max, Standard IEEE 802.3af Passive, Redundant Power Supply configuration allowed</p> <p>Operation From -30 to +60 °C (Cold Start at -25 °C) and IP 68 Outdoor Unit (Equipment / ODU) From 0 to +40 °C and IP 30 Indoor Unit (PoE)</p> <p>Dimension, Weight and Color 28 x 28 x 9 cm, 2.6 kg (Storage from -50 to +85 °C), Light Gray RAL 7035 Color</p> <p>Frequency Band From 2.262 to 2.517 GHz and from 4.800 to 6.075 GHz with 40, 20, 10 and 5 MHz Std. Channels All Major Country ISM Sub-Bands Supported: EU, US, JP, CN Special Licensed Bands and Channelization Supported: also 44, 22, 16, 8 and 4 MHz Channels</p> <p>Radio Protocol IEEE 802.11b/g & IEEE 802.11a/h Standard and Atheros proprietary 108 M Turbo</p> <p>Advanced Feature ETSI DFS & ATPC, Atheros SuperG/AG (Turbo mode) & eXtended Range (XR mode)</p> <p>Modulation IEEE 802.11b DSSS, from DBPSK to CCK IEEE 802.11g/a/h OFDM, 64 FFT from BPSK to 64QAM</p>	<p>Main RF Output Power & Sensitivity (at the RF connector) 802.11a/h TURBO: Up to +12 dBm RF Output and -69 dBm of Sensitivity 802.11a/h: Up to +18 dBm RF Output and -92 dBm of Sensitivity 802.11g: Up to +17 dBm RF Output and -92 dBm of Sensitivity 802.11b: Up to +17 dBm RF Output and -95 dBm of Sensitivity</p> <p>RF Antenna Connectors 2 x N-type (F) Low Loss IP 68 Connectors</p> <p>Interface Features Advanced Interfaces Bridging IEEE 802.1d & Bonding IEEE 802.3ad, GRE Tunneling. Unlimited Virtual Logical Interfaces for each Physical Interface. DHCP Server/Relay/Client</p> <p>VLAN & VPN Protocol IEEE 802.1q-2005 VLAN with QinQ Encapsulation, VPN Transparent (Pass-Through)</p> <p>QoS & CoS Protocol IEEE 802.11e WMM + EDCA + RTS/CTS, ETH/LAN IEEE 802.1q-2005, L2-L3-L4 BW Manager</p> <p>Security & Radius AAA Multiple ESSID / BSSID, Static WEP 64/128/152 and Non-Standard Keys Length, Dynamic WEP, WPA/. WPA2 with AES-PSK/AES-EAP 256 and TKIP-PSK/TKIP-EAP, IEEE 802.1X Client/Relay with WISPr and Private Attributes for BWM and Billing, PPPoE Server/Relay with IEEE 802.1x AAA, MAC Filtering</p> <p>Routing & Meshing, Firewall & NAT Static IP Router, RIP, OSPF, BGP-4, IS-IS, OLSR Dynamic Routers and Policy Router WDS & OLSR Static and Dynamic Meshing. Advanced Firewall & NAT</p> <p>Additional Features Multiple Full-Featured Virtual-AP/Virtual Networks, Unlimited WDS Neighbor Nodes Optimized Point-to-Point Trunk & Radio Bridging, High-Performance Wireless Multicast</p> <p>Management Http GUI and Advanced / Full Control via SSH & Telnet CLI. Over-the-Air Software Upgrade and Configuration Backup/Restore. Unique XML Configuration File for an easy Off-Line configuration and replication. Integrated advanced SNMP V1, V2 and SNMP V3 Agents</p> <p>Integrated Tools NetPerf and IPerf Performance Metering, System Status & Interface Activity Monitoring, Syslog service</p> <p>General & Mechanics Alloy EU EN 46100, IP68 EU EN 60529, IK10 EU EN 50102, RoHS EU 2002/95/EC</p> <p>Environmental EU EN 300 019-2-4 class 4.2H for the ODU, EU EN 300 019-2-3 class 3.1 for the PoE Power Supply</p> <p>EMC-EMI EU ETSI EN 301 489-1 / -17</p> <p>Radio ETSI EN 300 328, EN 301 893</p> <p>Safety EU EN 60950-1, EN 50385</p> <p>Lightning Protection EU EN 61000-3 / -4 / -5</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La scelta delle antenne è ricaduta su flat-panel ad elevato guadagno e basso impatto.

	<p>Frequency Range: From 5.15 to 6.1 GHz</p> <p>Gain: 28 dBi at 5.6 GHz</p> <p>Return Loss: > 15 dB at 5.6 GHz</p> <p>Beamwidth: 4.5° Deg. H, 9° Deg. V at 4.5 GHz</p> <p>Polarization: Linear, Vertical or Horizontal (User-adjustable)</p> <p>Cross Polarization: As per ETSI EN 302 085 profiles TS1-TS5</p> <p>F/B Ratio: 40 dB</p> <p>Input Impedance: 50 Ohm</p> <p>Input Power: 6 W max</p> <p>Lighting Protection: DC Grounded</p> <p>Connector: N-Type Female</p>
-------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Elevation Radiation Pattern	Azimuth Radiation Pattern	
		<p>Dimension and Weight: 60 x 60 x 6 cm, 5.0 kg Wind Speed: Operation up to 160 km/h and Survival up to 220 km/h Radome: Polymer Solid Flat Radome Operating Temp. Range: From -45 °C to +70 °C Operating Humidity: 95% Non Condensing Dust and Water Protection: IP 67 Weather-proof Metal Outdoor Case Regulatory Compliance: CE, RoHS EU 2002/95/EC, ETSI EN 302 085</p>

2.3 Il sistema di alimentazione e l'UC34a

Ogni nodo della dorsale HiperLAN fornito di alimentazione di rete (5 su 7), è dotato di una stazione di energia dimensionata prendendo come riferimento la potenza pari all'assorbimento effettivo degli apparati radio della dorsale cautelativamente aumentata di un 15%.

Il sistema di alimentazione che è in grado di mantenere operativa la postazione (switch e apparati radio) per almeno 12 h nelle peggiori condizioni operative e garantisce l'isolamento galvanico dalla rete elettrica, è composto da:

- 1 alimentatore/caricabatteria con tensione di uscita costante di 13,5 V DC e 14 Amp di picco, flottante quindi galvanicamente isolata dalla rete elettrica (soglia di disattivazione del carico 11,5, 12,8 V DC);
- 1 gruppo di continuità costituito da una batteria stazionaria da 12V e 70 A/h . Nel suo dimensionamento si è tenuto conto del carico connesso alle radio della dorsale e dei tempi di percorrenza per l'accesso ai nodi in relazione alle diverse condizioni del tempo e/o terreno;
- 1 convertitore DC-DC 12-48VDC da 150W per alimentare gli apparati radio;
- 1 unità di controllo remoto degli apparati denominata UC34a. Questa unità è stata appositamente progettata dalla ditta ARSCOMM srl a partire dalle esperienze maturate nella gestione delle problematiche di manutenzione di reti radio. Le sue caratteristiche tecniche sono contenute in ARSCOMM (2009), la sua funzione - come meglio specificato nei paragrafi successivi - è quella di effettuare controlli di stato da un centro di registrazione e di inviare al centro di alimentazione remota una serie di comandi per ovviare alle eventuali disfunzioni degli apparati.

L'intero sistema è racchiuso in una apposito armadio con grado di protezione IP 56.

I due nodi alimentati con pannelli fotovoltaici (Monte Acuto e Monte Castellaccio) sono stati dotati di un set di batterie per 400 A/h complessivi che, in relazione all'assorbimento previsto, può garantire l'alimentazione degli apparati anche se i 3 pannelli da 120 Wp non dovessero ricevere un'adeguata insolazione per un massimo di 10 giorni. In ogni caso per minimizzare i problemi di ricarica delle batterie l'impianto fotovoltaico è stato affiancato da una cella a combustibile (EFOY Pro Series) dotata di un serbatoio da 28 l di metanolo che da sola garantisce oltre un mese di autonomia.

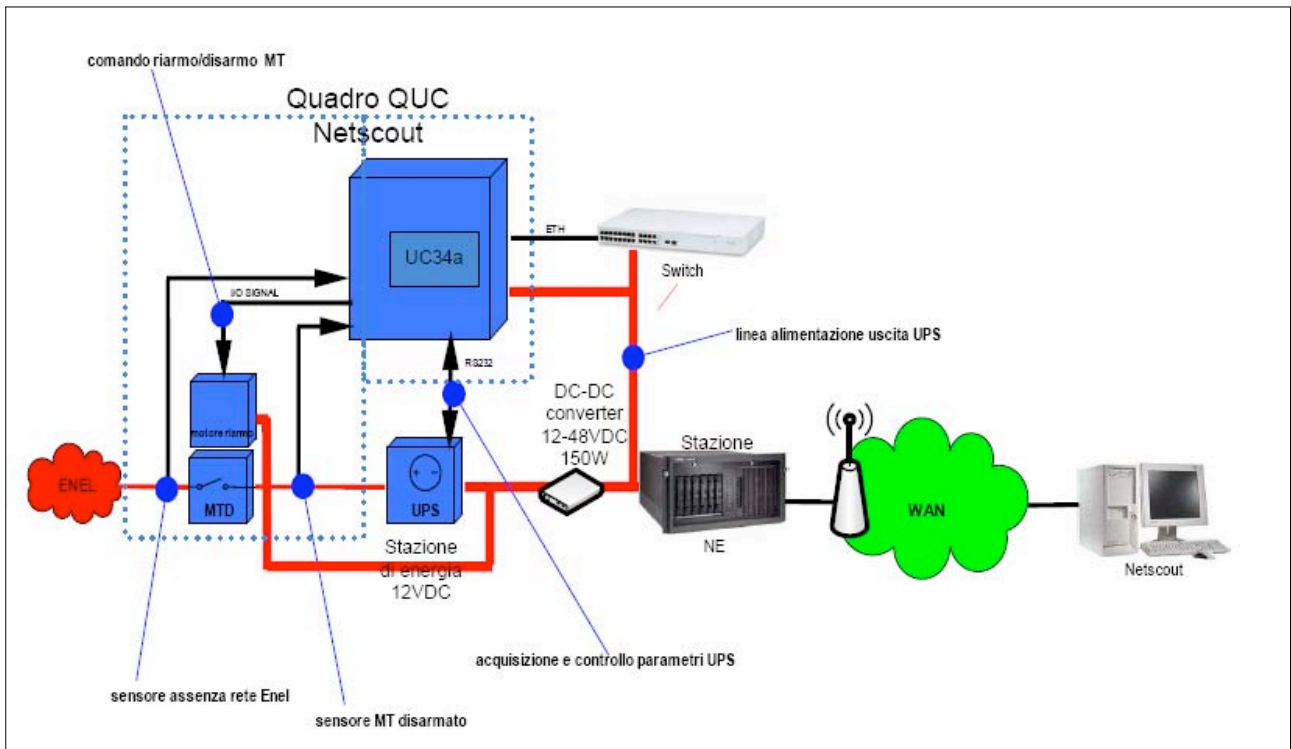


Figura 14. schema del sistema di alimentazione e UC34a.

2.4 Gli apparati radio per i link con le stazioni remote

Per il collegamento delle stazioni remote alla dorsale il vincolo principale era quello di avere apparati radio con bassissimo assorbimento e funzionanti alla tensione di 12V in quanto i siti di acquisizione non sono serviti dalla rete elettrica ma da un sistema fotovoltaico.

In considerazione delle condizioni generali di funzionamento degli apparati Wi-Fi, nonché delle limitazioni legislative sulla potenza degli apparati, il sistema inoltre doveva prevedere la possibilità di utilizzo di antenna-radio integrata per le stazioni ad una distanza massima di 5/7 km dal nodo e antenna esterna + modulo radio per link fino a 20 km.

Al fine di sperimentare diverse tecnologie sono stati utilizzati due diversi apparati entrambi rispondenti alle richieste iniziali e le cui caratteristiche tecniche sono sotto riportate:

link		Tipo di radio/caratteristiche essenziali		
Monte Pietralunga	Castellaccio-	Ubiquity mod. Nanostation 5		
		Enclosure Size		26,4 x 8 x 3 cm
		Enclosure characteristics		Outdoor UV Stabalized Plastic
		Weight		0,4 kg
		Mounting kit		Pole Mounting Kit included
		Max power consumption		5 watts
		Power supply		12V, 1 A (12 Watts). Supply and injector included
		Power Method		Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)
		Operating Temperature		-20 to 70 C
		Operating Humidity		5 to 95% Condensing
		Shock vibration		FTSI300-019-1,4
		Antenna Integrated		Gain 14 dBi multipolarized
		Antenna Connector		(1) Waterproof N-type female

Monte Urbino-Monte Focce	Colubris mod. Map 320R o HP mod. MSM310-R Access Point - J9380A (NA) and J9383A (WW)	
Ports	1 RJ-45 auto-sensing 10/100 port (IEEE 802.3 Type 10Base-T, IEEE 802.3u Type 100Base-TX Duplex: half or full)	
Physical characteristics	Dimensions 21.44 (d) x 18.42 (w) x 5.44(h) cm	
Weight	4.08 kg	
Enclosure	Die cast aluminum with 3-point silicone rubber gasket; compliant with IP65 and EN61373	
Mounting	Includes pole top U-bolts and wall mounting brackets	
Operating temperature	-20°C to 50°C	
Operating relative humidity	5% to 95%, non-condensing	
Non-operating/Storage temperature	-40°C to 80°C	
Non-operating/Storage relative humidity	5% to 95%, non-condensing	
Electrical characteristics:Description	IEEE 802.3af PoE compliant	
Power consumption	6.5 W	
Antenna Connector	(2) Waterproof N-type female with diversity	
Antenna	(2) 5.5 dBi 2.4 GHz omnidirectional	
Notes	Maximum power rating is the worst-case theoretical maximum power number with fully loaded PoE, 100% traffic, all ports plugged in, and all modules populated.	
Frequency band and Operating channels	2.412 - 2.472 GHz (13 channels) 5.180 - 5.240 GHz (4 channels) 5.260 - 5.320 GHz (4 channels) 5.500 - 5.700 GHz (11 channels)	



Alla data attuale entrambe le radio hanno dimostrato uguale affidabilità. A favore della Ubiquity sono stati evidenziati i seguenti elementi:

- costo leggermente inferiore;
- minor assorbimento;
- possibilità di accoppiamento con gli apparati radio Wifless usati nei nodi della dorsale HiperLan che consentirebbe di collegare direttamente i siti remoti che si trovino in linea con la dorsale principale.

Per le fasi successive di lavoro si pensa di uniformare i link radio e qualora i risultati di questa breve sperimentazione vengano confermati è probabile che si scelga di collegare i siti di monitoraggio e la dorsale HiperLAN con la seguente configurazione:

- ogni stazione remota sarà collegata ad una CPE mod. Nanostation 5, dotata di antenna integrata o antenna esterna per lunghe distanze;
- la CPE si registra nel sistema tramite il link con l'access point denominato Power Station montato sul nodo di dorsale e dotato di connettore coassiale per l'utilizzo con antenna di adeguato guadagno in base alla distanza dalla CPE;
- per i siti in linea con la dorsale si utilizzerà solamente una CPE Nanostation.

3. Networking

Dei 155 Mbps di banda disponibile su Marche way la Regione Marche ha destinato 2 Mbps per il flusso dei dati del monitoraggio sismico e GPS comprensivo anche della rete AVT. Nel calcolare l'occupazione di banda si è tenuto conto dei seguenti elementi:

- una stazione sismometrica nella sua quasi massima configurazione (3 canali campionati a 100 sps e 3 canali campionati a 200 sps) occupa non più di 30 kbps;
- una stazione GPS che acquisisce i dati con campionamento a 10 Hz in streaming e a 30 secondi in locale, occupa una banda di 32 kbps;
- complessivamente tra rete AVT, rete Marche e stazioni della rete nazionale si è progettato di far confluire su Marche way un massimo di 34 stazioni sismometriche e GPS (attualmente via Marche way sono trasmessi i dati di 12 stazioni 3 delle quali dotate anche di GPS).

Vista la particolare complessità e vastità di utilizzi della rete Marche way particolare attenzione è stata dedicata al networking. Il Servizio Protezione Civile ha dotato ogni nodo di Marche way di switch Cisco (modello 2960 ad alimentazione continua 48 V e otto porte eth) grazie ai quali è possibile partizionare la rete con delle VPN dedicate alle diverse tipologie di monitoraggio d'interesse del Servizio stesso; secondo questa logica al monitoraggio sismico e GPS è stata assegnata la porta 4 di ogni switch. Inoltre si è deciso di seguire la seguente politica di indirizzamento IP:

Logiche assegnazione IP	Utilizzo
10.198. 16.1÷50	Acquisitori GAIA_II nelle stazioni remote
10.198. 16.50÷54	Collegamenti temporanei con PC per diagnostica
10.198. 16.70÷99	GPS nelle stazioni esterne
10.198. 16.100÷199	Radio Wi-Fi
10.198. 16.200÷220	Switch con management
10.198. 16.221÷250	Unità di Controllo Remota
10.198. 16.254	Router/Gateway

Per ovvi motivi nel caso del monitoraggio sismico e GPS non è possibile attivare apparati che non rispettino le regole di networking disposte congiuntamente dalla Regione Marche e dall'INGV; gli indirizzi finora utilizzati sono riportati in Tab 1.

Tabella 1. IP già assegnati agli apparati del progetto Airplane.

IP assegnati	Utilizzo	IP assegnati	Utilizzo
10.198. 16. 5	GAIA2 CPGN Monte Carpegna	10.198. 16.118	Radio Essentia 5.4 Nodo M.Nerone
10.198. 16. 7	GAIA2 MPAG Monte Paganuccio	10.198. 16.121	Radio Colubris 5.4 Link M.Urbino-M.Foce
10.198. 16. 11	GAIA2 ATMC Monte Castellaccio	10.198. 16.122	Radio Colubris 5.4 link M.Foce-M.Urbino
10.198. 16. 14	GAIA2 ATCE Monte Cedrone	10.198. 16.123	Radio Ubiquiti 5.4 Link M.Castellaccio-Pietralunga
10.198. 16. 15	GAIA2 ATFO Monte Foce	10.198. 16.124	Radio Ubiquiti 5.4 Link Pietralunga-M.Castellaccio
10.198. 16. 16	GAIA2 ATPI Pietralunga	10.198. 16.200	Switch Nodo M. Murano
10.198. 16. 70	GPS PIET Pietralunga	10.198. 16.201	Switch Nodo M. Cucco
10.198. 16. 71	GPS ATFO Monte Foce	10.198. 16.202	Switch Nodo M. Urbino
10.198. 16. 72	GPS ATTZ Monte Tezio	10.198. 16.203	Switch Nodo M. Acuto
10.198. 16. 73	GPS ATBU Serre di Burano	10.198. 16.204	Switch Nodo M. Cedrone
10.198. 16. 74	GPS ATLV Montelovesco	10.198. 16.205	Switch Nodo M. Castellaccio
10.198. 16. 75	GPS ATMI – Monte Migiano	10.198. 16.206	Switch Nodo M. Nerone
10.198. 16.112	Radio Essentia 5.4 Nodo Monte Murano	10.198. 16.221	UC34a Nodo M. Murano
10.198. 16.113	Radio Essentia 5.4 Nodo M.Cucco	10.198. 16.222	UC34a Nodo M. Cucco
10.198. 16.114	Radio Essentia 5.4 Nodo M.Urbino	10.198. 16.223	UC34a Nodo M. Urbino

Ordinariamente il flusso dei dati della dorsale AVT fluisce da M. Cucco verso M. Castellaccio e entra in Marche Way dal nodo di Monte Nerone. Questa scelta è stata fatta in considerazione della percentuale di outage del nodo di M. Nerone rispetto a quello di M.Murano. In caso di problemi, il flusso dati può essere instradato in senso inverso o in caso di malfunzionamento di un nodo della dorsale AVT è possibile partizionarlo in due direzioni diverse a partire dal nodo non funzionante.

4. Il Centro di acquisizione e controllo

I dati acquisiti localmente vengono trasferiti con radio Wi-Fi alla dorsale HiperLAN dell'AVT, da questa alla rete SDH Marche Way che li trasmette fino al Centro Funzionale del Servizio Protezione Civile della Regione Marche di Passo Varano (AN).

Al Centro Funzionale i dati vengono acquisiti da due server. Nel primo, dove è installato Seiscomp v. 3.0 e alcuni applicativi sviluppati ad hoc per l'interpretazione routinaria non automatica dei dati, confluiscono i dati sismometrici. Con il secondo si gestisce l'acquisizione e l'archiviazione dei dati GPS raw mediante il software Leica GNSS Spider.

Entrambi i server sono raggiungibili anche da 'client' del centro di acquisizione dell'INGV di Roma che riproducono l'acquisizione del centro di Ancona. Lo schema di funzionamento è visibile nello schema di Fig. 15.

In particolare i dati GPS vengono poi trasmessi in streaming presso la sede di Roma, dove le osservazioni rinex vengono elaborate con il software scientifico Gipsy-Oasis GOA II. I dati sismometrici vengono inviati ad un seiscomp client dove verranno implementate tutte le procedure di interpretazione automatiche, attualmente in fase di sperimentazione.

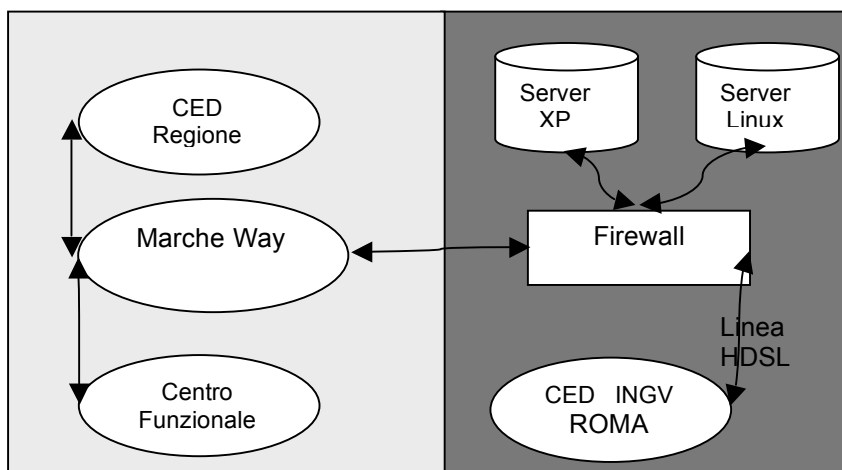


Figura 15. Schema di collegamento tra il centro di registrazione dell'INGV di Roma e di Ancona.

Sul server linux è inoltre attivo un sistema di acquisizione, picking e localizzazione automatica in tempo reale Earthworm. Questo sistema raccoglie i dati delle stazioni AVT, delle stazioni della Rete Regionale delle Marche e delle stazioni della RSNC installate nelle Marche o nelle aree limitrofe; in caso di riconoscimento di un evento sismico fornisce una stima automatica della localizzazione e della magnitudo dell'evento.

Nella sede di Ancona è inoltre attivo un secondo server Seiscomp 3, dedicato al controllo di funzionamento del sistema tramite i moduli scqcv, scrstv, scm. Un altro PC (S.O. XP) è dedicato all'utilizzo di "Netscout", un software di telecontrollo progettato e realizzato dalla Arscomm, che nasce dalla loro decennale esperienza nella gestione delle problematiche di manutenzione di reti radio e che utilizzando protocolli di comunicazione TCP IP consente la visualizzazione dello stato di funzionamento della dorsale e delle stazioni ad essa collegate.

In caso di mal funzionamento Netscout attiva una serie di allarmi: sonori, via e-mail e via sms che consentono l'intervento da remoto di un operatore esperto in grado di avviare una serie di procedure per l'individuazione del problema e l'eventuale sua rimozione.

In particolare grazie al software di telecontrollo (Netscout) e all'unità di controllo remota (UC34a) l'operatore è in grado di controllare o visualizzare:

- la stazione di energia, i livelli tensione e di corrente con storico degli allarmi;
- l'apertura degli sportelli degli armadi che contengono gli apparati;
- la temperatura interna alle casse di contenimento degli apparati per il controllo del loro eventuale surriscaldamento;
- gli acquisitori per verificare se i processi sono attivi o per un loro reboot software, o molto più semplicemente la validità del segnale orario acquisito dai GPS o visualizzare il segnale acquisito in remoto;
- gli apparati radio per rimuovere eventuali problemi di interferenza dei canali radio, tra radio master e slave, verificare e regolare la potenza dei segnali radio o il rapporto segnale rumore nelle diverse tratte, decidere di canalizzare in un verso o in quello opposto il flusso dei dati tra i diversi nodi;
- effettuare un reset fisico dei sistemi togliendo e successivamente ripristinando l'alimentazione.

Nella figura sottostante è possibile vedere due screenshot per il controllo delle funzioni e dei parametri funzionali nei nodi della dorsale AVT.

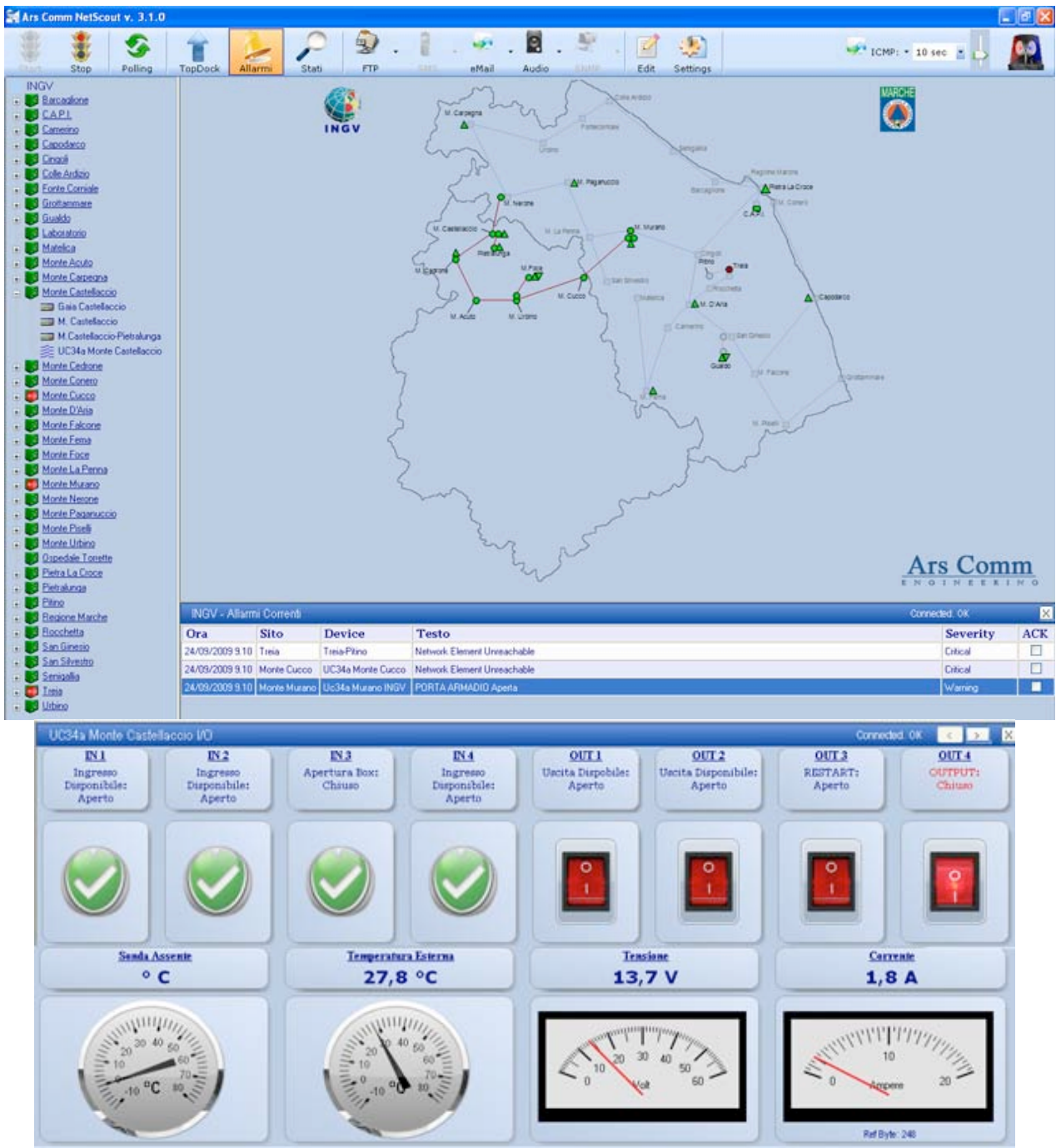


Figura 16. Netscout e particolari dell'interfaccia utente per il controllo dei parametri di sito.

5. Risultati e valutazioni preliminari

La dorsale AVT nella sua attuale configurazione è attiva dal mese di Aprile 2009 e le considerazioni che vengono di seguito riportate sono limitate ad una finestra di osservazione di 108 giorni a partire dal 1 Aprile che è la data in cui è stata installata l'ultima stazione sismometrica.

Si pone in evidenza che la finestra di osservazione include il periodo primaverile ed estivo, generalmente caratterizzati da violenti temporali con conseguenti potenziali fulminazioni degli apparati ma esclude il periodo invernale che in genere evidenzia problemi legati a un non perfetto dimensionamento dei consumi delle stazioni o dei nodi dotati di pannelli solari.

Quindi pur con le limitazioni del caso, analizzando i dati acquisiti in centrale, la rete AVT nel suo complesso ha avuto una buona percentuale media di acquisizione/funzionamento (Fig. 17).

Dalla figura si evidenzia come la percentuale più elevata di non acquisizione dei dati si è avuta nelle stazioni di ATFO (59 %), di ATPI (88 %) e ATMC (92 %).

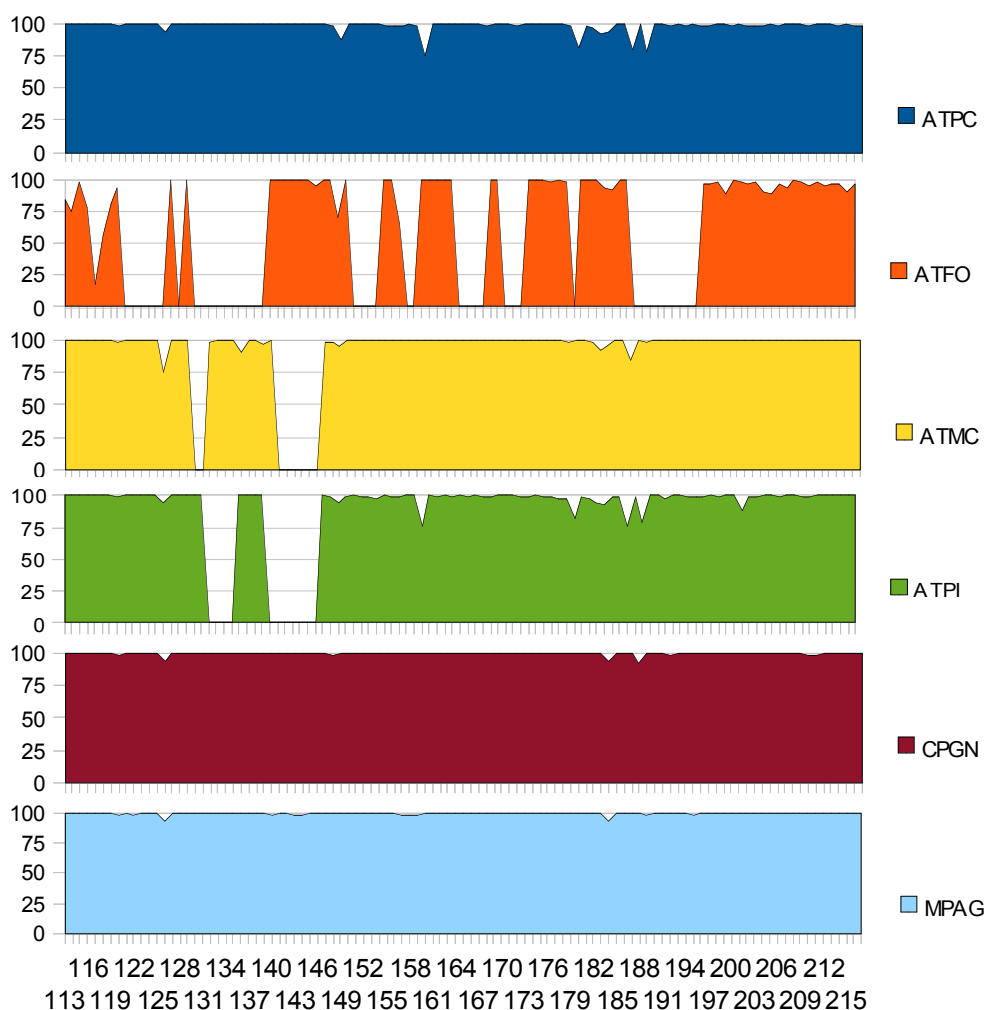


Figura 17. Diagramma di funzionamento – in percentuale - delle stazioni.

Nel primo caso (ATFO), a parte il problema iniziale dovuto alla individuazione di un canale non disturbato della radio Colubris, nella realtà delle cose, non si tratta di un vero non funzionamento. Infatti la stazione è stata utilizzata in fase per una serie di test con un acquirente Gaia sperimentale a 7 canali collegato a due diversi accelerometri a 3 canali e ad un accelerometro ad un canale. Questo acquirente ha evidenziato una serie di problemi legati al blocco degli applicativi o della scheda ethernet o della porta seriale spesso non risolvibili dal watchdog interno. Oggi, terminata la fase di test, l'acquirente a sette canali è stato sostituito con una ormai collaudata GAIA a tre canali; la stazione è regolarmente funzionante.

Nel secondo caso (ATPI) la causa è stata individuata - con un certo ritardo - nel cattivo funzionamento del regolatore di carica dei pannelli solari.

La rottura dell'acquirente GAIA_II è infine il motivo della breve mancata acquisizione dei dati da ATMC.

Dalla Fig.17 è inoltre evidenziabile che quasi tutte le stazioni hanno mancato di acquisire i dati per pochi minuti nell'arco di singole giornate. Il problema è legato al blocco di alcuni applicativi implementati sull'acquirente GAIA_II, o in minore misura della scheda ethernet o della porta seriale dell'acquirente. Il perché di questi blocchi, che non vengono risolti né dai watchdog finora implementati né da un riavvio software, non è ancora chiaro.

Quando le stazioni sismometriche sono nello stesso sito del nodo della dorsale (ATPC e ATMC) il problema del riavvio degli applicativi è facilmente risolvibile dalla centrale di registrazione grazie al sistema di telecontrollo e all'UC34a che permettono di togliere l'alimentazione all'apparato e quindi di riavviare

l'acquisizione con un boot fisico dell'acquisitore.

Negli altri casi di stazione remota alimentata da pannelli solari (es. ATFO), dove l'inserimento di una stazione di energia comprensiva di UC34a non è possibile date le limitazioni imposte dai consumi, si può solamente intervenire sul sito. Per ovviare a questo problema e ridurre l'intervento degli operatori in siti esterni, tra l'altro difficilmente raggiungibili in caso di neve o terreno bagnato, si è pensato ad un sistema di controllo 'automatico' della funzionalità di un acquisitore remoto composto da:

- un crontab nel S.O. dell'acquisitore GAIA che invia sulla sua porta seriale gli esiti di un ping all'indirizzo IP della radio a monte dell'acquisitore e della GAIA stessa;
- un apparato appositamente creato (eH_RC) a bassissimo consumo energetico che è in ascolto in uscita della porta seriale dell'acquisitore GAIA. Ogni cinque minuti, nel caso di più esiti negativi dei risultati del ping, eH_RC provvede al riavvio dell'acquisitore e della radio togliendo e - dopo una decina di secondi - ripristinando la tensione di alimentazione.

Il sistema è stato testato in laboratorio con esiti positivi e prima dell'inverno verrà installato in un sito remoto per un'ulteriore verifica di stabilità e in caso di esito positivo della verifica verrà installato in ogni singola stazione remota.

Esempio del crontab implementato sulla GAIA

```
0-59 * * * * ping -c 5 10.198.16.116; echo $? >/dev/ttyS0
```

Il comando - ogni minuto - manda sulla seriale uno "0" nel caso in cui il ping all'indirizzo IP della radio (10.198.16.116) ha avuto successo oppure un 1 o un 2 nel caso il ping non abbia avuto successo.

eH_RC in continuo ascolto sulla seriale della GAIA è programmata per eseguire le seguenti comandi:

- ogni cinque minuti verifica le ultime risposte al comando di cui sopra; se nella sequenza delle risposte vi sono solamente caratteri "1" toglie per alcuni secondi la corrente sia all'apparato radio che alla GAIA per ridarla poco dopo;
- l'operazione di togliere e ridare corrente può essere ripetuta per non più di 3 volte consecutive e in caso di esito negativo dopo le tre volte l'apparato eH_RC riproverrà a riavviare acquisitore e radio dopo 24 ore.

La Fig. 17 infine mostra, indirettamente, come il problema del non funzionamento di un nodo della dorsale HiperLAN non condiziona l'acquisizione dei dati delle stazioni remote grazie al fatto che un pronto intervento da remoto sugli apparati radio permette il reindirizzamento del flusso dei dati in modo tale da non perdere comunque la funzionalità della rete nel suo complesso.

Appare doveroso precisare che questa infrastruttura è stata creata per il progetto Aiplane – Alta Valle Tiberina e non vuole essere una rete di allarme in senso stretto ma funzionale agli obiettivi del progetto. Pertanto se una stazione non dovesse trasmettere i dati alla dorsale anche per qualche giorno, questi sarebbero comunque registrati sulla flash card della GAIA consentendo il loro recupero ed un successivo inserimento nel data base del progetto. Questo recupero dei dati potrebbe essere effettuato manualmente da un operatore che si porta sul sito e/o anche attraverso un sistema di controllo automatico - attualmente sperimentale – che confronta i dati acquisiti al centro di registrazione con quelli presenti sulla flash card della GAIA remota. Questo sistema è pensato soprattutto per brevi periodi di non acquisizione ma la sua funzionalità verrà sicuramente estesa anche per lunghi periodi.

Va ricordato che presso il centro di acquisizione di Ancona confluiscono anche i dati della rete regionale dial-up con tecnologia Lennartz Mars88. Attualmente si stanno sperimentando procedure di merge semiautomatico dei dati originali rilevati da tale rete, archiviati in formato binario Lennartz, con i dati provenienti dalle reti in continua archiviati nel formato miniSEED, e la loro successiva trasformazione nel formato SAC.

Al momento sono operative delle procedure on line che permettono di:

- tagliare dal server di acquisizione le finestre temporali intorno ad una localizzazione automatica calcolata da earthworm a partire da un trigger di rete;
- trasformare le finestre temporali dal formato originale miniSEED a quello SAC;
- collocare i files SAC in directories evento.

Altre procedure off line, già testate e funzionanti, permettono di:

- trasformare le registrazioni dial up dal formato Binario Lennartz a quello SAC;
- inserire i files 'trasformati' all'interno delle directories evento di cui sopra.

Le operazioni di ordinaria interpretazione dei file SAC contenuti nella cartella eventi sono eseguite attraverso il programma SeisPicker ideato e realizzato su piattaforma Java da Daniele Spallarossa del DIPTERIS di Genova. Di seguito si riportano due screenshot dell'applicativo relativi a due eventi locali caratterizzati nella didascalia delle figure.

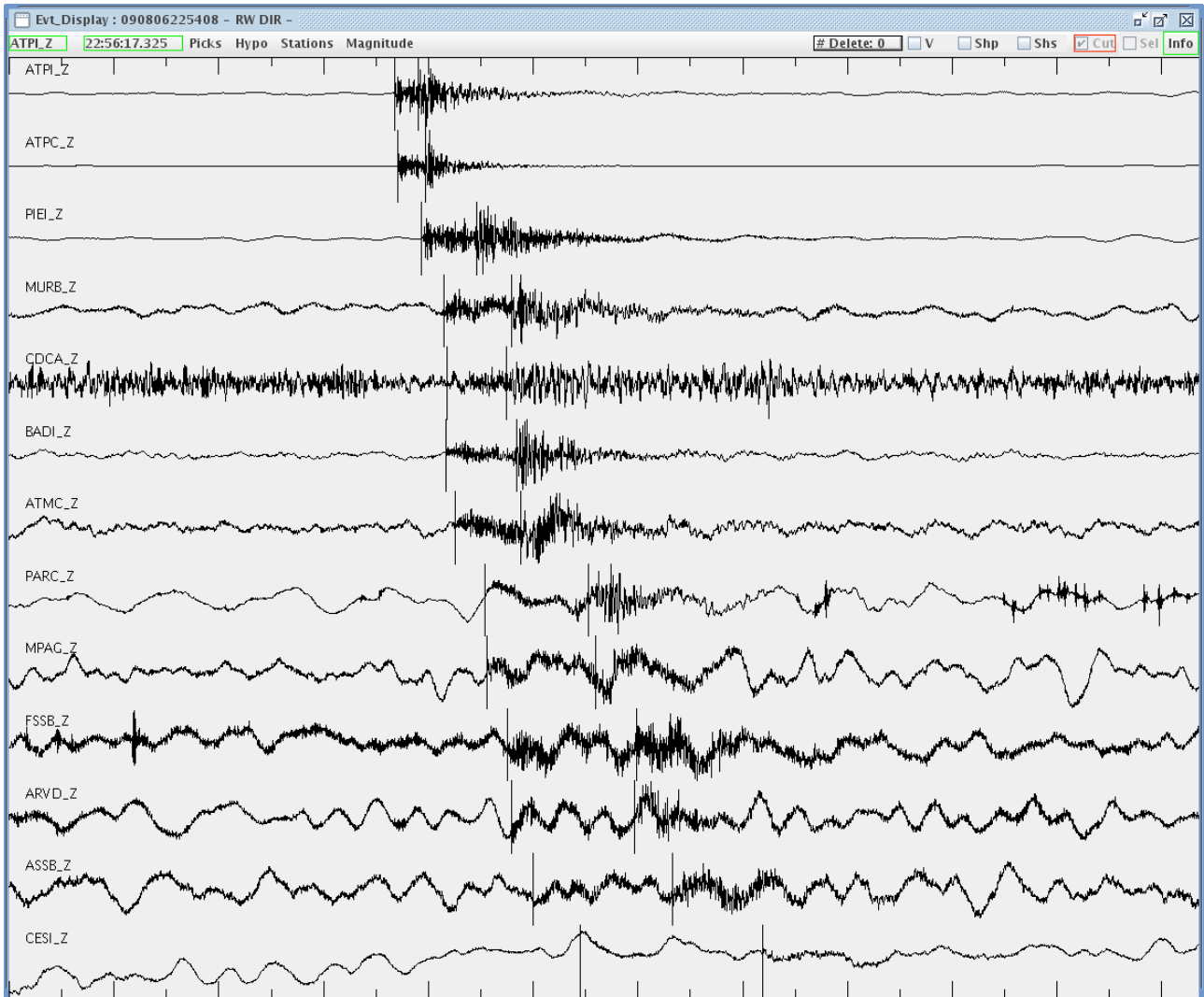


Figura 18. Evento sismico del 6 agosto 2009 alle ore 22:54 UTC localizzato a Pietralunga (PG) di magnitudo 0,6.

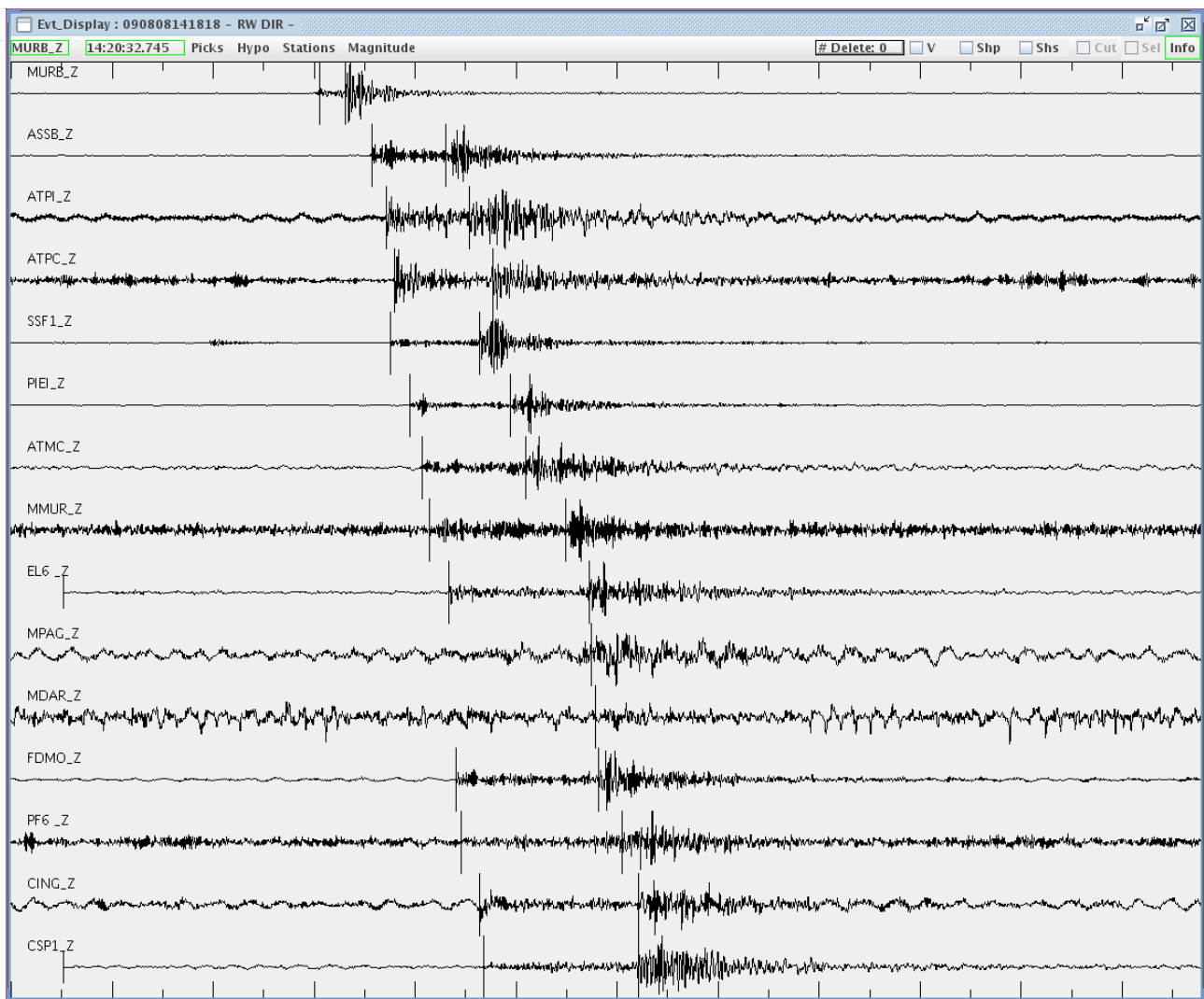


Figura 19. Evento sismico del 6 agosto 2009 alle ore 14:18 localizzato nel bacino di Gubbio (PG) di magnitudo 1,3.

6. Conclusioni

Tutti gli obiettivi iniziali di questa prima tranches di lavoro sono stati raggiunti. In particolare:

- i dati rilevati in tempo reale dalle stazioni sismometriche e dalle stazioni GPS vengono trasmessi dalle stazioni remote al centro di registrazione di Ancona e di Roma senza problemi di occupazione di banda e senza significative perdite di pacchetti;
- il sistema di controllo in real time dello stato di funzionamento del sistema nel suo complesso è stato sperimentato con successo e ha limitato di molto gli interventi in campagna causati da guasti o più frequentemente da blocchi degli applicativi quasi esclusivamente degli acquisitori;
- nel centro di acquisizione di Ancona il data set della rete AVT viene in modo semi automatico completato con i dati delle reti Dial Up delle regioni Marche e Umbria con un significativo incremento delle informazioni utilizzabili per gli scopi del progetto.

Nella seconda fase delle attività si provvederà ad un miglioramento qualitativo e quantitativo della rete e della sue funzioni. In particolare:

- verranno installate altre 7 stazioni con le stesse modalità di funzionamento fin qui sperimentate;
- verranno implementate procedure automatiche di richiesta dei dati eventualmente non trasmessi e di controllo di stato delle stazioni remote al fine di migliorare ulteriormente la funzionalità della rete;
- verranno implementate procedure di controllo automatico dell'attività sismica già operative in fase

sperimentale e che entro il 2010 potrebbero essere attivate ordinariamente sui dati della rete; in particolare si procederà ad automatizzare una serie di operazioni routinarie quali: l'analisi dei segnali, il picking, la localizzazione, l'analisi on line del b value, etc ...

- verrà avviato un contratto ad hoc di manutenzione della dorsale Hiperlan AVT per limitare il suo eventuale non funzionamento per guasti significativi ad un periodo non superiore alle 72 ore dalla apertura del guasto stesso.

Chi ha fatto cosa

Un progetto così complesso ha richiesto molteplici competenze e ha coinvolto a vario titolo numerose persone. Si ritiene corretto evidenziare le rispettive competenze associandole alle diverse attività da svolte:

Per la ARSCOMM

Costantini Luca: ha eseguito i sopralluoghi esecutivi e preparato le schede di esecuzione lavori per i tecnici installatori.

Radicchi Enrico, **Pietroni** Luca, **Modesti** Alessandro, **Caporalini** Marco: hanno curato con competenza e precisione l'installazione dei siti outdoor e indoor della dorsale HiperLAN e delle stazioni di acquisizione.

Ferraiuolo Tiziano: ha curato la direzione tecnica, coordinato le attività del team ARSCOMM e l'interfacciamento con Marche way ed ha sviluppato il progetto di monitoraggio Netscout – UC34a e del controllo di stato e_HC.

Ferraiuolo Ciro: ha curato la parte sistemistica ed ha sviluppato il software di monitoraggio Netscout.

Casaccia Matteo: ha seguito il commissioning degli apparati.

Duca Andrea: ha curato il project management e la parte amministrativa.

Per il Servizio Protezione Civile della Regione Marche

Ferretti Maurizio, responsabile del Centro Funzionale del Servizio Protezione Civile della Regione Marche: ha favorito lo sviluppo delle attività di Monitoraggio multiparametrico e ha agevolato la sperimentazione nell'utilizzo di Marche way per la creazione di una rete multiparametrica regionale.

Cardinali Leandro, **Trabocchi** Mario del Centro di Pronto Intervento del Servizio Protezione Civile della Regione Marche: si sono dimostrati risolutivi quando apparentemente non sembrava esserci alcuna soluzione.

Per l'Osservatorio Bina di Perugia

Siciliano Martino, **Tardioli** Sergio e **Arcaleni** Michele: hanno fornito collaborazione e disponibilità.

Per l'INGV

Piccolini Ulderico e **Giovani** Lucian della U.F. Laboratorio di Sismologia – CNT-INGV: hanno assemblato con solerzia e cortesia gli acquisitori GAIA_II fornendo assistenza tecnica quando richiesta.

Salvaterra Leonardo, **Acerra** Catello, **Rao** Sandro e **Salvaterra** Carlo, della U.F. Laboratorio di Sismologia – CNT-INGV: ha risolto alcuni malfunzionamenti della GAIA, guidando gli interventi di ripristino o implementando, e modificando al momento gli applicativi.

D'Anastasio Elisabetta, **Memmo** Tonino, e **Minichiello** Felice della U.F. Osservatorio di Grottaminarda: la prima ha curato la scelta dei siti GPS effettuando prove di qualità del segnale, i secondi hanno installato i GPS.

Cattaneo Marco, **Frapiccini** Massimo e **Monachesi** Giancarlo, della U.F. Laboratorio di Sismologia – CNT-INGV sede di Ancona: sono stati impegnati in quasi tutti i settori delle attività; ma in particolare hanno curato il progetto della dorsale e dei siti, attrezzandone alcuni, hanno attivato il centro di acquisizione di Ancona e controllano il funzionamento della rete nel suo complesso.

Sorrentino Diego, **Zanolin** Francesco, **Badiali** Lucio, **Mendicino** Melissa e **Rossi** Massimiliano della U.F. Servizi Informatici e Reti – CNT-INGV: si sono occupati della configurazione e implementazione della server farm di Ancona scegliendo e programmando i server e il firewall.

Criscuoli Fabio e **D'Agostino** Nicola rispettivamente delle U.F. Laboratorio di Sismologia e dell'U.F. Sismologia, sismotettonica e geodinamica – CNT-INGV: hanno curato la scelta dei siti GPS effettuando prove di qualità del segnale e hanno collaborato alla loro installazione.

Di Stefano Raffaele e **Mandiello** Alfonso Giovanni della U.F. Analisi Dati per la Sismologia – CNT-INGV: il primo ha sviluppato alcuni software sperimentali per il controllo on line dei dati, il secondo ha collaborato per lo scambio dati tra le sedi di Roma e di Ancona.

Chiaraluca Lauro e **Valoroso** Luisa della U.F. Sismologia, sismotettonica e geodinamica - CNT-INGV: il primo ha coordinato le attività del gruppo e insieme hanno individuato i siti delle stazioni sismometriche ed effettuato le prove di rumore

Piccinini Davide, della U.F. Sismologia – RM1-INGV: ha collaborato nella individuazione dei siti delle stazioni sismometriche ed effettuato le prove di rumore.

Mondiali Luciano, CNT-INGV: ha coordinato e controllato le attività delle ditte che hanno svolto i lavori di housing nei diversi siti.

Falco Luigi, della Sede INGV di Grottaminarda: ha fornito utili consigli per migliorare le funzionalità del server di acquisizione e il setup di Seiscomp.

D’Alema Ezio, della sede di Milano dell’INGV: ha realizzato alcuni applicativi funzionali alla attività ordinaria e non automatica di interpretazione dei dati.

Selvaggi Giulio, **Amato** Alessandro, **Cocco** Massimo e **Delladio** Alberto: in qualità di responsabili di progetto o direttori di UF o del CNT hanno principalmente indirizzato le priorità, contribuito al dibattito e snellito – quando possibile - le procedure amministrative e all’occorrenza hanno collaborato anche nelle attività di campagna.

Boschi Enzo, Presidente del’INGV: è il responsabile del progetto AIRPLANE.

Si ringrazia **Spallarossa** Daniele, del DIPTERIS di Genova, per aver adattato ed installato sui PC della sede di Ancona il programma SeisPicker da lui ideato e realizzato per la interpretazione ordinaria dei dati acquisiti.

Bibliografia

Amato, A., et al. (2000). Terremoti probabili in Italia tra l’anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità e gli interventi di riduzione del rischio sismico. Attività Scientifica GNDT. Project funded by Department of the Civil Protection.

ARSCOMM (2009). UC34a, test report di compatibilità elettromagnetica effettuato da ELCOLAB secondo gli standard IMQ. Rapporto tecnico TR0001100EMC01_00

Boschi, E., Amato, A., Cocco M., D’Agostino, N., (2008). Progetto Airplane. Piattaforma di ricerca multidisciplinare su terremoti e vulcani. Progetto Esecutivo.

Cocco, M., et al. (2000). Sviluppo e confronto di metodologie per la valutazione della pericolosità sismica in aree sismogenetiche: applicazione all’Appennino Centrale e Meridionale. Attività Scientifica GNDT. Project funded by Department of the Civil Protection.

Chiaraluca, L., Chiarabba, C., Collettini, C., Piccinini, D., and Cocco, M. (2007). Architecture and mechanics of an active low-angle normal fault: Alto Tiberina Fault, northern Apennines, Italy, *J. Geophys. Res.*, 112, doi:10.1029/2007JB005015.

CSTI Working Group. (2001). Catalogo Strumentale dei Terremoti Italiani dal 1981 al 1996, Progetto GNDT, sottoprogetto 5.1.3, AA.VV.

D’Ambrosio C., (2007). Variante costruttiva applicata a monumentazioni, del tipo “Short-Drill-Braced”, per stazioni GPS permanenti. Rapporti Tecnici INGV, n. 46, 20 pp.

Gazzetta Ufficiale 69 del 20-7-2002- Suppl. Ordinario n.146. Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze Decreto 8 Luglio 2002 del Ministero delle Comunicazioni.

Gazzetta Ufficiale 273 del 21-11-2008 – Suppl. Ordinario n.255. Nuovo Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze (PNRF).

Margiulli M. L., (2007). Marche-way, Attuazione e prospettive. L'iniziativa Marcheway e la best practices tra i progetti wireless. Ancona.

http://www.rete.marche.it/docs/banda_larga/presentazioni/RegioneMarche_MariaLaura_Maggiulli.pdf.

Rossi M., Pellegrino D., Pulvirenti M. e Mattia M., (2008). Applicazioni di sistemi di comunicazione Wi-Fi al monitoraggio delle deformazioni del suolo: le reti GPS delle isole Eolie. INGV-CT. Rapporti Tecnici, n. 65.

Salvaterra, L., Pintore, S. and Badiali, L., (2008). Rete sismologica basata su stazioni GAIA. Rapporti Tecnici INGV n. 68.

Sensale, G., Sorrentino, D., Zanolin, F., Badiali, L., Caprara, F., Ficeli, P., Mendicino, M., Rossi, M., e Sbarra, M., (2009). Il progetto per la rete dati della sede INGV di Ancona. INGV-SIR. Rapporti Tecnici INGV, n. 112.

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2010 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia