

## Progetto GPS-RTK: una rete GPS per il posizionamento in tempo reale nel Friuli Venezia Giulia

Seconda fase del progetto coordinato dall'Istituto di Oceanografia e Geofisica Sperimentale di Trieste

di David Zuliani, Enrico Priolo, Francesco Palmieri, Paolo Fabris



David Zuliani



Enrico Priolo



Francesco Palmieri



Paolo Fabris

L'ing. David Zuliani, che già ha collaborato con nostra rivista nel 2007, opera come tecnico presso l'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale presso il Centro Ricerche Sismologiche di Udine. Quest'anno ci presenta la seconda fase del progetto finalizzato alla realizzazione di una rete GPS per il posizionamento in tempo reale nel Friuli Venezia Giulia con questa interessantissima relazione sullo stato di avanzamento del progetto. Responsabile scientifico del progetto è il dott. Enrico Priolo e, oltre all'ing. Zuliani, vi hanno collaborato anche il dott. Francesco Palmieri ed il laureando Paolo Fabris. La presentazione dei risultati di questa seconda fase è stata esposta in un convegno presso il Salone del Parlamento del Castello di Udine il 7 ottobre scorso.

Il progetto, di durata triennale, è stato avviato nella seconda metà del 2006. Esso è co-finanziato dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia con contributi assegnati per la realizzazione di progetti di ricerca scientifica e applicata e di iniziative di trasferimento e di diffusione dei risultati della ricerca (art. 11 L.R. 11/2003 e art. 7 del "Regolamento per la con-

cessione di contributi per la realizzazione di progetti di ricerca scientifica e applicata e di iniziative di trasferimento e di diffusione dei risultati della ricerca" emanato con D.PReg. n. 0324/Pres. del 08.10.2004) e successivamente con contributi per la realizzazione di progetti di ricerca scientifica, applicata o industriale di elevato impatto sistemico per il settore produttivo, del welfare e della Pubblica Amministrazione e di diffusione dei risultati della ricerca (previsti dall'articolo 23 della legge regionale 10 novembre 2005, n. 26 (Disciplina generale in materia di innovazione, ricerca scientifica e sviluppo tecnologico).

Il coordinamento del progetto è affidato all'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale - OGS di Trieste, Dipartimento Centro di Ricerche Sismologiche - CRS (con sede a Udine), i partner del progetto sono:

- Università degli Studi di Trieste, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Trieste
- International Centre for Theoretical Physics (ICTP), Trieste;
- Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie e del Rilevamento (DI-IAR), Milano;

- Università di Roma "La Sapienza," Dipartimento di Scienze della Terra, Roma.  
Inoltre ci si avvale della consulenza degli esperti dell'Ohio State University, Columbus (USA).

### **Finalità del progetto**

Il progetto GPS-RTK si prefigge di realizzare un'infrastruttura di stazioni permanenti basata sul sistema GNSS (costellazioni di satelliti GPS e GLONASS e futura costellazione europea GALILEO) e grazie ad essa attivare un servizio per il posizionamento di alta precisione in tempo reale secondo le modalità più diffuse di correzione differenziale quali RTK (Real-Time Kinematic), MRS (Multi Reference Station) e VRS (Virtual Reference Station). Il servizio, di libero accesso, permetterà all'utenza pubblica, privata e scientifica, il posizionamento con precisione centimetrica in ogni luogo della Regione FVG già durante la fase del rilievo. L'altro obiettivo, di alto valore scientifico, che si desidera conseguire in parallelo è la caratterizzazione dei processi tettonici regionali e di alcune aree più critiche dal punto di vista sismico. Esso avrà ricaduta nel medio e lungo termine. L'attività consisterà nel monitoraggio delle deformazioni crostali dell'area regionale, grazie alle osservazioni della rete di stazioni GPS permanenti e di alcune campagne episodiche di misurazione svolte all'uopo.

### **Stato di avanzamento del progetto**

Nei precedenti articoli di "dimensione GEOMETRA" N.11 e N.12 2007 sono stati descritti i risultati prodotti alla fine della prima sessione di lavori (terminata il 3 ottobre 2007) che qui si riassume brevemente:

- è stata aggiornata e completata una rete (denominata FReDNet) composta da 13 stazioni GNSS (GPS+GLONASS) permanenti collocate nel Friuli-Venezia Giulia. Ogni stazione è in grado di operare in maniera continua 24H, ed è completa di sistemi di alimentazione (con batterie di backup) e di sistemi di trasmissione del dato indipendenti;

- è stato abilitato un centro per la raccolta automatica dei dati della rete e per la distribuzione della correzione, per il posizionamento in tempo reale, da singola stazione (RTK standard). In questa modalità l'operatore dispone di una precisione centimetrica e in tempo reale solo se si trova ad operare, con il proprio rover, all'interno di un raggio di 20km dalla stazione permanente più vicina;

- è stato aggiornato il portale web per la distribuzione dei dati GPS e di ulteriore materiale scientifico e didattico;

- è stata eseguita una prima campagna GPS su una rete non permanente per lo studio di dettaglio della deformazione crostale nell'area di Tolmezzo.

- il 3 ottobre 2007, presso Castello di Udine, si è tenuto il convegno dal titolo: "GPS-RTK: una rete GPS per il posizionamento in tempo reale nel Friuli Venezia Giulia" per illustrare i risultati della prima sessione dei lavori.

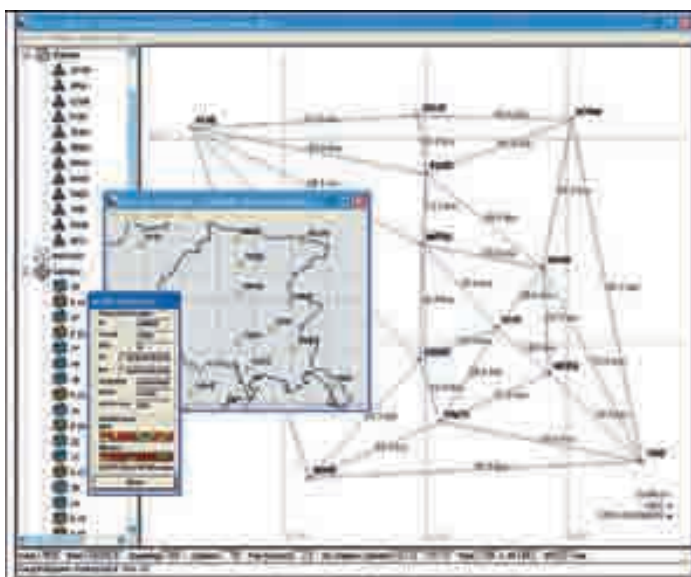
Questo articolo presenta i lavori eseguiti nella parte successiva del progetto, particolare attenzione è stata posta nell'attuare il servizio di correzioni differenziali con soluzione di rete. Questa modalità, che ormai nell'accezione comune si identifica con il termine VRS (Virtual Reference Station), permette agli operatori professionisti di accedere a un servizio in tempo reale in qualsiasi punto del territorio regionale senza limitazione alcuna. Brevemente si riassumono gli obiet-

tivi raggiunti alla fine del 2009:  
 - è stato attivato il server (hardware e software) per il calcolo e la distribuzione delle correzioni differenziali di rete MRS e VRS in tempo reale (vedi Figura 1). Sul server sono disponibili (gratuitamente) i seguenti servizi di rete:

- Servizio di correzioni differenziali (GN-CASTER):  
 o Indirizzo IP: 158.110.30.81  
 o Porta: 2110  
 o Utente: Geo  
 o Passwd: Geo
- Servizio web per la distribuzione dei file RINEX e VIRTUAL RINEX (GNWEB)  
 o Indirizzo IP: 158.110.30.81  
 o Porta: 8080  
 o Utente: Guest

Figura 1:  
 sistema di calcolo  
 e distribuzione del servizio  
 di posizionamento  
 in tempo reale

Tabella 1:  
 lista dei mount point del  
 servizio OGS. Il nome di  
 ogni mount point indica il  
 gestore del servizio (riquadro rosso) e il tipo di servizio (riquadro blu). Se il servizio è da singola stazione sono usate quattro lettere se è una soluzione di rete sono usate tre lettere..



Stazio	Montepoint	Mountpoint	Format	Network	URSS	SMERA	Net Fee	Conversion	
1110	OGS_ACSM	OGS_ACSM	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_AFAL	OGS_AFAL	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_CODB	OGS_CODB	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_FUSE	OGS_FUSE	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_JGAR	OGS_JGAR	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_MESA	OGS_MESA	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_MFRA	OGS_MFRA	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_NOVE	OGS_NOVE	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_AZS	OGS_AZS	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_TRE	OGS_TRE	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_MSI	OGS_MSI	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_ZOUF	OGS_ZOUF	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	N	N	N	DIEMART
1110	OGS_PKP	OGS_PKP	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	V	V	V	DIEMART
1110	OGS_MEA	OGS_MEA	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	V	V	V	DIEMART
1110	OGS_VRS	OGS_VRS	RTCM 11	Francia	SPD-GLD	V	V	V	DIEMART

- o Passwd: Guest
- Servizio web per il monitoraggio real time di rete e servizio (GNTracking)  
 o Indirizzo IP: 158.110.30.81  
 o Porta: 8080  
 o Utente: Geo  
 o Passwd: Geo

Le correzioni differenziali sono distribuite rispetto alle Stazioni Permanenti (SP) della rete FReDNet dell'OGS. Sono disponibili, oltre alle correzioni differenziali, due soluzioni di rete (VRS ed FKP) e il servizio da stazione più vicina (dove il server decide in automatico qual è la stazione più vicina al rover richiedente); in Tabella 1 sono riportati i punti di accesso, detti mount point, del servizio. Tutte le correzioni differenziali OGS sono realizzate rispetto a stazioni permanenti inquadrate nella realizzazione ETRF2000(2008.0) del sistema di riferimento ETRS89;

- sono stati organizzati alcuni incontri con gestori di reti e servizi simili. Sono state stipulate due convenzioni, rispettivamente 1) per l'integrazione del servizio di posizionamento con la Direzione Centrale Pianificazione Territoriale, Energia, Mobilità, e Infrastrutture di Trasporto della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (vedi Figura 2, Figura 3, e Figura 4), e 2) per lo scambio di dati e la georeferenziazione dei siti con l'Istituto Geografico Militare (IGM, vedi Figura 5). E' stata analizzata la situazione relativa ai gestori di reti GPS e fornitori di servizi simili esistenti nelle aree limitrofe al Friuli Venezia Giulia, comprese Austria e Slovenia, e sono stati avviati i primi contatti con rappresentanti di Enti del Veneto, della Provincia Autonoma di Trento, con il fine di avviare future collaborazioni trans-frontaliere. Si ricorda infine che La stazione permanente ZOUF (FReD-Net) è parte della rete europea EUREF

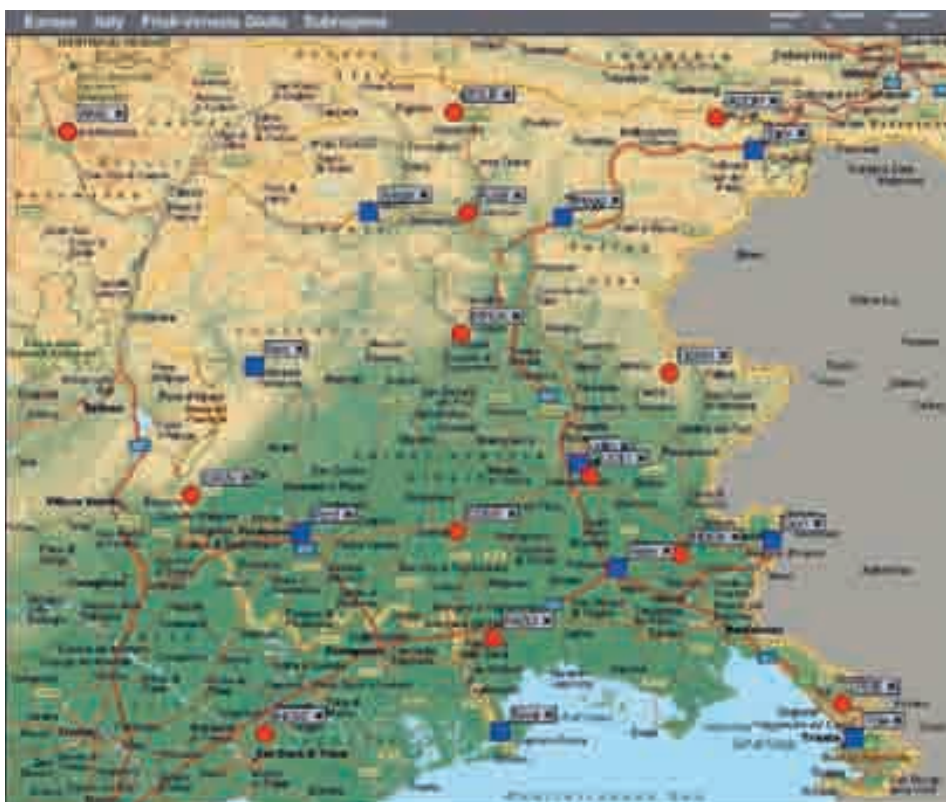


Figura 2:  
reti GPS permanenti di OGS e RAFVG. I quadrati blu indicano la rete GPS RAFVG "A. Marussi" del Servizio Informativo Territoriale della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia. I pallini rossi la rete geodetica FReDNet dell'OGS. Le due reti e i servizi relativi si integrano sul territorio regionale.

Permanent Network (come visibile in Figura 6) già dal 2004.

- L'OGS, in linea con le direttive IGM, ha deciso di inquadrare le coordinate delle stazioni permanenti nella realizzazione più recente, del sistema di riferimento europeo ETRS89, chiamata ETRF2000(2008.0). L'inquadramento è stato calcolato con metodologie e software differenti che hanno fornito risultati congruenti.

- Con la collaborazione dei colleghi americani dell'Università dell'Ohio (OSU), del Politecnico di Milano, dell'Università la Sapienza di Roma e dell'Università degli Studi di Trieste è stato proseguito il lavoro scientifico per la caratterizzazione dei processi deformativi regionali. In questo contesto sono stati conclusi i seguenti lavori:

- esecuzione della seconda campagna di misurazione dei siti appartenenti all'area sismogenica di Tolmezzo-M. Sernio (Area A, vedi Figura 7). I dati co-

si raccolti, assieme a quelli della prima campagna eseguita nel 2006, hanno permesso di dare una prima stima sulle velocità di deformazione crostale (Figura 8), nell'area in questione, con una densità di punti per Km<sup>2</sup> (circa 1 sito ogni 20Km<sup>2</sup>) superiore a quello medio regionale (circa 1 sito GPS permanente ogni 500Km<sup>2</sup>).

- sono stati identificati e monumenta-

Mountpoint	Tipo di soluzione	Formato
RAFGV_AMPE	Singola Base - RTK	RTCM 23
RAFGV_BARC	Singola Base - RTK	RTCM 23
RAFGV_BEVA	Singola Base - RTK	RTCM 23
RAFGV_GORI	Singola Base - RTK	RTCM 23
RAFGV_MOGG	Singola Base - RTK	RTCM 23
RAFGV_PALM	Singola Base - RTK	RTCM 23
RAFGV_PORD	Singola Base - RTK	RTCM 23
RAFGV_TARV	Singola Base - RTK	RTCM 23
RAFGV_TRE	Singola Base - RTK	RTCM 23
RAFGV_UDIN	Singola Base - RTK	RTCM 23

Tabella mountpoint Rete GPS "A. Marussi" distribuiti via Ntrip Caster della Rete FReDNet.

Figura 3: mount point della rete regionale A. Marussi distribuiti dal server OGS, sulla pagina web della Regione FVG esiste una tabella equivalente relativa ai mount point OGS.



### Servizi di posizionamento GNSS integrati sul territorio regionale

L'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS (Dipartimento Centro Ricerche Sismologiche - CRS) e la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia sono presenti sul territorio della regione Friuli Venezia Giulia con due reti di stazioni permanenti GPS: la Rete FReDNet (Friuli Regional Deformation Network) dell'OGS e la Rete "A. Manuzzi" della Regione FVG. I due reti, grazie alle moderne infrastrutture, forniscono due servizi di correzione differenziale per il posizionamento di precisione in tempo reale (RTK) secondo la tecnica regionale.

L'OGS, grazie ai dati forniti dalla rete FReDNet, si propone di svolgere le attività di:

- ricerca scientifica volta a monitorare i processi geodinamici perenni regionali per la caratterizzazione dei processi tettonici regionali e di alcune aree più critiche dal punto di vista sismico. FReDNet deve fornire dati di deformazione nel suolo di elevata qualità e, per questo motivo, i siti permanenti di tale rete soddisfano specifici requisiti di visibilità della costellazione satellitare, d'installazione dell'antenna GPS (generalmente su roccia affiorante) e geologica;

- ricerca applicata per la sperimentazione, lo sviluppo e la distribuzione, sui territori regionali, di servizi di posizionamento in tempo reale basati su tecnologia satellitare GNSS (FReDNet supporta GPS e GLONASS) secondo le modalità più diffuse (RTK, NRTK e VRS) di correzione differenziale.

La Regione FVG ha dato avvio nel 1997 alla costituzione della Rete GPS "A. Manuzzi" al fine di realizzare un'infrastruttura geodetica in grado di fornire supporto tecnologico ad operazioni di rilievo topografico e catastale e utilizzo di sistemi avanzati nella determinazione di elementi geografici da collocare in modo automatico sulla cartografia regionale. La Rete GPS ha rappresentato lo strumento, uno strumento essenziale per tutti i processi regionali e privati che per competenza devono effettuare rilevazioni topografiche ingegneri e sportive (appalti, calcoli, ecc.), socializzare elementi rilevanti per la gestione e la pianificazione del territorio. Il servizio risultava e risulta fondamentale nella realizzazione e nel continuo aggiornamento della Carta Tecnica Regionale Numerica.

Le informazioni relative alla rete, ai servizi e ai progetti è disponibile al sito web: [www.ogs.it](http://www.ogs.it)

La Regione Friuli Venezia Giulia e l'OGS hanno sottoscritto ai sensi della **L.R. 27 dicembre 1991 n. 63**, una convenzione per lo scambio non oneroso di dati di carattere cartografico e territoriale senza scopo di lucro e con fini di interesse pubblico. Tale Convenzione è stata integrata con un Atto Aggiuntivo in cui gli enti si impegnano a:

- collaborare nei tempi e nei modi di cui l'OGS è incaricato, registrati dalle rispettive reti GPS/GNSS permanenti, nel mantenimento della funzionalità delle reti e dei relativi servizi; e nel miglioramento delle infrastrutture strumentali di monitoraggio GPS/GNSS da loro gestite;

- definire ed attuare un protocollo di scambio di dati GPS/GNSS in tempo reale (correzioni differenziali) per la fornitura del servizio di posizionamento di precisione in tempo reale, secondo le modalità RTK e VRS, ad equivalenti, nel territorio della regione Friuli Venezia Giulia;

- collaborare per realizzare e migliorare i servizi di posizionamento già realizzati nell'ambito areale del territorio della regione Friuli Venezia Giulia, secondo le modalità GPS-RTK e VRS, ad equivalenti.

Al fine di realizzare un servizio di posizionamento GNSS, integrato sul territorio regionale, i centri di calcolo della Regione FVG e dell'OGS acquisiscono e distribuiscono su internet, attraverso il protocollo NTRIP, tutte le correzioni differenziali in modalità RTK singola base di entrambe le reti ("A. Manuzzi" e FReDNet). Le soluzioni di rete, quali VRS ed FFP, sono invece generate e distribuite separatamente da ogni centro di calcolo in base ai dati della rete di appartenenza.

In questo modo, si garantisce a chiunque usi un supporto mobile (basato sui servizi di calcolo e di correzioni) ed efficiente (apertura capillare del territorio anche con il servizio da singola stazione).

Figura 4: estratto della pagina web OGS relativa al servizio integrato in collaborazione con la Regione FVG. Una pagina equivalente è presente sul sito web regionale all'indirizzo: <http://www.regione.fvg.it/rafv/territorioambiente/dettaglio.act?dir=rafv/cms/RAFVG/AT9/ARG14/>



Figura 5: la rete RDN include 4 siti della rete FReDNet: ACOM, ZOUF, UD11 e TRIE.



Figura 6: ZOUF il sito GPS di FReDNet è parte della rete europea EPN.

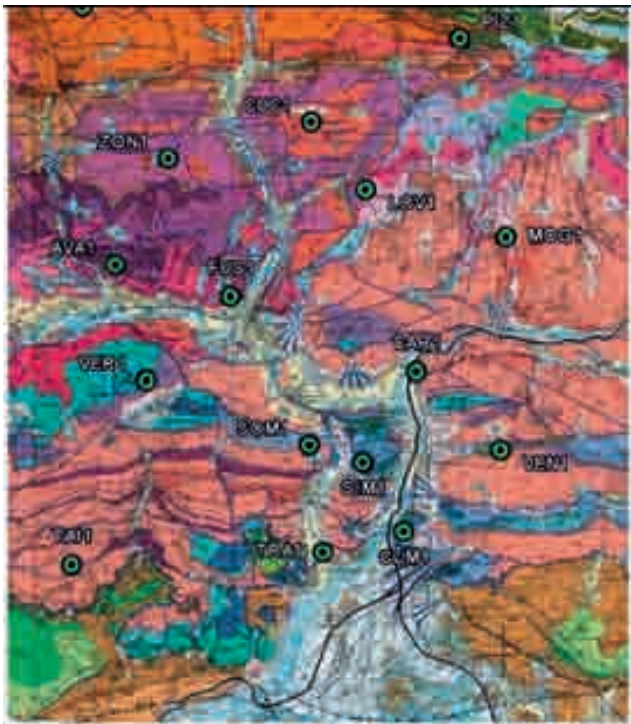


Figura 7:  
la zona di Tolmezzo si presenta geologicamente molto complessa.  
I caposaldi GPS sono stati posti su un'area di grandezza 20x20 km  
(in figura sono visibili solo 15 dei 20 caposaldi installati).

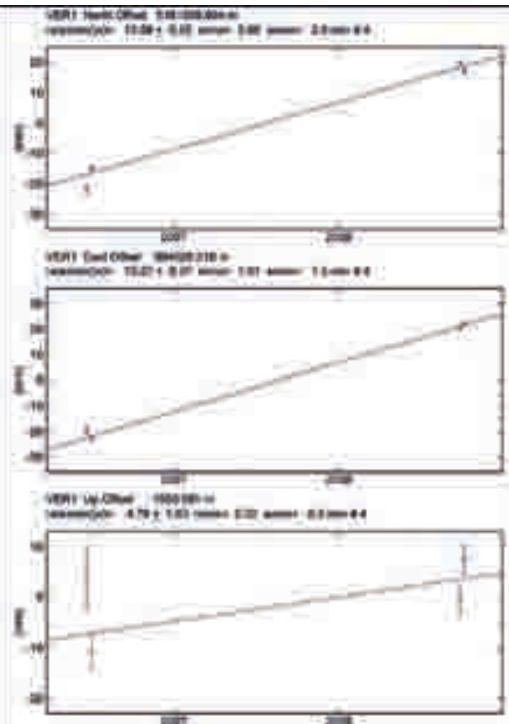


Figura 8:  
serie temporale del sito VER1 (M.te Verzegnis).  
La serie temporale si riferisce alle coordinate  
Nord Est Up relative a 2 acquisizioni dell'anno 2006  
e 2 acquisizioni dell'anno 2008.

ti nuovi siti per campagne periodiche. In particolare nell'Area B, considerata come area di possibile lacuna sismica caratterizzata da elevato potenziale sismogenico, sono stati installati tre nuovi caposaldi. Un ulteriore caposaldo è stato posto nella zona di Val Resia lo scopo è quello di permettere il collegamento delle Aree A e B con l'Area K. La misurazione di quest'ultima area era stata avviata in passato nell'ambito del progetto europeo Alps GPS Quakenet (<http://www.alps-gps.units.it>) - è stato aggiornato il portale web ([www.crs.inogs.it/frednet](http://www.crs.inogs.it/frednet)) per la distribuzione di tutti i dati, i servizi e le informazioni relative alla rete permanente, al servizio di posizionamento in tempo reale, e ai pro-

getti (Figura 11) Infine il giorno 7 ottobre 2009 si è tenuto, presso il Salone del Parlamento del Castello di Udine, il convegno di metà progetto dal titolo "GPS-RTK: un servizio di posizionamento in tempo reale nel Friuli-Venezia Giulia". Durante il convegno sono stati illustrati i risultati raggiunti alla fine di questa fase di progetto e sono state discusse le ricadute scientifiche e tecnologiche dell'intero programma di lavoro. L'interesse dei partecipanti si è focalizzato sull'integrazione delle reti e dei servizi di posizionamento regionali, nazionali ed europei e ha toccato le problematiche relative agli inquadramenti nei sistemi di riferimento, alle modalità di erogazione dei servizi e alle precisioni dei ri-



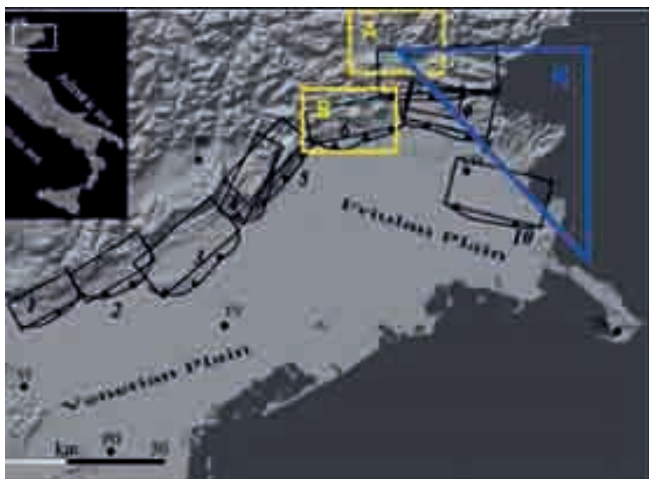


Figura 9: zone interessate dalle reti a carattere locale per campagne di misure periodiche. Si evidenziano l'area A (in giallo) del progetto GPS-RTK e l'area K (in blu) del progetto Alps-GPS Quake Net. Figura modificata da Galadini et al. (2005).

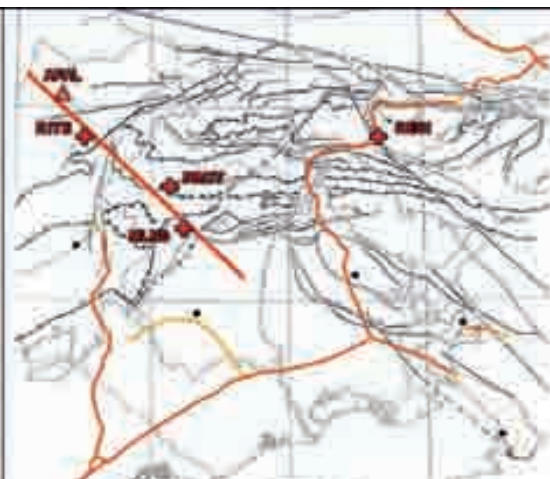


Figura 10: i nuovi caposaldi installati: RESI di collegamento fra la zona di Caporetto e la rete di Tolmezzo; RITE, PRDT, MLNS insieme ad AFAL a formare il segmento Maniago-Ragona-Sequals.



Figura 11: portale web per la distribuzione delle informazioni sui servizi e prodotti GPS.

sultati ottenibili e alla certificazione del dato. Dal punto di vista scientifico sono stati esposti alcuni degli studi sulla deformazione crostale regionale ed è stato spiegato il loro legame con l'accumu-

lo degli sforzi e l'attività sismica sul territorio. Gli atti del convegno sono disponibili al sito web <http://www2.ogs.trieste.it/gps-rtk/>