



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

*Centro Nazionale per la caratterizzazione ambientale
e la protezione della fascia costiera, la climatologia marina
e l'oceanografia operativa
Area Maree e Lagune*

Laguna di Venezia

Trend di subsidenza da analisi dati GPS

Castello, 4665 - 30122 Venezia
Tel: 041 5220555 / 5235895 - Fax: 041 5220521
Segreteria previsione di marea: 041 5202027 / 5202083
e-mail: venezia@isprambiente.it
www.venezia.isprambiente.it

Laguna di Venezia Trend di subsidenza da analisi dati GPS

Premessa

La laguna veneta, la città di Venezia, e praticamente tutto l'arco costiero Alto Adriatico sono caratterizzati da una scarsa elevazione del suolo rispetto al livello marino, con presenza di vaste aree soggiacenti allo stesso, bisognose di difese (argini, dighe, murazzi) e strutture di bonifica (sollevamento rete acque basse); il rischio inondazione-allagamento è alto e ricorrente in occasione degli eventi meteorologici estremi, con elevati costi per il mantenimento delle opere di difesa e per danni alle strutture ed attività delle popolazioni residenti (es. Acque alte a Venezia e centri minori lagunari), destinato a ripetersi con sempre maggiore frequenza per la somma degli effetti di eustatismo (cambiamenti climatici in corso) e subsidenza.

La conformazione prevalente dei suoli e sottosuoli, per profondità che possono raggiungere e superare il migliaio di metri, è tale da comportare cedimenti di quota per compattazione di strati sia superficiali che profondi, sia per cause naturali che antropogeniche (es. estrazione gas e acqua); si parla di **subsidenza**, sia naturale che indotta.

Le variazioni climatiche in corso a livello globale stanno inoltre producendo, tra gli altri effetti, un progressivo e continuo innalzamento del livello marino, l'**eustatismo**.

Le tendenze di subsidenza ed eustatismo che affliggono e coinvolgono in maniera diversa tutte le terre emerse sono particolarmente importanti nelle aree costiere caratterizzate da equilibri delicati tra terra e mare, aree soggiacenti al livello marino, ad alta subsidenza, o comunque a scarsa elevazione, alta densità di popolazione residente ed elevata urbanizzazione o densità di insediamenti produttivi, come il delta del Po e la città di Venezia con tutta la sua laguna; la sempre maggiore frequenza degli eventi di allagamento è strettamente legata alla sommatoria degli effetti locali di subsidenza ed eustatismo.

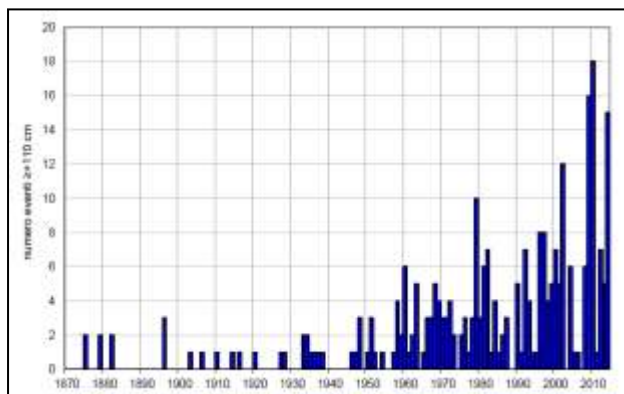


Fig. 1 -Distribuzione annuale delle maree $\geq +110$ cm registrate a Venezia dal 1872 al 2015. E' evidente l'aumento col passare del tempo della frequenza dei casi di Acqua Alta causato dalla somma degli effetti indotti da subsidenza (abbassamento del suolo) ed eustatismo (innalzamento del livello marino).

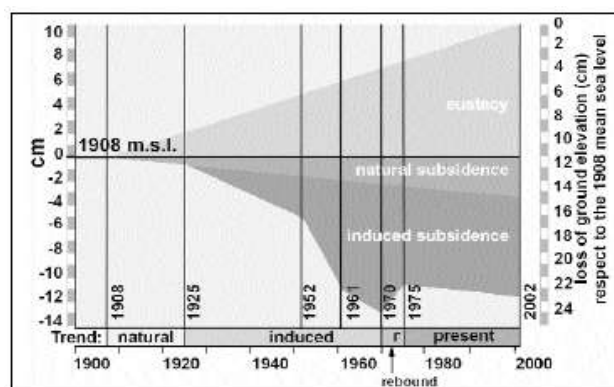


Fig. 2 - Rappresentazione storica dei fattori responsabili della perdita altimetrica del veneziano (da Carbognin et al., 2005 aggiornata da Gatto P. & Carbognin L., 1981).

E' noto che sia subsidenza che eustatismo sono entrambi espressione di caratteristiche locali e variano da luogo a luogo, sia in funzione delle differenze costitutive del sottosuolo, ma anche in funzione della conformazione dei fondali, della forma della costa, della ubicazione geografica (latitudine e longitudine), delle caratteristiche fisiche e geografiche del bacino.

Da sempre è nota l'importanza della misura degli effetti e delle caratteristiche dei fenomeni per poter comprendere i meccanismi e poter affrontare le criticità locali mediante la migliore proposta di interventi di difesa, adattamento e di mitigazione; nel caso specifico dei delicati rapporti intercorrenti tra terra e mare, i rilievi topografici di precisione e la misura delle variazioni del livello marino procedono da oltre un secolo con continuità; quello che misuriamo è l'effetto congiunto delle due componenti, ed è importante riuscire a separare i diversi contributi di eustatismo e subsidenza.

Il livello marino viene normalmente misurato rispetto ad un punto fisso sulla costa; il problema è costituito dal fatto che tale punto di riferimento però non è fisso ed immutabile nel tempo, ma si muove anch'esso, in modo tale che quando si misura una variazione del livello idrico (l.m.m.) rispetto al punto a terra (caposaldo di riferimento del mareografo) si può essere erroneamente portati ad attribuire tale variazione esclusivamente all'innalzamento del mare, mentre potrebbe essere possibile invece che il livello del mare non sia mutato in realtà, ma che sia il punto di riferimento a terra che si è abbassato o innalzato.

In passato, l'unica tecnica a disposizione per rilevare spostamenti verticali del terreno era costituita dal rilievo topografico, mediante esecuzione di livellazioni di precisione. Con lo sviluppo delle tecniche di rilievo satellitare si sono rese poi disponibili dapprima le tecniche GPS (Global Position System), e successivamente le rilevazioni radar-satellitari (SAR, DInSAR, IPTA). Ognuno dei tre metodi (livellazione, GPS, Interferometria) ha pregi e difetti, ma solo l'uso congiunto di tutte e tre le tecniche, l'una a supporto dell'altra, può condurre ai migliori risultati, senza mai poter comunque rinunciare completamente alla secolare pratica del rilievo mareografico tradizionale per l'analisi delle relazioni terra-mare.

Senza nulla togliere alla importanza e dignità delle altre tecniche di rilievo, il presente rapporto verte sullo sviluppo di recenti e non divulgate applicazioni CGPS (Continuous Global Position System) in ambito Veneziano, lagunare e costiero Alto Adriatico per un aggiornato contributo alla stima della subsidenza in riferimento geocentrico.

Reti GPS locali

Intorno ai primi anni 2000 c'è stato un grande sviluppo di stazioni GPS in configurazione permanente e sono nate le prime reti, per lo più regionali o di competenza di Enti ed Istituti pubblici (Es. FReDNet , Friuli Regional Deformation Network, 2002 – Rete GNSS “Antonio Marussi” della Regione Friuli Venezia Giulia -), sempre più interconnesse tra loro e collegate a reti di livello nazionale (Es. RDN, Rete Dinamica Nazionale Italiana), continentale (Es. EUREF/EPN, European Permanent Network) e mondiale (IGS, International GNSS System); in alcuni casi purtroppo si è manifestato quello che è poi apparso il difetto più diffuso, e cioè la mancanza di manutenzione e la conseguente discontinuità nel tempo del funzionamento di tante stazioni, o , anche peggio, la mancata divulgazione dei dati.

Così è accaduto in passato per ISPRA-Area Maree e Lagune (ex Servizio Laguna di Venezia), che localmente, ai fini della verifica e controllo della stabilità dei propri capisaldi di riferimento mareografici, aveva avviato nel 2009 l'istituzione di una propria rete GPS, inizialmente costituita da tre stazioni GPS permanenti co-localizzate presso altrettante importanti cabine mareografiche:

1 -Punta della Salute, in centro storico, presso la cabina fondamentale di tutta la rete mareografica, sito di monumentazione dello ZMPS (lo zero di riferimento altimetrico di Venezia e di tutta la laguna);

2 – Lido Diga Sud, posta all'ingresso della principale bocca lagunare;

3 – Grado, in corrispondenza della principale stazione mareografica della rete mareografica ISPRA afferente alla laguna di Grado-Marano (Friuli Venezia Giulia), utilizzata per la predisposizione e divulgazione delle previsioni modellistiche locali di marea.

A seguito di un iniziale periodo durante il quale il controllo e l'elaborazione dei dati satellitari GPS era stato onerosamente delegato ad un istituto universitario nazionale, i dati ricevuti sono rimasti poi inutilizzati, non

elaborati e nemmeno resi disponibili mediante pubblicazione sul web all'eventuale utenza pubblica e privata interessata, o alla stessa comunità scientifica.

Solo recentemente, nel 2015, si è proceduto alla divulgazione pubblica dei dati (file Rinex 10sec-orari e 24h-30sec) tramite inserimento delle stazioni di Punta della Salute e di Grado nella rete regionale GPS del Veneto (<http://147.162.229.63/Web/index.php>), con contemporanea attivazione del servizio di rilievo RTK, e gestione e manutenzione del sito a cura del Centro Studi Attività Spaziali "Giuseppe Colombo" dell'Università di Padova (CISAS); le stazioni sono state registrate presso l'International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) per l'attribuzione univoca del Dome Number internazionale con i nominativi PSAL e GRDO, ne sono stati prodotti e diffusi i "site_log file.txt" (allegati in Appendice – 2), dei quali ovviamente è previsto il continuo aggiornamento in caso di variazioni relative a strumentazione e/o installazione.

In analogia a quanto successo per ISPRA, anche il Centro di Previsione e Segnalazione Maree (CPSM), altro importante Istituto locale, emanazione del Comune di Venezia per la previsione e gestione delle emergenze cittadine relative agli episodi di acqua-alta, dopo l'istituzione della propria rete, denominata GPS2000 e costituita da sei stazioni GPS permanenti, ha registrato ed archiviato i dati satellitari; di tali dati, non risulta sia stata prodotta alcuna elaborazione.

Entrambe le reti locali, quella di ISPRA e quella del CPSM, hanno continuato a registrare dati geodetici dal 2009 ad oggi con relativa continuità, anche se con efficienza decrescente nel tempo, venendo a costituire un prezioso archivio di potenziali informazioni geodetiche con buona copertura dell'intera laguna di Venezia.

L'intervallo temporale coperto dai dati registrati presso i due archivi ha ormai assunto dimensioni tali da poter fornire un significativo contributo alla definizione precisa dei trend di subsidenza dell'area lagunare e del centro storico di Venezia, costituendo contemporaneamente un prezioso strumento per le operazioni di taratura delle più recenti tecniche radar-satellitari. Come noto infatti, le organizzazioni internazionali riconosciute raccomandano, al fine di definire eventuali trend di spostamento, l'utilizzo di serie temporali ininterrotte a copertura di un periodo pari ad almeno 3 anni.

Il presente rapporto descrive le risultanze delle prime analisi dei dati relativi all'insieme delle stazioni permanenti interne e perimetrali al bacino lagunare afferenti alle due reti locali, di ISPRA e CPSM, mettendole poi in relazione ad altre stazioni dislocate lungo l'arco costiero Alto Adriatico, riferenziando i risultati (Reference Frame) al sistema geocentrico globale IGS08 tramite l'interconnessione della stessa con la rete Europea EUREF e la rete nazionale italiana RDN.

Elenco delle stazioni permanenti GPS delle reti locali ISPRA e CPSM considerate:

- PSAL (Punta Salute) - Rete ISPRA
- GRAD (Grado) - Rete ISPRA
- LIDO (Lido, Venezia) - Rete ISPRA
- PSA2 (Punta Salute) - Rete CPSM
- PCAV (Venezia centro) - Rete CPSM
- TREP (Treporti) - Rete CPSM
- PELL (Pellestrina) - Rete CPSM
- VAAV (Valle Averte) - Rete CPSM
- PORT (Portegrandi) - Rete CPSM

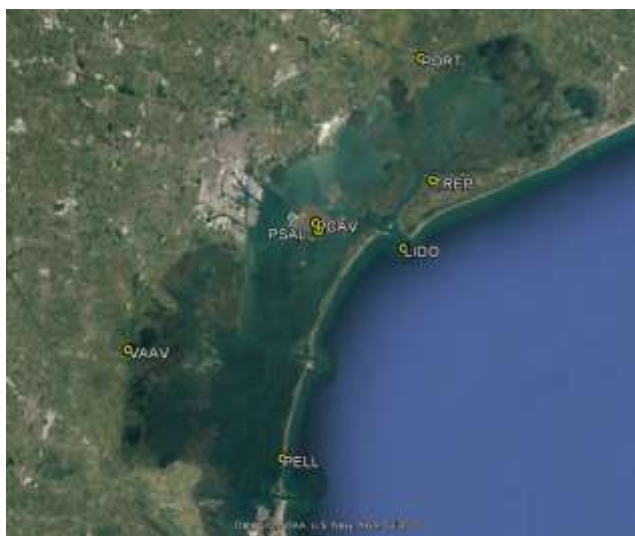


Fig.3 – Ubicazione delle stazioni GPS

Dati disponibili

Dagli archivi ISPRA e CPSM sono stati acquisiti i file Rinex V2.10 giornalieri a 30 sec., compressi Hatanaka delle nove stazioni interessate, che presentano in generale una continuità temporale dal 2010 sufficiente alla ricostruzione delle singole serie per quasi tutte le stazioni; dai siti ufficiali di FReDNet (<ftp://www.crs.inogs.it/pub/gps/>) ed EUREF (http://epncb.oma.be/_networkdata/stationlist.php) sono stati inoltre scaricati via ftp gli equivalenti file delle stazioni TRIE (Trieste), VEN1 (Venezia, Riva degli Schiavoni) e GARI (Porto Garibaldi).

Nelle tabelle in Appendice - 1 sono riportati per singolo anno i dati presenti e quelli mancanti di ogni stazione considerata. Dal confronto delle tabelle relative alle diverse annualità emerge con evidenza la necessità della gestione di ogni rete, per quanto piccola possa essere, di un controllo e prima elaborazione almeno a cadenza settimanale, ciò per individuare con la necessaria tempestività eventuali malfunzionamenti che possano coinvolgere i singoli ricevitori/antenne (nuovi ostacoli alla ricezione, quali crescita arborea, formicai, guano da volatili, ...), interruzioni delle connessioni (trasmissione dati via ADSL possono richiedere anche solo lo spegnimento e riavvio del modem locale), ecc. ; non è infrequente che per un mancato intervento locale di pochi minuti si possano perdere mesi interi di dati.

Post-processing dei dati

Per il processamento dei dati si è fatto ricorso al software Gamit (acronimo di Gps At MIT), sviluppato e mantenuto dal Massachusetts Institute of Technology (MIT), distribuito con licenza Open-Source a seguito di accreditamento e registrazione. Il software, che gira in ambiente UNIX, può utilizzare mediante procedure automatizzate i dati rinex 24h-30sec di grandi reti di stazioni GPS, combinandoli con i parametri di orientazione terrestre, le orbite satellitari, i parametri di attrazione luni-solare e i modelli iono-troposferici per ottenere le soluzioni giornaliere ("quasi-osservazioni a vincoli blandi", loose constraint solutions), cioè le coordinate geocentriche X, Y e Z delle stazioni, sulla base di un reticolo non referenziato di "base-lines" (linee che congiungono i diversi punti, o "basi"); solo in un secondo momento, mediante l'uso del pacchetto software Globk, avviene la compensazione ed il riferimento del reticolo di base-lines ad una "reference frame", una rete fiduciale di riferimento a livello globale o regionale mediante appoggio (compensazione e stabilizzazione) a stazioni di riferimento certificate dagli organismi internazionali (IGS). Rif.Bib. [6] e [7].

Il pacchetto software Globk (acronimo di GLOBAL Kalman filter), sviluppato anch'esso presso il MIT-Department of Atmospheric Sciences per ambiente UNIX, accetta in input le "quasi-osservazioni" delle stazioni di una rete e le combina con quelle provenienti da altri Centri di Analisi certificati per l'individuazione ed eliminazione degli outlier, per l'individuazione e correzione degli offset, per il calcolo preciso delle coordinate (riferite alla Reference Frame di interesse), delle serie temporali e della stima delle velocità nelle diverse componenti Nord, Est ed Up.

Per il presente post-processing in particolare si è fatto uso dei software Gamit ver. 10.6 e Globk ver. 5.19, utilizzando per la reference frame le seguenti stazioni IGS/EUREF: GRAZ (Graz, Austria), MEDI (Bologna, Italia), PADO (Padova, Italia), WTZR (Bad Koetzing, Germania) e ZIMM (Zimmerwald, Svizzera), scaricando i files via ftp dal sito SOPAC (<ftp://garner.ucsd.edu/>).

Le stazioni prese in considerazione sono le seguenti 12 (tra parentesi la fonte dei files Rinex) :

- VEN1 e GARI (EUREF - http://epncb.oma.be/_networkdata/stationlist.php)
- TRIE (Rete FredNet - <ftp://www.crs.inogs.it/pub/gps/>)
- PSAL , GRAD , LIDO (Rete ISPRA – scaricabile da <http://147.162.229.63/Web/index.php>)
- PCAV , PSA2 , TREP , VAAV , PORT , PELL (Dati direttamente forniti da CPSM)

Le attrezzature (antenne, ricevitore, Dome number) installate presso le diverse stazioni considerate sono le seguenti :

PSA2 = TRIMBLE TRM29659.00 CHOKE RING – IERS Dome Number : NONE
 PCAV = TRIMBLE TRM29659.00 CHOKE RING – IERS Dome Number : NONE
 TREP = LEICA PILLAR AX1202 GG – IERS Dome Number : NONE
 VAAV = LEICA PILLAR AX1202 GG – IERS Dome Number : NONE
 PORT = LEICA PILLAR AX1202 GG – IERS Dome Number : NONE
 PELL = LEICA PILLAR AX1202 GG – IERS Dome Number : NONE
 PSAL = ant.: LEIAT504 NONE – Rec.: LEICA GRX1200PRO – IERS Dome Number : 19513M002
 GRAD = ant.: LEIAT504 LEIS – Rec.: LEICA GRX1200PRO – IERS Dome Number : 18803M001
 LIDO = ant.: LEIAT504 LEIS – Rec.: LEICA GRX1200PRO - IERS Dome Number : NONE
 TRIE = ant.: ASH701945E_M – Rec.: TOPCON GB-1000 - IERS Dome Number : 12718M003
 VEN1 = ant.: LEIAT504GG NONE – Rec.: LEICA GRX1200GGPRO – IERS Dome Number : 19513M001
 GARI = ant.: TPSCR.G3 TPSH - Rec.: TPS NETG3 – IERS Dome Number : 19517M001

Il periodo indagato inizia dal mese di giugno 2010 e termina il 31 dicembre 2015, per una durata complessiva di 5,5 anni (reference variations intercorse : IGS08 + igs08.atx dal 17 aprile 2011 – week 1632 ed aggiornamento IGB08 in uso dal 7 ottobre 2012 – week 1709). Rif.Bib. [1], [2] e [8].

Qualità dei dati

A seguito del primo processamento, anno per anno, mediante applicazione del pacchetto software Gamit, le soluzioni giornaliere sono state combinate una prima volta per la visualizzazione della serie annuale, con creazione per ogni giorno del periodo considerato di grafici e di log-file utili all'individuazione ed alla correzione di outlier (spike, valori completamente fuori del normale range di variazione dei dati) e offset (evidenti discontinuità della serie dei dati, dovute normalmente a modifiche della strumentazione, variazioni dei quadri di riferimento, terremoti, ...); la correzione di questi è stata condotta mediante l'uso del rename.cmd in earthquake_file e/o eliminazione degli h-file giornalieri dal gdl-file di analisi successiva (compensazione e referenziazione) mediante l'uso del pacchetto software Globk.

Nel complesso i dati registrati nel periodo in esame possono essere considerati di buona qualità, fatta eccezione per PORT (Portegrandi), il cui segnale fin dai primi mesi di funzionamento è stato caratterizzato dall'insorgere di un disturbo della ricezione tale da comprometterne completamente l'uso.

Viene a seguito riprodotta una sintesi del funzionamento per ogni singola stazione relativamente al periodo considerato (6/2010 – 12/2015).

- PCAV = Palazzo Cavalli (rete GPS2000 – CPSM)

La stazione, attrezzata con ricevitore ed antenna Trimble ha funzionato dal 2010 al 2015 con continuità, salvo un breve intervallo di non più di 15 giorni nell'estate del 2010, ed un più lungo intervallo di quasi 4 mesi tra il giugno e l'ottobre 2015, durante il quale la stazione probabilmente ha funzionato registrando localmente i dati, i quali però non sono pervenuti in centrale ricevente (Sede ICPSM) per un probabile crash del centro di ricezione o comunque per un malfunzionamento che ha impedito al software di ricezione di archiviare i dati per l'intero sotto-periodo.

- TREP = Treporti (rete GPS2000 – CPSM)

Stazione attrezzata con apparati Leica, fin dall'inizio ha fatto registrare un buon funzionamento, continuo e con segnale di buona qualità. Purtroppo, l'acquisizione dei segnali satellitari si è interrotta in data 27 luglio 2014 per mancanza di un upgrade necessario al software di bordo con aggiornamento del ME (Measurement Engine, serie 3-3823).

- VAAV = Valle Averso (rete GPS2000 – CPSM)

Dall'estate 2011, dopo un periodo alquanto discontinuo, il ricevitore, marca Leica, ha cominciato a funzionare con continuità registrando segnali di buona qualità fino alla primavera-estate del 2014; come per la stazione di Treporti, il problema della necessità di upgrade del motore di misura Leica coinvolge molto probabilmente anche Valle Averso.

– **PSA2 = Punta della Salute (lato Canal Grande, rete GPS2000 – CPSM)**

Come per la stazione di PCAV, anche questa è attrezzata con tecnologia Trimble, ed ha funzionato, sebbene con più o meno lunghi periodi di mancanza dati, per tutto il periodo esaminato, risultando attiva in ricezione anche attualmente. In realtà, l'analisi ed elaborazione dei dati ha messo in evidenza che il segnale ricevuto è buono solo fino all'inizio del mese di giugno 2013; successivamente, pur registrando anche attualmente (giugno 2016) la ricezione di dati satellitari, il segnale risulta di pessima qualità, inutilizzabile per qualsiasi elaborazione a partire dal "doy" (Day Of Year) n. 161: dall'analisi del report autcln_post.sum risulta indicato "poor apriori coord." o "poor receiver performance".

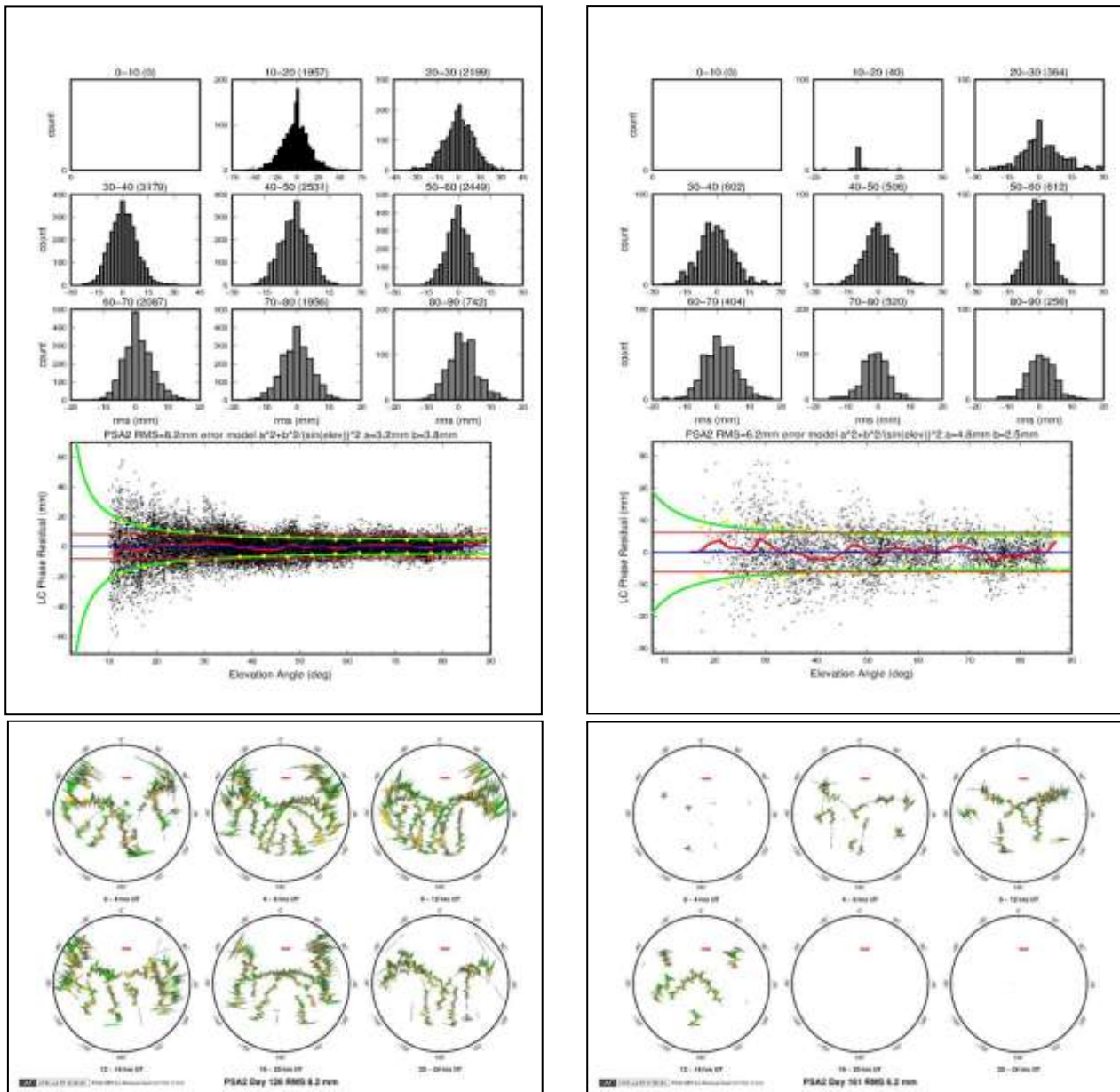


Fig. 4 – Esempi dei grafici giornalieri del segnale relativi alla stazione PSA2 nei giorni precedenti il progressivo insorgere del disturbo (a destra) e nei giorni successivi (a sinistra).

Cause più probabili del malfunzionamento possono essere ricercate in infiltrazioni d'acqua/umidità o nel deterioramento del cavo di connessione tra antenna e ricevitore. In fig. 4 si riporta il confronto tra il segnale antecedente (a sinistra) e quello successivo all'instaurarsi del disturbo/malfunzionamento (a destra).

– **PELL = Pellestrina (rete GPS2000 – CPSM)**

Dopo un buon periodo dal 2010 fino all'estate 2012, la stazione ha smesso la registrazione dei segnali; a parte un breve periodo nell'estate del 2013, la stazione non ha più funzionato. La serie storica di dati risulta troppo breve per ricavare una significativa tendenza (scarsa attendibilità del valore di trend comunque calcolato nel periodo indagato).

– **PORT = Portograndi (rete GPS2000 – CPSM)**

Il segnale è risultato buono nei primi mesi del 2010, fino al mese di giugno; quindi, gradualmente ma progressivamente il segnale è peggiorato nella qualità fino a diventare assolutamente inutilizzabile nel corso del mese successivo per probabile intervenuto disturbo locale (multipath); si allega a seguito l'immagine relativa alla elaborazione del segnale ricevuto nel periodo dal 2010 al 2011; è evidente l'insorgere di un problema (disturbo del segnale rilevato dagli skyplot proveniente dalla direzione NW – NNW) allora non individuato, né mai successivamente rimosso.

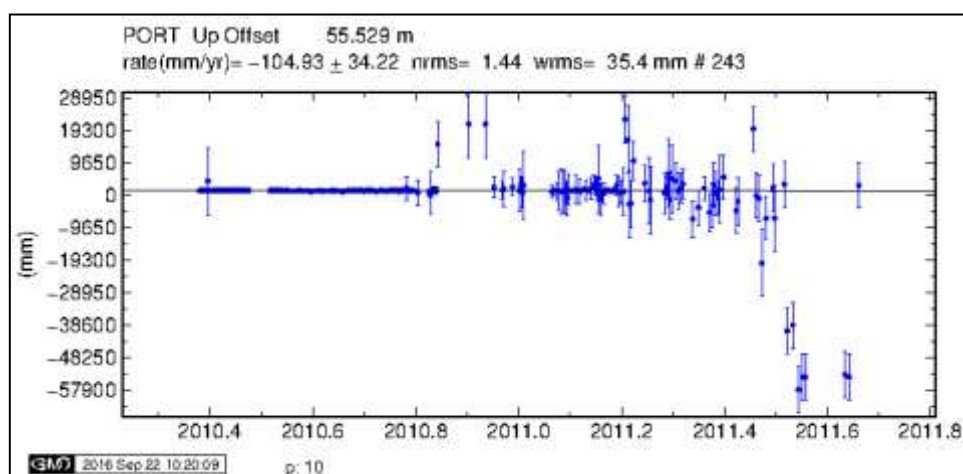


Fig. 5 – Serie temporale 2010-2011 della stazione PORT

– **PSAL = Punta della Salute (lato Canale della Giudecca, rete ISPRA)**

Buono il segnale praticamente per tutto il periodo considerato (5,5 anni); le discontinuità di ricezione e qualche disturbo al segnale sono limitate al periodo iniziale del 2010 per la presenza nelle vicinanze dell'antenna di strutture metalliche (ponteggi e gru per lavori di restauro edile dell'edificio su cui è installata l'antenna GPS).

– **GRAD = Grado (rete ISPRA)**

Segnale buono e non disturbato per tutto il periodo indagato, con una unica interruzione della durata di circa 2 mesi tra fine agosto e fine ottobre del 2013.

– **LIDO = Lido Diga Sud (rete ISPRA)**

Stazione attrezzata con apparati Leica, fin dall'inizio ha fatto registrare un buon funzionamento, continuo e con segnale di buona qualità. Purtroppo, l'acquisizione dei segnali satellitari si è interrotta in data 27 luglio 2014 per mancanza di un upgrade necessario al software di bordo con aggiornamento del ME (Measurement Engine, serie 3-3823). Un maldestro tentativo di ripristino/aggiornamento del software di bordo da parte di personale non particolarmente esperto ne ha poi impedito il successivo ripristino.

– **TRIE = Trieste**

File rinex scaricati in ftp da Frednet, rete gestita da OGS-CRS (UD). Tra i Prodotti del sito sono accessibili le velocità N,E,U calcolate per l'intero periodo di funzionamento della stazione. Buona la continuità di funzionamento e completo il file-log con le informazioni utili alla rimozione/correzione degli offset.

– VEN1 = Venezia (Riva degli Schiavoni)

File rinex scaricati via ftp da sito EUREF; accessibile e documentato il file-log con le informazioni utili alla rimozione/correzione degli offset, buono il funzionamento per tutto il periodo interessato.

– GARI = Porto Garibaldi

File rinex scaricati via ftp da sito EUREF; accessibile e documentato il file-log con le informazioni utili alla rimozione/correzione degli offset, buono il funzionamento per tutto il periodo interessato.

Risultati del processamento dati (post-processing)

Per ogni stazione esaminata si riportano i dettagli delle tendenze nelle tre componenti Nord, Est e Up separatamente tabulate (Tabb. 1, 2 e 3) alla pagina seguente.

Ad eccezione dei valori relativi alle stazioni di PORT (Portegrandi) e di PELL (Pellestrina), che come già detto non presentano le condizioni sufficienti per una attendibile stima delle tendenze, per tutte le rimanenti stazioni della rete GPS2000 la tendenza della componente Nord (Tab. 1) è compresa tra il valore minimo di 16.01 mm/yr (VEN1) e 18.05 mm/yr (PSA2), mentre la componente Est (Tab. 2) risulta compresa tra 19.63 (TREP) e 22,27 mm/yr (PSA2); questi valori rientrano nel campo di variazione tipico dell'area geografica che si identifica nel margine di subduzione della placca crostale Nord Adriatica rispetto a quelle Appenninica ed Alpina.

Per quanto riguarda la componente verticale, l'analisi del periodo 2010-2015 consente di individuare un'area caratterizzata da più elevati valori di subsidenza (da 3 fino a 4,5 mm/yr), relativi per lo più a stazioni poste lungo costa o comunque verso il margine esterno a mare della laguna, ed un'area caratterizzata da minori e più omogenei valori di abbassamento (compresi tra -1 e -1.5 mm/yr) che coinvolge le stazioni del centro storico e del margine lagunare verso la terraferma.

Analizzando più in dettaglio i valori relativi alla componente verticale dello spostamento (Tab. 3), si può segnalare quanto segue:

- I valori delle 4 stazioni ubicate in centro storico di Venezia (PCAV, PSAL, PSA2 e VEN1) oscillano tutti tra -1.33 e -1.56 mm/yr, con valore medio prossimo a -1.4 mm/yr. Nel segnalare che gli strumenti sono gestiti da 3 diversi Enti (CPSM, CNR-ISMAR e ISPRA) e sono di diversa marca (LEICA e Trimble), si ritiene che l'omogeneità dei risultati possa consentire di affermare che il "centro storico" è sostanzialmente ben rappresentato dalle quattro stazioni CGPS e che lo stesso sia attualmente caratterizzato da un moto di subsidenza la cui velocità media riferita al periodo 2010-2015 può essere stimata pari a -1.4 mm/yr.
- La stazione LIDO è posta al margine estremo verso mare della diga sud della bocca di Lido, che si protende dal litorale sabbioso di Lido per oltre 3.5 km verso mare, lungo una struttura in calcestruzzo armato lateralmente protetta da pietrame a grande pezzatura realizzata intorno alla fine del XIX secolo, ma anche di recente rinforzata con ingenti e pesanti riporti (fine anni '90); il molo è tutt'ora soggetto ad un sensibile processo di costipazione degli strati superficiali di fondazione. Secondo i valori derivati dal presente studio, tale movimento procederebbe in corrispondenza alla stazione CGPS (testata a mare del molo) ad una velocità attualmente pari a circa -3.1 mm/yr.
- Presso la stazione di Treporti (TREP), posta in area a forte tasso di subsidenza in buona parte addebitabile ai cospicui emungimenti irrigui ancora oggi esercitati nella zona, la velocità della componente verticale sarebbe pari a circa -4.69 mm/yr, valore in linea con quanto affermato recentemente da diversi autori (Rif.Bib. [3], [10], [11], [12], [16]).
- Per le stazioni esterne alle reti locali ISPRA e CPSM, mentre si registra una sostanziale conformità del dato calcolato rispetto ai valori noti in letteratura per le stazioni di Porto Garibaldi (GARI) e

Venezia (VEN1), per quella di Trieste (TRIE) il valore calcolato (-1.12 mm/yr) risulta essere piuttosto elevato rispetto a quanto normalmente attribuito all'area, storicamente considerata stabile, almeno per quanto relativo alle considerazioni in merito alla mareografia; l'area Triestina è tettonicamente molto complicata, e la singola antenna GPS della stazione TRIE, posta a circa 350 m di quota e ad una distanza dal mare di circa 5 km, non può certamente essere considerata rappresentativa di un moto verticale generale dell'area.

NomeStaz		Slope-N	sig	wrms	nrms	dur	mean
		mm/yr	mm/yr	mm	---	yrs	yrs
TRIE_GPS-	N	17,68	0,06	1,8	0,40	5,59	2012,98
GRAD_GPS-	N	17,72	0,06	2,0	0,50	5,59	2013,05
TREP_GPS-	N	17,29	0,08	2,5	0,67	4,19	2012,52
VEN1_GPS-	N	16,01	0,05	1,6	0,43	5,59	2013,10
PSA2_GPS-	N	18,05	0,16	2,7	0,63	2,94	2011,87
PCAV_GPS-	N	17,30	0,07	2,0	0,42	5,59	2012,98
GARI_GPS-	N	16,71	0,10	2,9	0,41	5,59	2013,11
VAAV_GPS-	N	17,15	0,14	1,7	0,42	4,13	2012,84
PSAL_GPS-	N	16,73	0,06	1,8	0,47	5,47	2013,26
LIDO_GPS-	N	16,44	0,12	1,8	0,39	3,84	2012,73

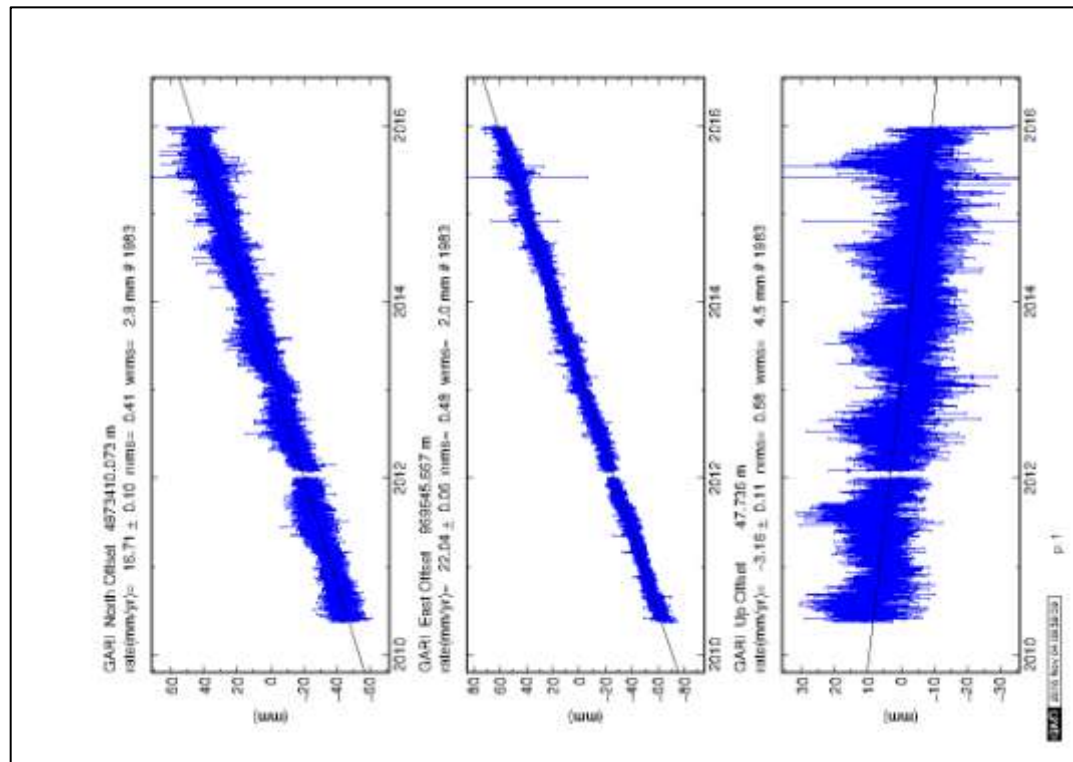
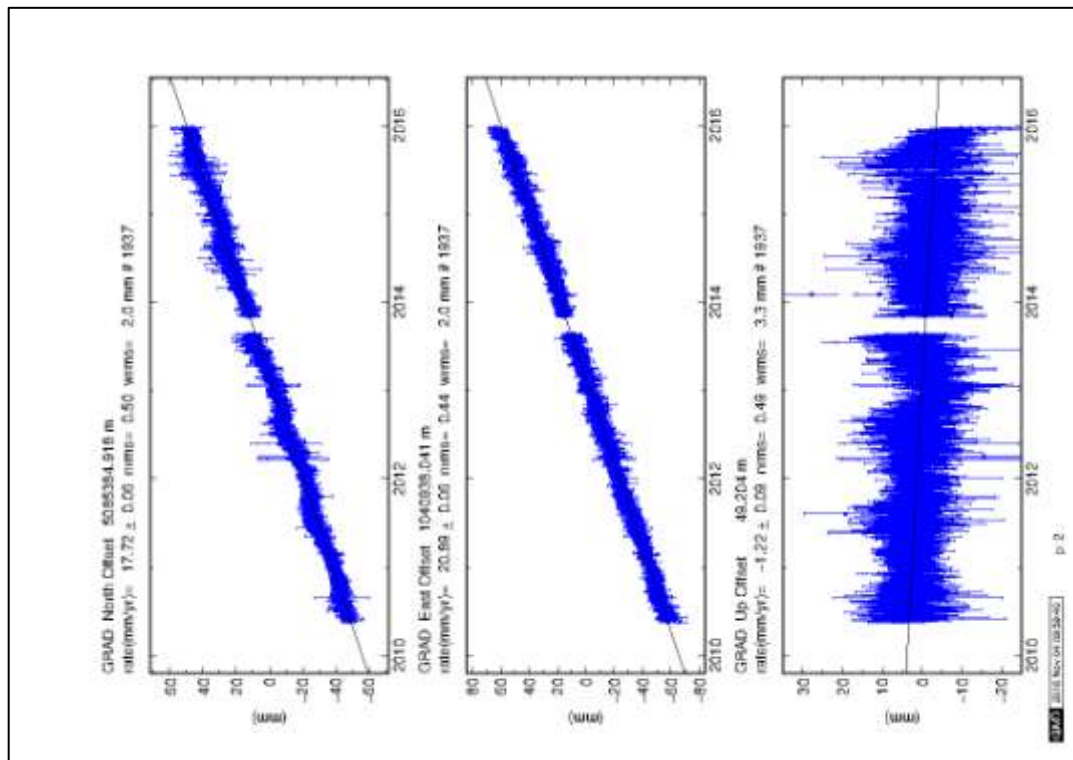
Tab. 1 - Componente N della velocità media di spostamento e periodo di riferimento.

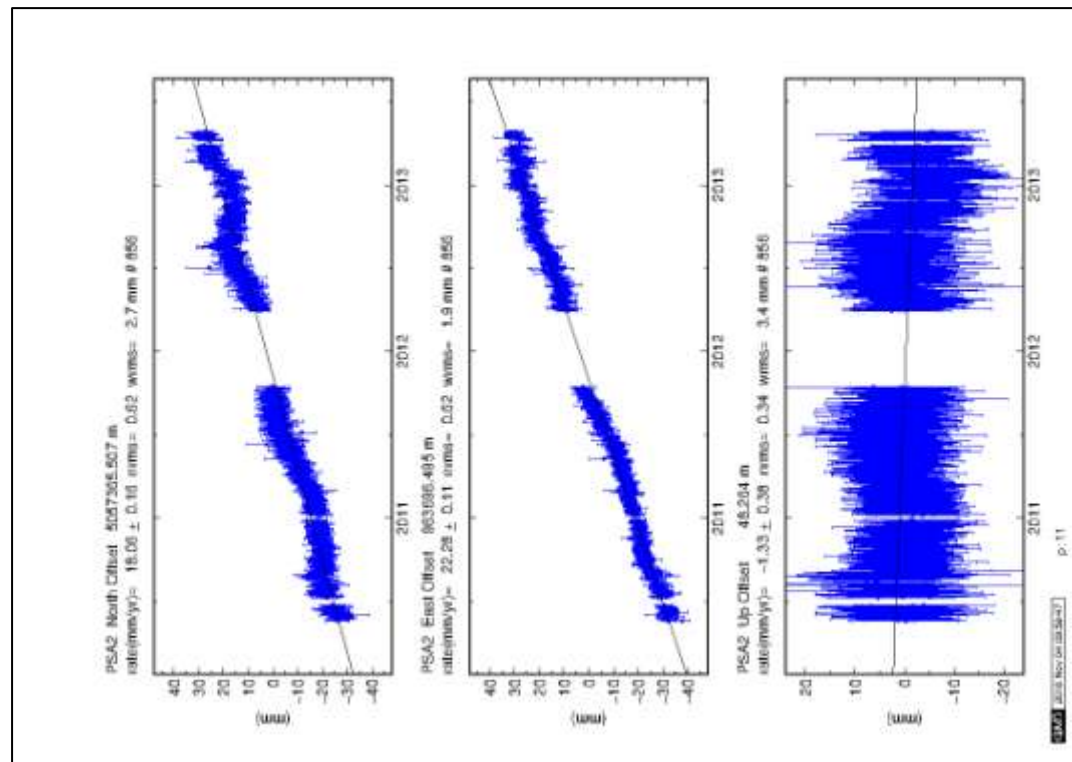
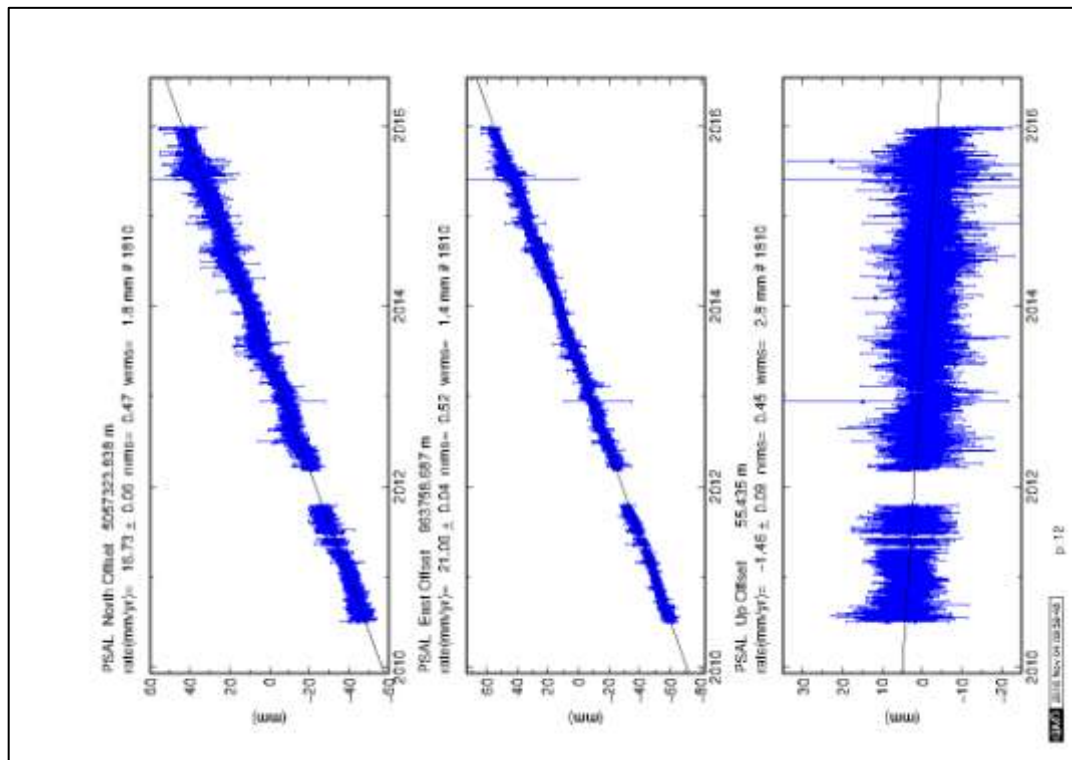
NomeStaz		slope	sig	wrms	nrms	dur	mean
		mm/yr	mm/yr	mm	---	yrs	yrs
TRIE_GPS-	E	21,52	0,08	2,8	0,52	5,59	2013,08
GRAD_GPS-	E	20,89	0,06	2,0	0,44	5,59	2013,13
TREP_GPS-	E	19,63	0,06	1,8	0,67	4,19	2012,52
VEN1_GPS-	E	21,26	0,04	1,5	0,56	5,59	2013,10
PSA2_GPS-	E	22,27	0,11	1,9	0,62	2,94	2011,83
PCAV_GPS-	E	20,90	0,05	1,6	0,44	5,59	2012,98
GARI_GPS-	E	22,04	0,06	2,0	0,48	5,59	2013,10
VAAV_GPS-	E	20,80	0,10	1,5	0,56	4,13	2012,85
PSAL_GPS-	E	21,06	0,04	1,4	0,52	5,47	2013,26
LIDO_GPS-	E	20,21	0,09	2,2	0,63	3,84	2012,74

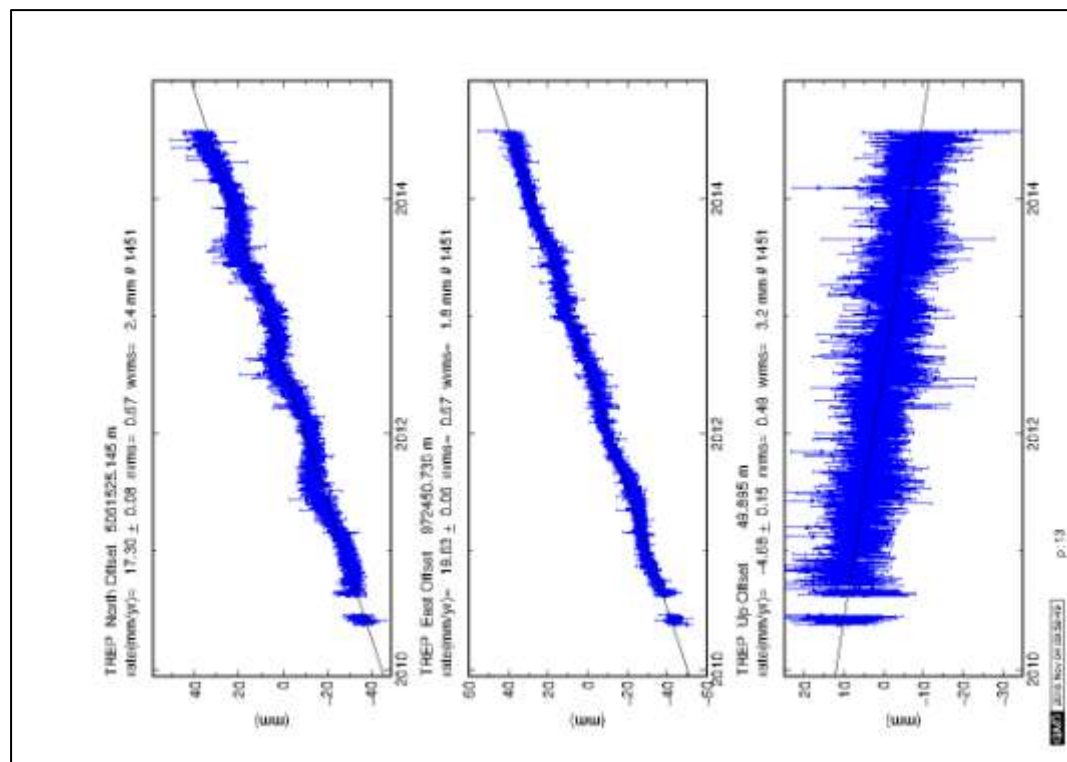
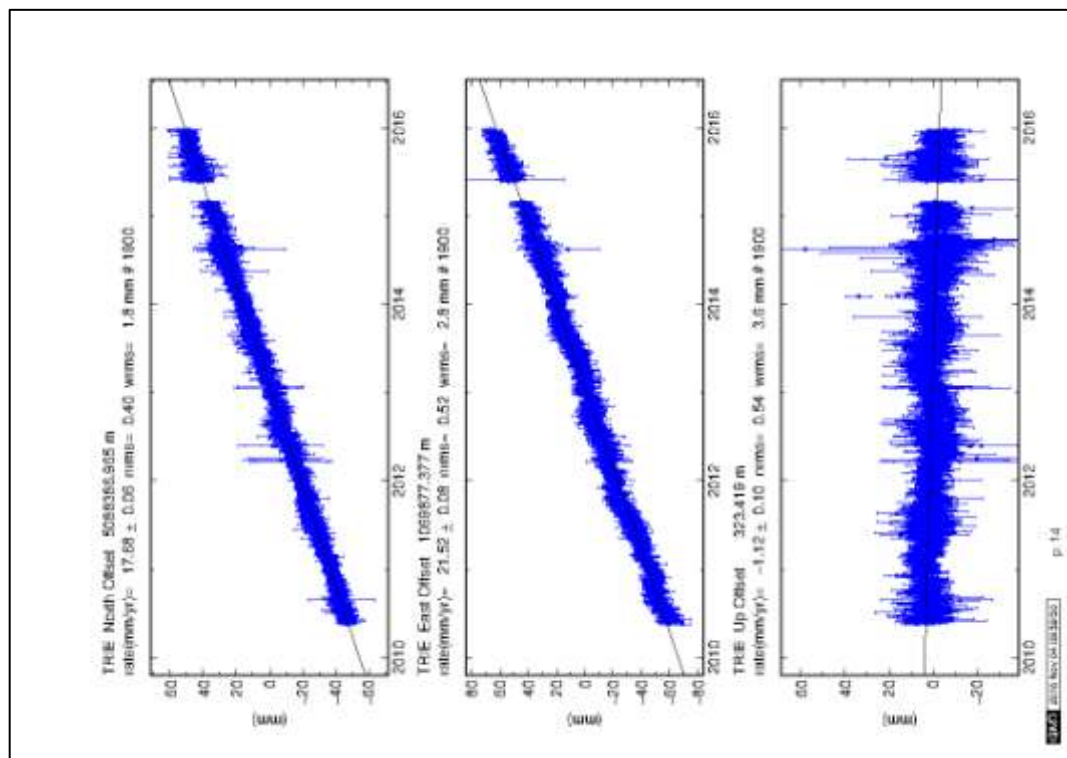
Tab. 2 - Componente E della velocità media di spostamento e periodo di riferimento.

NomeStaz		slope	sig	wrms	nrms	dur	mean
		mm/yr	mm/yr	mm	---	yrs	yrs
TRIE_GPS-	U	-1,12	0,10	3,6	0,54	5,59	2012,92
GRAD_GPS-	U	-1,22	0,09	3,3	0,49	5,59	2013,01
TREP_GPS-	U	-4,68	0,15	3,2	0,49	4,19	2012,55
VEN1_GPS-	U	-1,36	0,09	2,9	0,48	5,59	2013,11
PSA2_GPS-	U	-1,33	0,38	3,4	0,34	2,94	2011,85
PCAV_GPS-	U	-1,55	0,17	4,8	0,43	5,59	2012,98
GARI_GPS-	U	-3,16	0,11	4,5	0,58	5,59	2013,06
VAAV_GPS-	U	-1,39	0,25	3,1	0,45	4,13	2012,86
PSAL_GPS-	U	-1,46	0,09	2,8	0,45	5,47	2013,29
LIDO_GPS-	U	-3,08	0,27	3,5	0,34	3,84	2012,75

Tab. 3 - Componente U della velocità media di spostamento e periodo di riferimento.







Sintesi dei risultati e controllo di validazione

Si riporta a seguito una tabella semplificata delle tendenze calcolate per la sola componente verticale delle stazioni delle reti ISPRA e GPS2000 (CPSM) a confronto con le altre stazioni costiere utilizzate per il presente studio.

Staz. Costiere		Staz. Interne	
Name	mm/yr	Name	mm/yr
LIDO	-3,10	PCAV	-1,56
GARI	-3,17	PSAL	-1,46
TREP	-4,69	PSA2	-1,33
GRAD	-1,23	VEN1	-1,36
TRIE	-1,13	VAAV	-1,40

Tab. 4 - Componente verticale dello spostamento nel periodo 2010-2015 presso le diverse stazioni esaminate.

A verifica dei risultati conseguiti con il presente studio si è proceduto ad un confronto dei corrispondenti valori estratti dai siti web relativi ad alcuni riconosciuti Centri di Analisi, quali il Nevada Geodetic Laboratory (Nevada Bureau of Mines and Geology at the University of Nevada, Reno - <http://geodesy.unr.edu>), il SONEL (Système d'Observation du Niveau des Eaux Littorales, aderente al GLOSS – Global Sea Level Observing System - <http://www.sonel.org/>) e INOGS-CRS (Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – Centro Ricerche Sismologiche; <http://frednet.crs.inogs.it>); i parametri di “velocità” della componente verticale U sono stati calcolati, dove possibile, estraendo dai files delle “soluzioni” proposte dai vari Centri di Analisi i valori relativi ad un periodo omogeneo, compreso tra giugno 2010 e dicembre 2015, assumendo poi il coefficiente angolare della regressione lineare quale indice della componente verticale del movimento. Da tale confronto emerge quanto sinteticamente riportato nella tabella seguente:

A	B	C	E	F	G
Stazione	ISPRA	INOGS	MAGNET	MIDAS	SONEL
VEN1	-1,36	--	-1,6	-1,136	-1,21
GARI	-3,17	--	-3,2	-2,698	-3,99
TRIE	-1,13	-1,07	-0,64	-0,043	0,32

Tab. 5 - Confronto dei risultati (Rate Up, in mm/yr) riferiti alle soluzioni proposte dai diversi Centri di Analisi

ISPRA = Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – Servizio laguna di Venezia – Venezia

INOGS = Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale – Sezione Centro Ricerche Sismologiche - Udine

MAGNET = Nevada Geodetic Laboratory – MAGNET GPS Network –Reno (<http://geodesy.unr.edu/magnet.php>)

MIDAS(*) = Nevada Geodetic Laboratory – MAGNET (<http://geodesy.unr.edu/velocities/midas.IGS08.msfiltered.txt>)

SONEL = Système d'Observation du Niveau des Eaux Littorales - www.sonel.org

(*) MIDAS = Median Interannual Difference Adjusted for Skewness (MIDAS) is a variant of the Theil-Sen median trend estimator, for which the ordinary version is the median of slopes $v_{ij} = (x_j - x_i)/(t_j - t_i)$ computed between all data pairs $i > j$. For normally distributed data, Theil-Sen and least squares trend estimates are statistically identical, but unlike least squares, Theil-Sen is resistant to undetected data problems. To mitigate both seasonality and step discontinuities, MIDAS selects data pairs separated by 1 year. This condition is relaxed for time series with gaps so that all data are used. Slopes from data pairs spanning a step function produce one-sided outliers that can bias the median. To reduce bias, MIDAS removes outliers and recomputes the median. MIDAS also computes a robust and realistic estimate of trend uncertainty. Statistical tests using GPS data in the rigid North American plate interior show ± 0.23 mm/yr root-mean-square (RMS) accuracy in horizontal velocity. In blind tests using synthetic data, MIDAS velocities have an RMS accuracy of ± 0.33 mm/yr horizontal, ± 1.1 mm/yr up, with a 5th percentile range smaller than all 20 automatic estimators tested. Considering its general nature, MIDAS has the potential for broader application in the geosciences.

“MIDAS robust trend estimator for accurate GPS station velocities without step detection” by Geoffrey Blewitt¹, Corné Kreemer, William C. Hammond¹, and Julien Gazeaux, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth - Research Article* 10.1002/2015JB012552

Come già evidenziato nel capitolo precedente, dalla tabella emerge una sostanziale conformità del dato calcolato a prescindere dal Centro che ne ha effettuato l'analisi per le stazioni di Porto Garibaldi (GARI) e Venezia (VEN1). Per la stazione di Trieste (TRIE) i valori calcolati oscillano invece in un più ampio intervallo, che va da +0.32 mm/yr (calcolata da SONEI per il periodo 2003 – 2013) a valori negativi di oltre -1 mm/yr (INOGS e ISPRA).

Il Nevada Geodetic Laboratory (Rete MAGNET) fornisce invece due diversi sistemi di valutazione, il primo improntato sul calcolo dell'intero periodo di vita dello strumento GPS in esame mediante regressione lineare, ed il secondo, denominato MIDAS (Median Interannual Difference Adjusted for Skewness), variante del sistema di analisi statistica Theil-Sen alternativo rispetto al metodo dei minimi quadrati. I relativi risultati oscillano tra -0.64 e -0.04 mm/yr.

Utilizzando semplicemente il metodo regressivo lineare applicato alle soluzioni fornite da MAGNET per periodi caratterizzati da diversi istanti iniziale e finale, la velocità dello spostamento verticale oscilla ampiamente come illustrato nella seguente tabella:

Periodo: da ... a ...	durata (yr)	Rate Up (mm/yr)
giu 2010 - dic 2015	5,5	-0,64
giu 2010 - set 2016	6,2	-0,52
lug 2012 - ott 2016	4,2	-0,88
lug 2012 - feb 2016	3,7	-1,27

Tab. 6 - Variazioni della velocità media di abbassamento del suolo in corrispondenza alla stazione TRIE in funzione del periodo considerato

In sintesi, il valore proposto per TRIE oscillerebbe tra +0.32 (SONEI) e -1.27 (MAGNET) mm/yr, assumendo praticamente tutti i valori intermedi in funzione dei diversi centri di analisi e dei diversi intervalli temporali considerati; il valore calcolato da INOGS-CRS (proprietario e gestore della stazione TRIE) nel periodo 2003 – 2014 è pari a -1.07 mm/yr, come da fig. 6. Dallo stesso grafico emerge chiaramente l'esistenza di una "discontinuità" rilevabile intorno alla primavera-estate del 2008; analizzando la sola parte più recente e visivamente omogenea, dal 2009 in poi, è del tutto evidente che la componente verticale rate-up risulterebbe sicuramente maggiore di quella calcolata per l'intera vita strumentale (a partire cioè dal 2003).

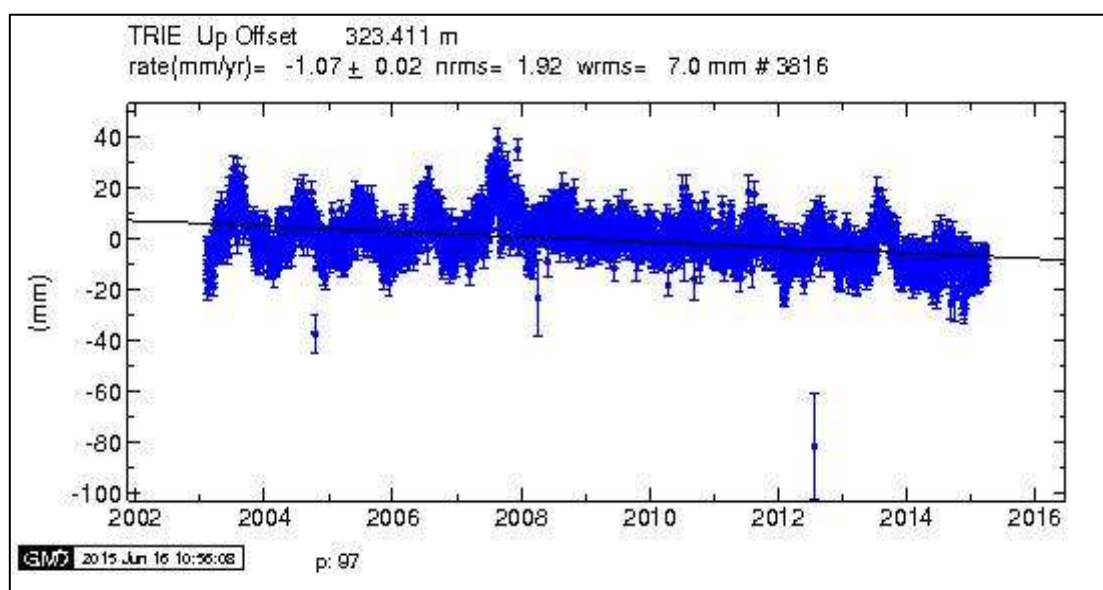


Fig. 6 - TRIE : andamento della componente verticale tratto dal sito ufficiale della rete FReDNet.

In funzione delle suesposte considerazioni si ritiene che il valore di rate-up stimato nel presente studio, pari a -1.12 mm/yr, sia il più corretto ed aggiornato, rappresentativo quindi del movimento verticale della antenna della stazione TRIE riferito al periodo 2010 – 2015.

Conclusioni

In conformità con quanto affermato nella più recente bibliografia in argomento, i valori calcolati nel presente studio utilizzando dati recenti, ma soprattutto inediti, consentono di confermare l'esistenza di aree ad elevata subsidenza lungo il margine settentrionale del bacino lagunare (Treporti, litorale del Cavallino) con valori di abbassamento del suolo fino a -5 mm/yr, situazione già nota ed evidenziata da diversi autori con attribuzione del fenomeno in buona parte a cause antropiche (estrazione di acqua da falde relativamente superficiali, per lo più ad uso irriguo). Altra situazione caratterizzata da elevati valori di subsidenza viene individuata in corrispondenza alla diga sud della bocca di Lido, dove il manufatto, anche recentemente rinforzato (primi anni 2000), grava sugli strati superficiali di fondazione provocandone la compattazione (-3 mm/yr). Nell'area di Venezia centro storico è stato possibile elaborare dati provenienti da più stazioni appartenenti a diversi Enti, con diverse caratteristiche strumentali, in buona parte inediti; l'arco temporale indagato, molto recente, la relativa densità dei punti e la sostanziale omogeneità dei risultati consentono di affermare che attualmente il tasso di subsidenza del centro storico presenta valori prossimi a -1.4 mm/yr, in linea con quanto indicato da Bock già nel 2012 (Rif.Bib.[3]).

Tale indicazione non è in contrasto con quanto affermato nella relativamente recente bibliografia (Rif.Bib. [11], [13], [14]) a sostegno della tesi di una "sostanziale stabilità" del centro storico Veneziano, con valori calcolati prossimi a -0.8 mm/yr; i valori proposti nel presente studio, mediamente pari -1.4 mm/yr, rappresentano invece un aggiornamento, una stima nel più recente periodo che sembra suggerire un possibile incremento del tasso di subsidenza, riferendosi non tanto ad un singolo ricevitore GPS, quanto ad una serie contemporanea di almeno 4 ricevitori dislocati tutti all'interno del centro cittadino.

A tale riguardo si ritiene necessario tenere conto però della estrema variabilità dei rate-up calcolati in funzione del periodo preso in esame, del momento iniziale e di quello finale del periodo stesso; spesso anche variazioni di pochi mesi possono comportare sensibili differenze. Intervengono poi sicuramente altri fattori, tipo le diversità delle reference-frame utilizzate per la compensazione delle reti locali, i modelli utilizzati o meno (maree terrestri, modelli di correzione atmosferici, ecc.).

In tale senso saranno prossimamente svolti ulteriori approfondimenti e studi per sottoporre i dati analizzati ad ulteriori accertamenti, promuovendo il ripristino delle stazioni attualmente non più funzionanti ed integrando la "rete locale" con l'inserimento delle nuove stazioni permanenti (es. Nuova stazione di Lido – Aeroporto Nicelli, di CNR-ISMAR) eventualmente disponibili.

Non si può non ribadire al termine che l'utilità dei dati da reti CGPS è fondamentale anche nelle più recenti e promettenti applicazioni delle tecniche radar-satellitari e che, fatta eccezione per le iniziali spese di acquisto ed installazione dei ricevitori, la manutenzione e l'elaborazione dei dati necessitano in realtà di spese annue molto contenute: questi strumenti funzionano bene in automatico, richiedono solo poco tempo per la verifica quotidiana del corretto funzionamento per l'attivazione degli eventuali interventi con la dovuta sollecitudine; la loro utilità non può prescindere da un periodo di continuo e corretto funzionamento più lungo possibile (al minimo 3 anni), cosa ampiamente garantita con un ridotto intervento sia economico che di tempo/risorse umane.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato possibile in buona parte grazie alla disponibilità dei numerosi dati GPS messi a disposizione dal Centro di Previsione e Segnalazione Maree del Comune di Venezia, cui va un sentito ringraziamento anche per la cortesia, la disponibilità e competenza del personale tecnico coinvolto. Si ringrazia inoltre il Centro Ricerche Sismologiche (sede di Udine) dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale per il supporto fornito nell'implementazione del software e nella parametrizzazione dell'ambiente di elaborazione.

Bibliografia

- [1] - Altamimi, Z., Métivier, L., Collilieux, X. (2012) ITRF2008 plate motion model. *J. Geophys. Res.* **2012**, 117, B07402, doi:10.1029/2011JB008930.
- [2] - Altamimi Z, Collilieux X, Métivier L (2011) ITRF2008: an improved solution of the International Terrestrial Reference Frame. *J Geod* , 85(8):457–473. doi: 10.1007/s00190-011-0444-4.
- [3] - Bock, Y., Wdowinski, S., Ferretti, A., Novali, F. and Fumagalli, A. (2012) Recent Subsidence of the Venice Lagoon from Continuous GPS and Interferometric Synthetic Aperture Radar. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **13**, 1-13. doi : 10.1029/2011GC003976.
- [4] - Carbognin, L. and Tosi, L. (2002) Interaction between Climate Changes, Eustacy and Land Subsidence in the North Adriatic Region, Italy. *Marine Ecology*, **23**, 38-50. doi: 10.1111/j.1439-0485.2002.tb00006.x .
- [5] - Carbognin, L., Teatini, P. and Tosi, L. (2004) Eustacy and Land Subsidence in the Venice Lagoon at the Beginning of the New Millennium. *Journal of Marine Systems*, **51**, 345-353. doi : 10.1016/j.jmarsys.2004.05.021.
- [6] - Herring, T.A., R.W. King, R.W., McClusky, S.C. GPS Analysis at MIT, GAMIT Reference Manual, Release 10.5. (*Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology, Cambridge MA 2010a*, available on line at http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/GAMIT_Ref.pdf accessed 12 May 2015).
- [7] - Herring, T.A., R.W. King, R.W., McClusky, S.C. Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program, GLOBK Reference Manual, Release 10.5. *Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology, Cambridge MA 2010b*, available on line at (http://chandler.mit.edu/~simon/gtgk/GLOBK_Ref.pdf , accessed 12 May 2015).
- [8] - Rebischung P., Griffiths J., Ray J., Schmid R. , Collilieux X. , Garayt B. (2012) IGS08: the IGS realization of ITRF2008. *GPS Solut* (2012) 16:483–494. doi: 10.1007/s10291-011-0248-2.
- [9] - Teatini, P., Tosi, L., Strozzi, T., Carbognin, L., Wegmuller, U. and Rizzetto, F. (2005) Mapping Regional Land Displacements in the Venice Coastland by an Integrated Monitoring System. *Remote Sensing of Environment*, **98**, 403-413. doi : 10.1016/j.rse.2005.08.002.
- [10] - Tosi, L., Teatini, P., Strozzi, T., Carbognin, L., Brancolini, G. and Rizzetto, F. (2010) Ground Surface Dynamics in the Northern Adriatic Coastland over the Last Two Decades. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, **21**, S115-S129.
- [11] - Tosi L., Da Lio C., Strozzi T. and Teatini P. (2016) Combining L- and X-Band SAR Interferometry to Assess Ground Displacements in Heterogeneous Coastal Environments: The Po River Delta and Venice Lagoon, Italy. *Remote Sensing* , 8, 308; doi: 10.3390/rs8040308.
- [12] - Strozzi T., Teatini P., Tosi L., Wegmuller U. and Werner C. (2013) Land subsidence of natural transitional environments by satellite radar interferometry on artificial reflectors. *J.Geophysical Research: Earth Surface*, 118. doi: 10.1002/jgrf.20082.
- [13] - Teatini P., Tosi L. and STrozzi T (2012) “Comment on Recent subsidence of the Venice Lagoon from continuous GPS and interferometric synthetic aperture radar by Y. Boch, S. Wdowinski, A. Ferretti, F. Novalli and A. Fumagalli”, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 13,Q07008, doi: 10.1029/2012GC004191.

- [14] - Teatini P., Strozzi T., Tosi L. Wegmuller U., Werner C. and Carbognin L (2007) Assessing short- and long-time displacements in the Venice coastland by syntethic aperture radar interferometric point target analysis. *J.ournal of Geophysical Research*, vol. 112, F01012, doi: 10.1029/2006JF000656.
- [15] - Tosi L., Carbognin L., Teatini P., Strozzi T and Wegmuller U. (2002) Evidence of the present relative land stability of Venice, Italy, from land, sea, and space observations. *Geophysical Research Letters*, vol. 29, NO. 12, 1562, doi: 10.1029/2001GL013211.
- [16] - Tosi L., Teatini P. and Strozzi T (2013) Natural versus anthropogenic subsidence of Venice. *Scientific Reports*, 3:2710, doi: 10.1038/srep02710.
- [17] – L. Carbognin, P. Teatini and L. Tosi (2005). “Land subsidence in the Venetian area: known and recent aspects”. *Giornale di Geologia Applicata*, 1, 5-11. Doi : 10.1474/GGA.2005-01.0-01.0001



Appendice – 1



Tabelle annuali di disponibilità dei dati delle singole stazioni GPS considerate.

2010	Genn	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
TRIE												
VEN1												
GARI												
PSAL												
GRAD												
LIDO												
PCAV												
PSA2												
TREP												
VAAV												
PORT												
PELL												

2011	Genn	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
TRIE												
VEN1												
GARI												
PSAL												
GRAD												
LIDO												
PCAV												
PSA2												
TREP												
VAAV												
PORT												
PELL												

2012	Genn	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
TRIE												
VEN1												
GARI												
PSAL												
GRAD												
LIDO												
PCAV												
PSA2												
TREP												
VAAV												
PORT												
PELL												

  Dati presenti

  Dati mancanti

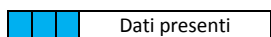
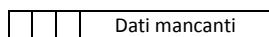
(Appendice – 1 , continua)

Tabelle annuali di disponibilità dei dati delle singole stazioni GPS considerate.

2013	Genn	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
TRIE												
VEN1												
GARI												
PSAL												
GRAD												
LIDO												
PCAV												
PSA2												
TREP												
VAAV												
PORT												
PELL												

2014	Genn	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
TRIE												
VEN1												
GARI												
PSAL												
GRAD												
LIDO												
PCAV												
PSA2												
TREP												
VAAV												
PORT												
PELL												

2015	Genn	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
TRIE												
VEN1												
GARI												
PSAL												
GRAD												
LIDO												
PCAV												
PSA2												
TREP												
VAAV												
PORT												
PELL												

Appendice – 2

Estratto da : Site-log di PSAL (Venezia - Punta Salute)

PSAL Site Information Form (site log)
International GNSS Service
See Instructions at:
ftp://igsb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/sitelog_instr.txt

Site Name : PSAL 19513M002
Four Character ID : PSAL
Monument Inscription :
IERS DOMES Number : 19513M002

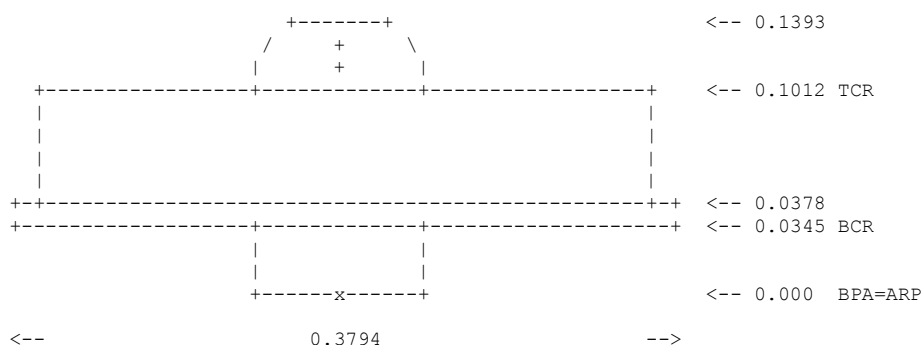
3. GNSS Receiver Information

3.1 Receiver Type : LEICA GRX1200PRO
Satellite System : GPS
Serial Number : 457869
Firmware Version : V 8.51
Elevation Cutoff Setting : 5 deg
Date Installed : 2012-03-07T12:00Z
Date Removed : CCYY-MM-DDThh:mmZ
Temperature Stabiliz. : none
Additional Information : (multiple lines)

4. GNSS Antenna Information

4.1 Antenna Type : LEIAT504 NONE
Serial Number : 102157
Antenna Reference Point : BPA
Marker->ARP Up Ecc. (m) : 0.0000
Marker->ARP North Ecc(m) : 0.0000
Marker->ARP East Ecc(m) : 0.0000
Alignment from True N : 0 deg
Antenna Radome Type : NONE
Radome Serial Number :
Antenna Cable Type : (vendor & type number)
Antenna Cable Length : 30 m
Date Installed : 2005-01-01T12:00Z
Date Removed : CCYY-MM-DDThh:mmZ
Additional Information : (multiple lines)

LEIAT504 NONE



ARP: Antenna Reference Point

L1 : L1 Phase Center

TCR: Top of Chokering

TGP: Top of Ground Plane

TPA: Top of Preamplifier

TOP: Top of Pole

L2 : L2 Phase Center

BCR: Bottom of Chokering

BGP: Bottom of Ground Plane

BPA: Bottom of Preamplifier

BAM: Bottom of antenna mount

All dimensions are in meters.

Estratto da : Site-log di GRDO (Grado)

GRDO Site Information Form (site log)
International GNSS Service
See Instructions at:
ftp://igsb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/sitelog_instr.txt

Site Name : GRDO 18803M001

Four Character ID : GRDO

Monument Inscription :

IERS DOMES Number : 18803M001

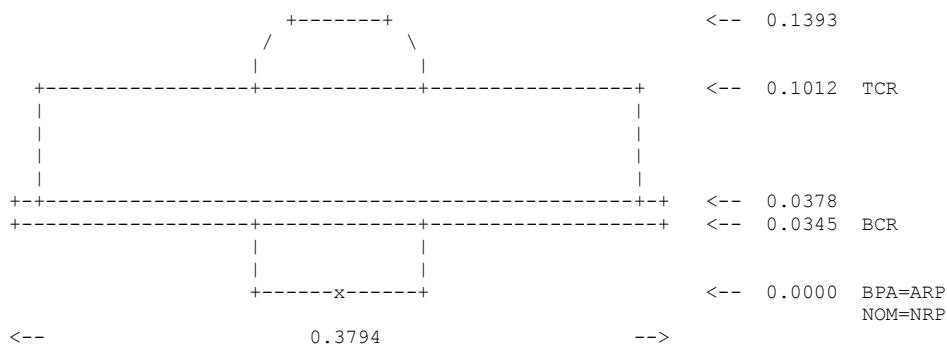
3. GNSS Receiver Information

3.1 Receiver Type : LEICA GRX1200PRO
Satellite System : GPS
Serial Number : 356092
Firmware Version : V 8.51
Elevation Cutoff Setting : 0 deg
Date Installed : 2008-12-01T12:00Z
Date Removed : CCYY-MM-DDThh:mmZ
Temperature Stabiliz. : none
Additional Information : (multiple lines)

4. GNSS Antenna Information

4.1 Antenna Type : LEIAT504GG LEIS
Serial Number : N/A
Antenna Reference Point : BPA
Marker->ARP Up Ecc. (m) : 0.0000
Marker->ARP North Ecc(m) : 0.0000
Marker->ARP East Ecc(m) : 0.0000
Alignment from True N : 0 deg
Antenna Radome Type : LEIS
Radome Serial Number :
Antenna Cable Type : (vendor & type number)
Antenna Cable Length : 30 m
Date Installed : 2009-12-01T12:00Z
Date Removed : CCYY-MM-DDThh:mmZ
Additional Information : (multiple lines)

LEIAT504GG



ARP: Antenna Reference Point

L1 : L1 Phase Center

TCR: Top of Choking

TGP: Top of Ground Plane

TPA: Top of Preamplifier

TOP: Top of Pole

L2 : L2 Phase Center

BCR: Bottom of Choking

BGP: Bottom of Ground Plane

BPA: Bottom of Preamplifier

BAM: Bottom of antenna mount

All dimensions are in meters.