

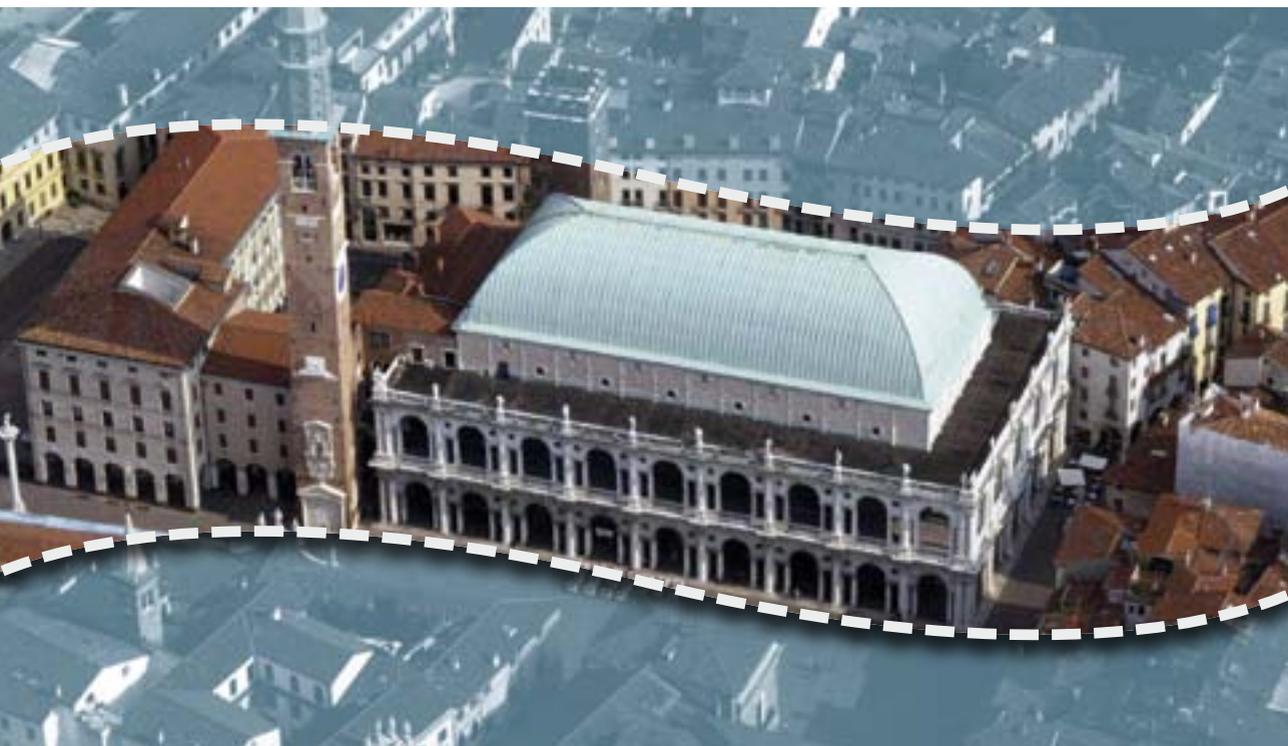
16^a Conferenza Nazionale **ASITA**

Federazione italiana delle **A**ssociazioni **S**cientifiche
per le **I**nformazioni **T**erritoriali e **A**mbientali

6-9 NOVEMBRE 2012

CENTRO CONGRESSI FIERA DI VICENZA

ATTI



SIFET
SOCIETÀ ITALIANA DI
FOTOGRAMMETRIA E TOPOGRAFIA


ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI CARTOGRAFIA


ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI TELERILEVAMENTO


INTERNATIONAL
EUROPEAN DIVISION
SEZIONE ITALIANA
Geographic
Information
Systems

SPONSOR



PATROCINI



REGIONE del VENETO



Provincia di Vicenza



Comune di Vicenza



Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto



Ordine dei Geologi
Regione del Veneto



Consiglio Nazionale
Geometri e Geometri Laureati



Consulta Regionale
Geometri e Geometri Laureati
del Veneto



ORDINE DEGLI ARCHITETTI
PIANIFICATORI, PAESAGGISTI
E CONSERVATORI
DELLA PROVINCIA DI VICENZA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Università IUAV
di Venezia

Organi ASITA

CONSIGLIO DIRETTIVO (CD)

| | |
|--|-------------------------------------|
| Luciano SURACE (<i>Presidente</i>) | Università degli Studi di Firenze |
| Giuseppe SCANU (<i>Vice-Presidente</i>) | Università degli Studi di Sassari |
| Serafino ANGELINI (<i>Consigliere</i>) | Litografia Artistica Cartografica |
| Piero BOCCARDO (<i>Consigliere</i>) | Politecnico di Torino |
| Alessandro CAPRA (<i>Consigliere</i>) | Università degli Studi di Modena |
| Andrea FAVRETTO (<i>Consigliere</i>) | Università degli Studi di Trieste |
| Paola FILIPPI (<i>Consigliere</i>) | Exelis Visual Information Solutions |
| Mario A. GOMARASCA (<i>Consigliere</i>) | CNR - IREA, Milano |
| Claudio MINGRINO (<i>Consigliere</i>) | Intergraph Italia |
| Livio PINTO (<i>Consigliere</i>) | Politecnico di Milano |
| Mauro SALVEMINI (<i>Segretario</i>) | Università "La Sapienza" Roma |
| Franco VICO | Politecnico di Torino |

CONSIGLIO SCIENTIFICO (CS)

| | |
|--|---|
| Sergio FARRUGGIA (<i>Presidente</i>) | Consiglio Direttivo AM/FM GIS |
| Giuseppe BORRUSO (<i>Consigliere</i>) | Università degli Studi di Trieste |
| Gherardo CHIRICI (<i>Consigliere</i>) | Università degli Studi del Molise |
| Maria A. DESSENA (<i>Consigliere</i>) | Ente acque della Sardegna (ENAS) |
| Stefano GANDOLFI (<i>Consigliere</i>) | Università degli Studi di Bologna |
| Giovanni MAURO (<i>Consigliere</i>) | Università degli Studi di Trieste |
| Beniamino MURGANTE (<i>Consigliere</i>) | Università degli Studi della Basilicata |
| Alessandro NOBILI (<i>Consigliere</i>) | Istituto Idrografico della Marina |
| Fulvio RINAUDO | Politecnico di Torino |
| Livio ROSSI | SIN |
| Giannina SANNA | Università degli Studi di Cagliari |
| Monica SEBILLO (<i>Consigliere</i>) | Università degli Studi di Salerno |

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Piazzale Morandi 2, 20121 Milano
Tel. 039 2847755, Fax 039 2843722
Cell. 329 9860457
E-mail: segreteria@asita.it

INDIRIZZO INTERNET

www.asita.it

Indice

RELAZIONI PRESENTATE

| | |
|---|-----|
| Osservazioni SAR durante l'evento eccezionale di Bora di inizio Febbraio 2012 <i>M. Adamo, G. De Carolis, C. Fragiaco, S. Morelli, F. Parmiggiani, M. Bastianini</i> | 3 |
| Il sistema informatico di gestione e pubblicazione degli strumenti di pianificazione urbanistica del Comune di Bologna <i>P. Africani, C. Bizzarri, A. Cigarini, E. Ferrari, L. Lorenzini, A. Minghetti, E. Paselli, M. Poggiali, S. Scagliarini</i> | 11 |
| Monitoraggio topografico e fotogrammetrico della cupola del teatro Massimo <i>M. Allegra, G. Dardanelli, V. Gianmarresi, P. Orlando, B. Villa</i> | 19 |
| INSPIRE National Contact Point in Italia e il monitoring 2012 <i>F. Annunziata, S. Costabile, R. Cresca, C. Terzani, C. Cipolloni, M. Munafò, F. Piva</i> | 31 |
| Palmari GPS nella gestione e nel controllo del Gis del verde di Milano <i>A. Antonelli, R. Gusti, F. Guzzetti, A. Privitera, P. Viskanic</i> | 37 |
| Analisi della temperatura superficiale derivata da serie temporali di dati MODIS <i>M. Antoninetti, D. Stroppiana, P.A. Brivio</i> | 45 |
| Esperienze di monitoraggio topografico di grandi frane: i casi di Gimigliano e Maierato <i>G. Artese, M. Perrelli, S. Artese, F. Manieri, F. Principato</i> | 53 |
| Cartografia storica della città dell'Aquila come supporto allo studio di edifici danneggiati dal sisma <i>R. Baglioni, V. Baiocchi, D. Dominici, M.V. Milone, M. Mormile</i> | 61 |
| Accuratezza e precisione di modelli di georeferenziazione applicati alle cartografie storiche <i>V. Baiocchi, K. Lelo, M.V. Milone, M. Mormile</i> | 71 |
| Estrazione di DSM da stereocoppie e triplette PRISM <i>V. Baiocchi, M.V. Milone, M. Mormile, F. Palazzo</i> | 77 |
| Estrazione della linea di riva istantanea da immagini satellitari ad alta risoluzione ottiche e radar <i>V. Baiocchi, M.V. Milone, M. Mormile, F. Palazzo</i> | 85 |
| Progettazione di database georiferito a scala provinciale per la tutela ambientale <i>V. Baiocchi, P. Camuccio, A. Ceglia, L. Liso, M.V. Milone, M. Mormile, A. Paolini</i> | 93 |
| Conoscere il passato per governare il presente: un confronto tra cartografia storica e moderna per lo studio del centro di Roma <i>V. Baiocchi, K. Lelo, M.V. Milone, M. Mormile, E. Tanga</i> | 99 |
| La cittadella di Gozo a Malta. Strategie di restauro e di valorizzazione del sistema di fortificazione maltese <i>M. Balzani, F. Ferrari, F. Violi</i> | 107 |
| Implementazione di PostgreSQL-PostGIS per l'analisi di immagine satellitare: test di applicabilità per la batimetria marina <i>A. Banni, M. Deidda</i> | 115 |
| Studio degli effetti dell'intrusione del cuneo salino sulla vegetazione costiera mediante dati satellitari <i>M. Barbarella, M. De Giglio, A. Svantaggiato</i> | 121 |
| Confronto fra l'archivio dei fabbricati (AdT) e il censimento degli edifici (ISTAT): sinergie a valore aggiunto tra istituzioni pubbliche <i>A. Barbarisi, D. Fardelli, S. Talice</i> | 129 |

| | |
|--|-----|
| Individuazione di discariche mediante segmentazione del dato satellitare <i>V. Barrile, G. Bilotta, G.M. Meduri</i> | 137 |
| Integrazione di TLS e termografia per la caratterizzazione morfometrica <i>V. Barrile, F. Ieracitano, G.M. Meduri</i> | 143 |
| Caratterizzazione ed indagini in ambito archeologico con GPR e TLS <i>V. Barrile, G.M. Meduri, G. Angiulli, D. De Carlo, T. Isernia</i> | 151 |
| Restauro e valorizzazione dei centri storici dopo il sisma del 2009: un GIS 3D per il progetto di reintegrazione delle lacune urbane <i>C. Bartolomucci, D. Bonzagni, I. Trizio</i> | 159 |
| Strumenti GIS per il supporto agli studi storici: una proposta per l'innovazione dei metodi di ricerca <i>R. Barzagli, D. Carrion, F. Migliaccio, G. Minini, C. Zambrano</i> | 167 |
| Impatto della correzione ortometrica sulla chiusura di linee di livellazione geometrica <i>R. Barzagli, B. Betti, D. Carrion, G. Gentile, R. Maseroli, F. Sacerdote</i> | 171 |
| La rete dei punti di contatto regionali del Progetto DORIS_Net: un ponte tra domanda e offerta dei servizi GMES nelle regioni europee <i>A.E.M. Basoni, P. Carrara, A. L'Astorina, A. Rampini</i> | 175 |
| Analisi GIS del Central Business District di Sassari. Visualizzazioni cartografiche <i>S. Battino, G. Borruso</i> | 183 |
| I vantaggi dell'impiego di un sistema GIS nella gestione dei dati e della cartografia in merito a monitoraggi in un SIN da bonificare <i>S. Bellagamba, F. Paglietti, B. Conestabile Della Staffa</i> | 191 |
| Misura del diagramma d'irradiazione di una antenna mediante l'utilizzo di un sistema UAV <i>H. Bendea, A. Cina, A. Lingua, P. Maschio, A. Olivieri, M. Piras, G. Virone</i> | 201 |
| Un SIT per la gestione, e la conservazione della biodiversità nelle dune costiere. Il caso di MAESTRALE (LIFE 10NAT/IT/000262) <i>F. Berardo, M.L. Carranza, G. Ciccorelli, S. Del Vecchio, S. Fusco, F. Iannotta, A. Loy, F. Roscioni, A. Svanisci</i> | 203 |
| Tecniche Laser Scanner per la rappresentazione dei beni culturali: il rilievo dell'apparato scultoreo della Torre Ghirlandina di Modena <i>E. Bertacchini, A. Capra, C. Castagnetti, R. Rivola, I. Toschi</i> | 211 |
| Aggiornamento topografico del Geodb con l'utilizzo di una rete geodetica <i>E. Berti, P.F. Costantini, F. Pilastro</i> | 213 |
| Alluvione a Vicenza novembre 2010: Rilievo, monitoraggio e rappresentazione di fenomeni naturali e antropici <i>E. Berti, L. Beggiato, R. Ardini, M. Missagia, S. De Boni</i> | 225 |
| Il progetto HELI-DEM: risultati di cross-validazione e validazione per i DTM transalpini <i>L. Biagi, M.A. Brovelli, A. Campi, M. Cannata, L. Carcano, M. Credali, A. Croci, P. Dabove, M. Gilardoni, A. Lucchese, A. Manzano, F. Sansò, G.B. Siletto, C. Taglioretti</i> | 235 |
| Un approccio digitale non convenzionale allo studio di una carta pregeodetica <i>G. Bitelli, S. Cremonini, G. Gatta</i> | 237 |
| Aspetti applicativi nell'uso della termografia aerea per la mappatura delle dispersioni termiche in ambito urbano <i>G. Bitelli, R. Blanos, P. Conte, F. Coren, E. Mandatici</i> | 245 |
| Progetto pilota per la formazione di crisis mappers e la produzione di mappe post evento da dati multisensore <i>P. Boccardo, F. Chiabrando, A. Facello, L. Gnani, A. Lingua, P. Maschio, F. Pasquale, A. Spanò</i> | 253 |

| | |
|---|-----|
| Analisi di dati laser scanner terrestre per la valutazione del rischio potenziale da instabilità di una parete rocciosa sulla Costa di Serravalle (Vittorio Veneto, TV) <i>A. Bondesan, S. Busoni, F. Coren, F. Ferrarese, R. Francese</i> | 261 |
| Ricerca di un optimum nell'aggiornamento della Carta Tecnica Regionale Numerica e DB geografico presso il B.I.M. dell'Adige della Provincia di Verona <i>N. Bonuzzi, A. Cavalli, G. Frigerio, M. Fondelli, M. De Gennaro</i> | 269 |
| Tecniche di telerilevamento integrate e GIS a supporto della stima del potenziale fotovoltaico dei tetti nel comune di Avellino <i>F. Borfecchia, L. De Cecco, S. Martini, M. Pollino, L. La Porta, A. Marucci, E. Caiaffa</i> | 277 |
| Valutazione del sensore aereo TABI per lo studio delle dispersioni energetiche degli edifici <i>M. Boschetti, A. Crema, G. Ruggieri, G. Maffeis, L. Geronimi, F. Zucca</i> | 287 |
| Valutazione di dati LIDAR per la stima di parametri dendrometrici in soprassuoli coetanei di pino domestico <i>L. Bottai, L. Arcidiaco, M. Chiesi, F. Maselli</i> | 297 |
| Caratterizzazione delle proprietà ottiche delle acque costiere del Mar Adriatico per il progetto CLAM-PHYM <i>F. Braga, M. Bresciani, E. Matta, C. Giardino, C. Bassani, G. De Carolis, L. Alberotanza, C. Ananasso</i> | 305 |
| Studio delle fioriture di cianobatteri attraverso le tecniche di telerilevamento <i>M. Bresciani, C. Giardino, S. Kratzer, E. Matta, F. Braga, G. Morabito, M. Bartoli, N. Strömbeck</i> .. | 313 |
| Sistemi Informativi Architettonici per la gestione, tutela e fruizione dell'edilizia storica <i>S. Brusaporci, M. Centofanti, R. Continenza, I. Trizio</i> | 315 |
| Rilievi multibeam per il monitoraggio morfo-batimetrico della coltivazione di bacini di cava sottofalda <i>S. Busoni, R. Francese, M. Giorgi, A. Bondesan</i> | 323 |
| Rilievo speditivo 3d con tecnica fotogrammetrica ZSCAN EVO dell'area templare di Scoglietto (Alberese - Gr) <i>D. Caldarelli, F. Ceccaroni, P. Nannini, A. Sebastiani</i> | 331 |
| Integrazione dei dati EGNOS nel software goGPS: analisi dei miglioramenti ottenuti nel posizionamento cinematico con ricevitori di basso costo <i>S. Caldera, M.C. de Lacy, A. Herrera, E. Realini, M. Reguzzoni</i> | 339 |
| DBT e INSPIRE: un percorso semplificato per i dati <i>G. Campanile</i> | 345 |
| Conservazione del futuro: fotovoltaico e tradizione paesaggistica mediterranea <i>A.R. Candura, O. De Paoli</i> | 353 |
| Beni culturali e spazio pubblico. L'asse storico Porta Romana – Ponte Vecchio – Porta San Gallo. Rilievo critico per la riqualificazione del paesaggio urbano <i>C. Capitano</i> | 359 |
| Impatti della direttiva INSPIRE sugli utenti di dati territoriali sulla biodiversità: il progetto europeo HABITATS <i>A. Cardillo, M. Gori, M. Guccione, M. Munafò</i> | 369 |
| World HERitage monitoring by Remote sEnsing (WHERE) <i>R. Carlucci, A. Di Iorio, M. Folegani, M. Marsella, A. Monteleone, S. Mantovani, A. Placidi, N. Straccia</i> | 375 |
| Metodologia di elaborazione di dati laser scanner per la generazione di modelli utili al calcolo strutturale <i>G. Caroti, A. Franconi, A. Piemonte</i> | 383 |
| Rilievi integrati della Basilica romanica di San Gavino a Porto Torres <i>G. Caroti, A. Piemonte, M. Bevilacqua</i> | 391 |

| | |
|--|-----|
| La condivisione in streaming via web di un sito archeologico rilevato con laser scanner <i>L. Cavallari, T. Chiamone, M. Dierna, C. Mantelli, R. Paderni, G.P.M. Vassena</i> | 397 |
| Il posizionamento dei sottoservizi con GPR: un approccio fotogrammetrico per il calcolo della traiettoria <i>N.E. Cazzaniga, D. Pagliari, L. Pinto, R. Roncella</i> | 405 |
| Mosaicatura e georeferenziazione di immagini iperspettrali <i>A. Cenedese, C. Dacquino, M. Moroni</i> | 411 |
| Prove sperimentali su stazioni totali motorizzate di precisione per il monitoraggio di deformazioni <i>G. Centi, D. Dominici, M. Elaiopoulos, F. Radicioni, A. Stoppini</i> | 419 |
| Un sistema quantitativo a supporto delle decisioni per la pianificazione territoriale: il caso Unione dei Comuni del Rubicone <i>E. Cerri, M. Roffilli</i> | 425 |
| Metodi di classificazione su dati multitemporali a media risoluzione geometrica per l'analisi delle trasformazioni di uso dei suoli <i>W. Cerull, B. Figorito, E. Tarantino</i> | 433 |
| Integrazione di metodologie per il monitoraggio dei corsi d'acqua <i>I. Chiaverini, D. Ostuni, L.B. Teruggi, M. Farenga</i> | 439 |
| Utilizzo di modelli bio-geo-chimici guidati da immagini telerilevate per stimare a scala nazionale i flussi di carbonio in ecosistemi forestali <i>G. Chirici, M. Chiesi, M. Pasqui, P. Corona, R. Salvati, A. Barbati, F. Lombardi, F. Maselli</i> | 445 |
| Sistema di Supporto decisionale per la conservazione della biodiversità minacciata nei sistemi agricoli. Il progetto DINAMO (Life NATIT00324) <i>G. Ciccorelli, M.L. Carranza, A. Stanisci, A. Loy, D. Marino, L. De Lisio, F. Berardo</i> | 451 |
| Sisma Abruzzo 2009: gestione tecnica dell'emergenza <i>G. Cifani, G. Cialone, A. Martinelli, A. Petracca, A. Lemme</i> | 457 |
| La redazione di un capitolato speciale d'appalto per le riprese LiDAR <i>V. Cima, M. Fondelli, M. Rumor, M. De Gennaro, A. Zampieri, U. Trivelloni</i> | 463 |
| Metodologie integrate tra rilievo e progetto: l'utilizzo delle scansioni LiDAR in ambiente BIM <i>A. Cina, A. Lingua, M. Piras, P. Dabove, P. Maschio, H. Bendea, G. Novello, M. Lo Turco, G. Cangialosi</i> | 469 |
| Le reti telematiche come strumento di diffusione della conoscenza: Il sito Unesco del centro storico di Napoli <i>F. Converti</i> | 477 |
| Integrazione di database spaziali multiscala in ambito urbano <i>E. Costamagna, A. Spanò</i> | 483 |
| Consolidamento delle coordinate dei Punti Fiduciali nel territorio del comune di Vicenza nei sistemi di riferimento cartografici in uso <i>P.F. Costantini</i> | 491 |
| Estrazione di informazioni agronomiche tramite l'analisi dell'andamento temporale di indici vegetazionali per la mappatura automatica di aree agricole <i>A. Crema, G. Manfron, M. Boschetti, R. Confalonieri</i> | 501 |
| La sperimentazione di una rete GNSS transfrontaliera per il posizionamento NRTK <i>A. Croci, P. Dabove, A.M. Manzano, C. Taglioretti, L. Biagi, M.G. Visconti</i> | 509 |
| FreeGIS.net – Dati e strumenti geografici liberi <i>F. D'Alesio, S. Farruggia</i> | 511 |
| Il rischio Sinkhole: gli sprofondamenti di natura antropica nel centro storico di Velletri (RM) <i>V. D'Aniello</i> | 515 |

| | |
|---|-----|
| Sull'impiego del monitoraggio geomatico per la stima dei parametri nei modelli di calcolo degli spostamenti strutturali <i>M.G. D'Urso, P. Russo, S. Sessa</i> | 523 |
| Rilievo delle infrastrutture di drenaggio urbano e modellizzazione dei flussi nel bacino fognario di Mestre - Via Torino (Venezia, Italia) <i>P. Dalla Vecchia, E. Conchetto, R. Francese</i> | 531 |
| Riorganizzazione territoriale degli Uffici del Giudice di Pace <i>G. Dardanelli, A. Ferrara, Giuseppe Sortino</i> | 539 |
| Monitoraggio della diga "Castello" di Bivona (AG) con tecniche GNSS <i>G. Dardanelli, V. Franco, N. Perfetti, L. Puccio</i> | 547 |
| Conservazione e valorizzazione dei castelli del Salento (Puglia) attraverso censimento in ambiente GIS <i>M. Delli Santi</i> | 555 |
| Il contributo dell'interferometria radar satellitare per l'identificazione e caratterizzazione dei fenomeni franosi a differenti scale d'indagine <i>A. De Agostini, A. Cantone, M. Defilippi, M. Floris, R. Genevois, P. Pasquali, P. Riccardi, G. Stevan, G. Tessari</i> | 563 |
| Le Classi del Catalogo dei Dati Territoriali: il ruolo dei Comuni <i>M. De Gennaro, E. Berti, A. Corò, G. Zanata Ventura, N. Poles, A. Salvador, F. Ronsisvalle, R. Bianchin, P. Barbieri, M. Rumor</i> | 571 |
| L'applicazione della Metodologia GeoUML per la produzione dei DB Geotopografici: l'esperienza della Regione del Veneto <i>M. De Gennaro, A. Zampieri, U. Trivelloni, P. Milan</i> | 579 |
| Monitoraggio geofisico di aree sottomarine in Mare Adriatico <i>N. De Nigris, M. Aguzzi, G. Fabi, S. Manoukian, M. Preti</i> | 587 |
| Memoria e oblio. Scoperta e rilievo digitale dell'anamorfose murale di J.-F. Nicéron <i>A. De Rosa, A. Bortot, C. Boscaro, C. Monteleone, E. Trevisan</i> | 595 |
| Valorizzazione delle fonti cartografiche storiche sull'uso del suolo per il governo del territorio in Toscana <i>M. De Silva, G. Tarchi, C. Ciampi, M. Ercolini, E. Loi, F. Lucchesi, F. Nardini, I. Scatarzi</i> | 603 |
| Estrazione di batimetria da immagini del sensore WorldView2: stima dell'accuratezza e della precisione <i>M. Deidda, G. Sanna, G. Deiana</i> | 611 |
| Proposta di una Carta di interesse naturalistico, geoturistico e culturale lungo il tracciato del Trenino Verde (Sardegna centro-orientale) <i>F. Di Gregorio, P. Frongia, C. Gaviano</i> | 619 |
| Il laser scanner terrestre per il rilevamento e la modellazione di zone "instabili": il versante sottostante il Tempio di Giunone (Agrigento) <i>F. Di Salvo, M. Lo Brutto</i> | 627 |
| Un geodatabase per i beni culturali ed ambientali del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga <i>A. Di Somma</i> | 635 |
| Un atlante delle trasformazioni del paesaggio toscano. La valorizzazione del patrimonio dei rilievi aerofotografici storici <i>M. Ercolini, E. Loi, C. Ciampi, M. De Silva, F. Lucchesi, F. Nardini, I. Scatarzi</i> | 643 |
| Analisi dell'erosione costiera nel delta del Po dal 1933 al 2008 mediante aero-fotogrammetria multi-temporale <i>M. Fabris, V. Achilli, M. De Gennaro, A. Menin, A. Zampieri</i> | 651 |

| | |
|---|-----|
| Tecniche ottiche e laser per l'acquisizione di fratture ossee in ambito bioarcheologico <i>E. Faresin, M. Turchetto, G. Salemi, G. Concheri, R. Meneghello, G. Savio, A. Canci, L. Salzani, M. Cupitò</i> | 659 |
| Semplificazione e ottimizzazione degli strumenti GIS per il governo del territorio <i>M. Fioretto, M. Allegrini, F. Carollo, V. Strapazzon, A. Carretta</i> | 667 |
| Realizzazione di un WebGis a supporto della pianificazione urbana e territoriale per il Comune di Pomezia <i>L. Fiumi, S. Tocci</i> | 673 |
| Stima di volumi legnosi forestali con dati fotogrammetrici telerilevati da UAV su piccole superfici: un caso di studio in Trentino <i>A. Floris, F. Clementel, G. Colle, F. Gubert, L. Bertoldi, G. De Lorenzi</i> | 681 |
| Applicazioni GIS a servizio dei cittadini per migliorare la raccolta differenziata in Provincia di Torino <i>A. Fortunato, G. Gollo, S. Migliore, M. Pizzolato, E. Sarzotti, A. Ballocca, S. Giorgi, E. Bon</i> | 689 |
| Banche dati geoarcheologiche della laguna e della città di Venezia <i>L. Fozzati, P. Furlanetto, A. Bondesan</i> | 697 |
| Indagini termografiche e trasformazioni architettoniche nelle chiese del centro storico e nel territorio di Siliqua (Sardegna sud-occidentale) <i>P. Frongia, F. Di Gregorio, G. Piras</i> | 703 |
| Rapid mapping per l'analisi e la gestione del rischio radiologico generato da sorgenti orfane <i>R. Gallo, P. De Angelis, N. Gallo, A. Malizia, A. Fiduccia, F. D'Amico, R. Fiorito, A. Gucciardino, M. Richetta, C. Bellecci, P. Gaudio</i> | 711 |
| L'analisi di consistenza di archivi di reti di stazioni permanenti GNSS per la valutazione della qualità di un servizio di posizionamento in tempo reale: PAT-NET_GNSS <i>S. Gandolfi, L. Tavasci</i> | 717 |
| Procedure automatiche per il monitoraggio quasi real time di reti di stazioni permanenti mediante approccio Precise Point Positioning <i>S. Gandolfi, L. Poluzzi</i> | 723 |
| Griglie di dati GOCE calcolate tramite l'approccio space-wise <i>A. Gatti, F. Migliaccio, M. Reguzzoni, F. Sansò</i> | 729 |
| Unione dei geoidi italiano e svizzero con l'utilizzo di dati GOCE: metodologia e risultati <i>M. Gilardoni, D. Sampietro, M. Reguzzoni</i> | 735 |
| Esperienze di telerilevamento di prossimità con immagini multispettrali acquisite da drone <i>R. Gini, D. Passoni, L. Pinto, G. Sona</i> | 743 |
| Le misure dell'impegno di suolo per finalità insediative. Un modello di valutazione per la Regione Toscana <i>B. Giusti, M. Angeletti, F. Lucchesi, C. Nostrato</i> | 745 |
| La rappresentazione per la valorizzazione della città <i>A. Giordano, C. Monteleone, I. Friso, E. Faresin</i> | 753 |
| Copertura nevosa nella provincia del Verbano-Cusio-Ossola: analisi automatizzata di una serie storica MODIS <i>D. Godone, G. Filippa, S. Terzago, M. Freppaz, S. Fratianni, G. Garnero, E. Rivella, A. Salandin, S. Barbero</i> | 761 |
| Web-GIS per la mappatura dell'abbandono dei rifiuti <i>S. Greco, G. Maffeis, G. Ghiringhelli, E. Amodeo, P. Landini</i> | 767 |
| Reticolo idrico minore: un GIS integrato al Database Topografico e alla mappa catastale <i>F. Guzzetti, M. Marchetti, A. Pasquinelli, P. Viskanic</i> | 775 |

| | |
|--|-----|
| Soluzioni software per i SIRA: aspetti tecnici e normativi <i>C. Iannucci, M. Presutti, M. Ricci, V. Sambucini, A. Scocca, G. Viola</i> | 783 |
| La salinizzazione in Iraq: analisi del fenomeno tramite immagini satellitari <i>F. Immordino, S. Costanzini, F. Despini, S. Teggi</i> | 791 |
| La piattaforma Platform GIS <i>F. Iroldi, G. Cavaliere</i> | 799 |
| Cartografia geochimica ambientale: tecniche classiche vs exploratory data analysis. Il caso del cromo nell'Appennino Tosco-Romagnolo <i>V. Lancianese</i> | 807 |
| Monitoraggio satellitare della qualità delle acque dei mari Toscani: l'attività del progetto MOMAR <i>C. Lapucci, F. Maselli, C. Brandini, L. Massi, C. Nuccio, A. Ortolani, B. Gozzini, F. Polonelli</i> | 809 |
| SILVA SILA NET: un SIT per la valorizzazione del paesaggio Silano (Calabria, Italia) <i>S. Larosa, D. Uzunov, A. Mazzei, P. Brandmayr, G. Roma, F. Papparella, C. Gangale</i> | 817 |
| WebGIS per il censimento dei fabbisogni e dei consumi energetici degli edifici di proprietà della Pubblica Amministrazione Locale <i>A. La Manna, A. Ferrara, L. Alferi, G. Fasano, P. Morgante, R. Lanzafame</i> | 827 |
| La geomatica nella cultura di interazione fra le professioni per il supporto a problemi planetari emergenti <i>M.M. Langfelder, E. Zanaboni</i> | 835 |
| La modellazione 3D nel controllo dell'inquinamento ambientale da agenti fisici <i>L. Leone, D. Laudani Fichera, G. Pulvirenti, M. Leone, P. Spicuzza</i> | 843 |
| Il progetto NEWFOR - NEW technologies for a better mountain FORest timber mobilization <i>E. Lingua, M. Pellegrini, F. Pirotti, S. Grigolato, M. Garbarino, R. Motta, B. Comini, A. Wolynski</i> | 851 |
| Un modello di rilievo integrato come piattaforma di prefigurazione e controllo delle trasformazioni del territorio. Il progetto di ripristino dell'Aviosuperficie di Piano Tardo (EN) <i>M. Liuzzo, S. Savarino</i> | 859 |
| Integrazione di strumenti GIS per l'autonotifica della presenza di amianto in Puglia <i>N. Lopez, V.F. Uricchio, G. Campobasso</i> | 867 |
| Prima analisi scientifico parametrica dell'area protetta di Monte Cucco (Umbria) per il riconoscimento di Geoparco U.E., attraverso l'ausilio del telerilevamento satellitare <i>F. Luciani, M. Pierantozzi, S. Rossi</i> | 873 |
| La rappresentazione cartografica dei caratteri dei paesaggi toscani <i>F. Lucchesi, C. Ciampi, M. De Silva, M. Ercolini, E. Loi, F. Nardini, I. Scatarzi</i> | 887 |
| BIOPOLE: un sistema di supporto alle decisioni (DSS) web-GIS per la localizzazione ottimale degli impianti a biomassa <i>G. Maffei, D. Roncolato, A. Cherubini, A. Bernardoni, S. Greco, A. Boccardi, A. Chiesa, M. Brolis, M. Fasano</i> | 895 |
| CO20 e la pianificazione energetica <i>G. Maffei, D. Roncolato, R. Gianfreda, G. Fedeli, S. Greco, L. Geronimi, A. Cherubini</i> | 905 |
| Un'applicazione per il monitoraggio del consumo di suolo <i>S. Malagesi, F. Baiocco, I. Marinosci, M. Munafò</i> | 913 |
| L'applicazione WebGIS Microzonazione Sismica sul portale cartografico della Provincia di Modena www.sistemonet.it <i>A. Manicardi, A. Fraulini, C. Ugoletti, B. Mengoli</i> | 919 |
| In volo sul passato: il Progetto Geomemories <i>A. Marchetti, E.J. Sheperd, M. Tesconi, A. Lugari</i> | 925 |
| Fotovoltaico su suolo agricolo: il caso Marchigiano <i>E. Marcheggiani, A. Galli, G. Paci, G. Santicchia, M. Bocci</i> | 927 |

| | |
|--|------|
| Una infrastruttura di dati territoriali open-source per la pianificazione territoriale conforme alle normative urbanistiche <i>G. Martirano, V. Gagliardi, F. Vinci, M. Gaccione, M. Zupi</i> | 933 |
| FIRE: un sistema di HOTSPOT detection per le regioni del Mediterraneo e dell’Africa <i>C. Marzo, R. Loizzo, L. Garramone, G. Priore, G. Guarino</i> | 935 |
| Valutazione spazializzata per la valorizzazione, tutela e pianificazione paesaggistica <i>D.E. Massimo, A. Barbalace, C. Fragomeni, A. Marzo Micale</i> | 941 |
| Mappatura delle macrofite acquatiche del lago di Garda tramite immagini MIVIS <i>E. Matta, M. Bresciani, C. Giardino, R. Bolpagni, G. Pellegrini, F. Braga</i> | 949 |
| Un approccio sistematico per l’analisi di mobilità tramite l’uso di immagini geolocalizzate <i>M. Meini, R. Nocera, G. Spinelli</i> | 957 |
| Elaborazione di indicatori sintetici di rischio del patrimonio scolastico pugliese <i>S. Milella, L. Guastamacchia</i> | 963 |
| Implementazione di servizi web per la valorizzazione della cartografia storica di Como: il progetto Web C.A.R.T.E. <i>M. Minghini</i> | 971 |
| Verso una biodiversità diffusa: la rete ecologica della Provincia di Pisa <i>F. Monacci, S. Cavalli, L. Mini, A. Panicucci, A. Sani</i> | 979 |
| Il catasto francese di Valdieri: da documento storico a risorsa digitale per il territorio <i>C. Monaco</i> | 987 |
| La realtà, la sua immagine e l’interpretazione geometrica: La chiesa di Santa Sofia a Padova <i>C. Monteleone</i> | 995 |
| Metodologie innovative per il supporto nella progettazione e l’analisi delle prestazioni di impianti ad energia solare a concentrazione ed eolici off-shore utilizzando immagini satellitari ottiche e SAR <i>M. Morelli, A. Masini, M.A.C. Potenza</i> | 1001 |
| Leica SmartNet Monitoring Service per il controllo in continuo di reti GNSS RTK e di reti GNSS per il monitoraggio di deformazioni <i>M. Mozzon, F. Matonti, A. Caligaris</i> | 1007 |
| Validazione della mappa europea delle aree impermeabili ad alta risoluzione a livello locale <i>M. Munafò, V. De Pasquale, D. Iasillo, V. Barbieri</i> | 1013 |
| Generalizzazione degli elementi della CTR Toscana e delle banche dati regionali per finalità paesaggistiche: una sperimentazione <i>F. Nardini, C. Ciampi, M. De Silva, M. Ercolini, E. Loi, F. Lucchesi, I. Scatarzi</i> | 1021 |
| Tre anni dopo il terremoto a L’Aquila: il monitoraggio di una emergenza che continua <i>F. Nebbia</i> | 1029 |
| Geomatica nei contesti investigativo e giudiziario (Luoghi di latitanza) <i>P. Nicolosi, D. Mazzaglia</i> | 1037 |
| Un atlante della periodizzazione della crescita insediativa Toscana <i>C. Nostrato, M. Angeletti, B. Giusti, F. Lucchesi, I. Scatarzi</i> | 1041 |
| Il sistema di gestione dati del progetto EnvEurope per il monitoraggio ecologico a lungo termine nella rete LTER <i>A. Oggioni, P. Carrara, T. Kliment, J. Peterseil, H. Schentz</i> | 1049 |
| Selettività degli incendi forestali in ambiente alpino <i>S. Oliveri, M. Pregnotato, G. Gerosa</i> | 1059 |
| Jeco guides. Una geo-piattaforma editoriale per la generazione di guide turistiche fruibili su smart phone <i>S. Oliveri, L. Garibaldo, F. Primatesta, C. Rossini, F. Sinopoli, M.L. Venuta</i> | 1067 |

| | |
|---|------|
| Mapping function troposferiche e loro effetti sulla stima GNSS <i>S. Paternostro, M. Chersich, D. Curone, M. Osmo</i> | 1075 |
| Fotogrammetria e Computer Science per Analisi e Visualizzazione dell'Archeologia degli Elevati <i>D. Peloso, P. Drap, D. Merad, J-M Boi, J. Seinturier, C. Reidinger, G. Vannini, M. Nucciotti, E. Pruno</i> | 1083 |
| Calcolo della rendita presunta degli immobili fantasma: contributo delle immagini aerofotogrammetriche da multicamere digitali oblique <i>M. Pepe, G. Prezioso, R. Santamaria</i> | 1091 |
| Procedure di controllo di reti GNSS per Servizi di Posizionamento a scala nazionale: il caso NetGEO Rete Topcon-Sokkia <i>N. Perfetti, P. Centanni, G. Fastellini, G. Molinelli, A. Pellegrinelli, G. Perrucci</i> | 1097 |
| Uno strumento per la definizione di indicatori multi scalari per l'esplicitazione delle relazioni tra componenti della città <i>S. Pili, S. Sini, E. Abis</i> | 1103 |
| Rilievo fotogrammetrico di parti dell'ospedale San Paolo a Savona <i>G. Pinto</i> | 1111 |
| GIS e Telerilevamento per l'assistenza umanitaria. Applicazioni nel Programma Alimentare Mondiale <i>L. Prades, A. Amparore</i> | 1117 |
| Una piattaforma webGIS per la mappatura degli eventi estremi in foresta in ambito alpino <i>M. Pregnolato, S. Oliveri, M. Pomatti, G. Gerosa</i> | 1125 |
| Integrazione per la gestione ottimale dei sistemi a rete <i>C. Ravenna, R. Avannati, A. Borzi, F. Di Salvo</i> | 1133 |
| Consumo del suolo, antropizzazione, alluvioni e reti ecologiche. Alcune considerazioni di metodo <i>L.S. Rizzo, R.G. Rizzo, P. Tizzani</i> | 1141 |
| Simulazioni di traffico veicolare e modello radiativo: una interpretazione congiunta <i>M. Roffilli</i> | 1151 |
| GeoNet: un software per la compensazione di reti topografiche integrate <i>L. Rossi, D. Sampietro, F. Sansò</i> | 1157 |
| Tecniche di analisi per la valutazione delle strategie di recupero urbano. Il caso della periferia di Quartu sant'Elena <i>V. Saiu, S. Pili, E. Abis</i> | 1165 |
| Prima e dopo il Parco: monitoraggio delle variazioni ambientali tramite dati Landsat multitemporali <i>R. Salvatori, P. Plini, G. Tondi</i> | 1173 |
| Web-gis storico-archeologico della Val di Vara <i>E. Salvatori, M. Baldassarri, P. Mogorovich</i> | 1179 |
| Land Change Modeler di IDRISI per la previsione CORINE 2006 e per la valutazione della copertura territoriale 1990-2006 <i>F. Saveriano, M. Zicarelli</i> | 1187 |
| Generalizzazione Automatica del DB50 IGM: i risultati della ricerca CARGEN <i>S. Savino, M. Rumor, S. Congiu, M. De Gennaro, A. Zampieri</i> | 1195 |
| Aspetti dell'innovazione digitale nelle pratiche di gestione del territorio. A proposito del rapporto tra cittadini e comuni <i>G. Scanu, C. Podda</i> | 1201 |
| Generalizzazione dell'Uso del Suolo ai fini paesaggistici <i>I. Scatarzi, M. Angeletti, C. Ciampi, M. De Silva, M. Ercolini, B. Giusti, E. Loi, F. Lucchesi,</i> | |

| | |
|---|------|
| <i>F. Nardini, C. Nostrato</i> | 1211 |
| Rilievo dinamico tridimensionale di ammassi granulari in movimento con tecniche fotogrammetriche <i>P. Scotton, D. Dallavalle</i> | 1219 |
| Geostatistica per le rinnovabili: vocazione territoriale del Minieolico in Veneto <i>A. Seravalli</i> | 1227 |
| Simulazione e sistemi idroinformatici per la gestione della risorsa idrica <i>C. Schifani, I. Borsi, R. Rossetto</i> | 1233 |
| Piattaforma software per un turismo montano sicuro <i>G.L. Spoto, L. Cavallin, A. Frisiello, A. Lotito, F. Scullino, C. Marin</i> | 1241 |
| Utilizzo di Alberi Decisionali per la classificazione di aree urbanizzate <i>S. Steffenino, I. Angeluccetti, F. Disabato</i> | 1249 |
| Il Geoportale europeo INSPIRE parla 23 lingue <i>J. Stutte, J. Fitzke, M. Zotti</i> | 1257 |
| Database topografici e calamità naturali <i>L. Surace</i> | 1263 |
| Norme per la rappresentazione della Carta Gravimetrica d'Italia alla scala 1:50.000 <i>D. Tacchia, S. Grossi</i> | 1277 |
| Criteri per l'allestimento dei fogli CARG con geologia marina <i>D. Tacchia, S. Falcetti</i> | 1283 |
| Applicazione della tecnologia Field-Map in selvicoltura urbana: sviluppo di GIS per l'inventario e la gestione dei parchi storici <i>A.Tomao, V. Quatrini, M. Agrimi, R. Cartisano, W. Mattioli, D. Giuliarelli</i> | 1289 |
| Potenzialità del telerilevamento laser scanner aereo per la classificazione delle coperture forestali in funzione della forma di governo <i>D. Travaglini, F. Bottalico, G. Chirici, P. Corona, S. Nocentini</i> | 1295 |
| Itinerari in Lombardia: una piattaforma per la redazione e la fruizione su web <i>S. Urbisci, P. Milani</i> | 1303 |
| Tecniche di rilievo tridimensionale e rischio idrogeologico: condivisione in rete di dati in alta risoluzione LiDAR. Il caso di studio della Regione Veneto <i>G.P.M. Vassena, T. Chiamone, R.G. Rizzo, L.S. Rizzo, P. Tizzani</i> | 1309 |
| Il fotorilevamento per lo studio e il monitoraggio delle formazioni erbose rupicole calcicole o basofile dell'Alyso-Sedion albi <i>A. Velli, G. Pellis, G. Puppi, C. Ferrari, G. Pezzi</i> | 1317 |
| Controllo laser scanning del rifacimento della pavimentazione di una piazza <i>D. Visintini, A. Spangher</i> | 1325 |
| Rilievo della vegetazione sommersa della laguna di Venezia utilizzando dati LDCM/OLI simulati con dati EO-1/ALI <i>A. Zandonella</i> | 1333 |
| L'informazione geografica nella rilevazione dei numeri civici <i>A. Zullo</i> | 1341 |
| Confronto, su territorio campano, tra modello geoidico EGM2008 e modello di ondulazione da grigliati <i>M. Pepe, G. Prezioso, R. Santamaria</i> | 1349 |
| La qualità dell'informazione volontaria nei sistemi informativi geografici: alcune riflessioni <i>L. Criscuolo, P. Carrara, G. Bordogna, M. Pepe</i> | 1357 |

| | |
|---|------|
| Il riconfinamento della pertinenza dell'ex linea ferrata a scartamento ridotto dismessa Palermo-Corleone-San Carlo nell'ambito del progetto di conversione in piste ciclabili e percorsi <i>L. Di Marco</i> | 1365 |
| La realizzazione della componente italiana dei servizi Pan-Europei Land Cover del GMES/GIO 2011-2013 <i>Valter Sambucini, Nico Bonora, Ines Marinosci, Michele Munafò</i> | 1373 |
| Provincia di Vicenza: armonizzazione dei dati e interoperabilità <i>M. Cominato</i> | 1375 |
| Il sistema informativo SISBON. Un esempio di gestione integrata della banca dati dei siti interessati da procedimento di bonifica in Toscana <i>M. Bazzani, C. Berti, C. Licciardello, S. Menichetti, B. Sandri</i> | 1379 |
| Realizzazione di cartografia di dettaglio di area franosa attraverso l'uso di UAV planante Sensefly e software innovativo APS per generare ortofoto, DSM e DTM <i>D. Ballavita, L. Tolomei, A. Mazzitelli</i> | 1387 |

Sull'impiego del monitoraggio geomatico per la stima dei parametri nei modelli di calcolo degli spostamenti strutturali

Maria Grazia D'Urso (*), Paolo Russo (**), Salvatore Sessa (***)

(*) DICeM, Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale, Via G. Di Biasio 43, 03043 Cassino (FR), Tel. +39-0776 2994309; Fax:089 2580897; durso@unicas.it

(**) Dipartimento di Ingegneria, Università di Ferrara, Viale Saragat 1, 44121 Ferrara, Tel. +39-0532 974950, paolo.russo@unife.it

(***) DIS, Politecnico di Milano, P.zza L. Da Vinci 32, 20133 Milano, Tel. 3339176371, sal.sessa@gmail.com

Sommario

La stima a-priori dei cedimenti delle strutture di fondazione è di grande importanza nella scelta degli interventi di prevenzione dei danni che possono essere causati a un fabbricato o ad una infrastruttura da cantieri interferenti. In questo lavoro si presentano i risultati di uno studio riguardante i cedimenti fondali di alcuni fabbricati ubicati in prossimità di un'area di scavo profondo destinata alla realizzazione di un parcheggio multipiano in un centro urbano. In particolare si mostra come i movimenti misurati mediante livellazione digitale di alta precisione possano essere utilizzati per la calibrazione dei parametri di un modello di calcolo agli elementi finiti (FEM) della zona interessata dallo scavo. Il modello è opportunamente semplificato in modo da poter essere utilizzato con sufficiente affidabilità in applicazioni tecniche correnti.

Abstract

A-priori estimate of the vertical displacements of foundations is particularly important for selecting the preliminary activities able to prevent damages to buildings or infra-structures caused by nearby construction sites. In this paper we present the results of a study concerning the evaluation of the foundation displacements of some buildings close to an urban area where deep excavations have been carried out for constructing a multi-floor parking. It is shown in particular how the displacements measured from high precision digital leveling can be used for calibrating the parameters of a FEM model of the area interested by the excavation. The model is adequately simplified to be used with sufficient reliability in common technical applications.

Il monitoraggio geodetico applicato alle strutture

Le tecniche di monitoraggio e controllo hanno subito nel corso degli ultimi 40 anni una notevole evoluzione in quanto, accanto ai metodi tradizionali, spesso ancora assai affidabili ed accurati, sono gradualmente comparsi strumenti, sensori e sistemi di controllo innovativi che hanno introdotto nuove possibilità in questo settore.

Nel presente lavoro si farà riferimento al “*monitoraggio strutturale*”, intendendo per esso la procedura con la quale si confrontano in continuo dati sperimentali con dati progettuali consentendo di conoscere in tempo reale il grado di sicurezza di un'opera. Poiché il confronto avviene tra dati misurati (il più probabile modello sperimentale) e dati calcolati (il più probabile modello teorico), è ovvio che il problema assume immediatamente una connotazione stocastica che trova ambito naturale nelle misure di alta precisione.

Tipicamente i dati acquisiti sperimentalmente durante un'attività di monitoraggio sono costituiti da spostamenti di punti significativi della struttura. Tali spostamenti vengono giudicati eccessivi quando superano di almeno un ordine di grandezza quelli ottenuti da un modello di calcolo, e sono

pertanto indicativi di potenziali situazioni di rischio per la statica e la funzionalità dell'opera da realizzare o già esistente.

Tale problematica ha assunto notevole valenza in tempi recenti a causa del gran numero di scavi profondi eseguiti in aree fortemente urbanizzate, tipicamente per la realizzazione di parcheggi sotterranei o di linee di metropolitane. Conseguentemente, la scelta della tecnologia di scavo e la successione delle sue fasi può avere notevole influenza sulla integrità delle costruzioni adiacenti alle aree di scavo.

In tal caso gli spostamenti da misurare sono quelli di punti di controllo materializzati sia sugli edifici esistenti che sulla struttura in costruzione. Gli obiettivi del monitoraggio sono fondamentalmente legati alla valutazione della capacità delle fondazioni degli edifici già costruiti, al controllo degli assestamenti strutturali e alla definizione di un'area di rottura potenziale.

Peraltro, in tali casi, il problema maggiore è costituito dalla determinazione dei valori più plausibili da attribuire ai parametri geotecnici del modello di calcolo. Infatti, tale aspetto costituisce quello di gran lunga più delicato attesa l'anisotropia dei terreni ed il loro comportamento non lineare. Non a caso, è ritenuto più che soddisfacente un modello di calcolo che riesca a stimare l'ordine di grandezza del massimo cedimento atteso.

Inoltre è importante effettuare il monitoraggio sia in fase di realizzazione dell'opera che dopo la sua realizzazione in quanto i fattori che provocano i cedimenti possono essere differenti tra una fase e l'altra. Per progettare un intervento di monitoraggio è necessario conoscere:

- il contesto entro cui si inserisce l'opera;
- i punti significativi dell'opera di cui si vogliono conoscere i movimenti e le direzioni principali di spostamento;
- il sistema di riferimento rispetto a cui riferire le misure e le direzioni di movimento;
- l'ordine di grandezza degli spostamenti dell'opera e le incertezze attribuibili;
- la strumentazione, lo schema geometrico (rete o altro), l'algoritmo di calcolo che consentono di avere nel tempo misure congrue a quelle del punto precedente;
- la valutazione della minima condizione di rischio.

Lo spazio in cui si realizzerà l'opera di cui si vuole eseguire il monitoraggio, costituisce il "*cantiere delle misure*". Quest'ultimo, a differenza del cantiere di costruzione, è un cantiere *permanente* che nasce in quello di costruzione, resta operativo per tutta la vita utile dell'opera e durante questo tempo deve essere sempre agibile.

L'agibilità di questo cantiere è peculiare perché consiste nella possibilità di ripetere nel tempo le misure che si ritengono utili per definire la posizione nel tempo di punti significativi della struttura.

Nell'area impegnata dal cantiere delle misure andranno sviluppate la rete di controllo su cui appoggiare tutte le operazioni di rilevamento del terreno e l'installazione di sottoreti necessarie all'individuazione di punti fissi.

L'applicazione di differenti metodologie di rilevamento topografico rappresenta uno strumento efficace per il monitoraggio statico degli edifici che ancora oggi risulta spesso economicamente più vantaggioso, affidabile e completo rispetto a sistemi di acquisizione in continuo.

Un esempio di monitoraggio geodetico

Il sistema di monitoraggio di precisione che si illustra è stato realizzato per il controllo di possibili effetti indotti sui fabbricati prospicienti la centrale Piazza XXIV Maggio, in Salerno, interessata dai lavori di scavo profondo eseguiti per la costruzione di un parcheggio sotterraneo multipiano. L'attività di monitoraggio è consistita in una serie di campagne di livellazione geometrica di alta precisione eseguite su una rete di n. 40 capisaldi verticali, a superficie sferica in acciaio, installati sulle pareti di fondazione dei fabbricati di controllo, in prossimità del piano campagna, all'interno di pozzetti in PVC chiusi.

Il caposaldo "*zero*" è stato individuato in prossimità dello spigolo Nord Est dell'edificio sede del Tribunale di Salerno su Corso Vittorio Emanuele, e per ogni strada di accesso alla piazza sono stati individuati degli anelli di livellazione secondari di riferimento.

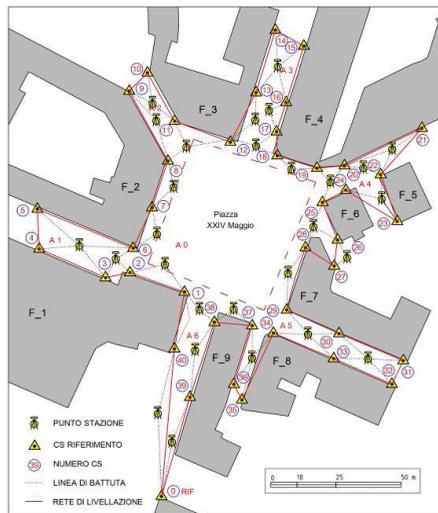


Figura 1. Rete di Monitoraggio dei fabbricati prospicienti Piazza XXIV Maggio: schema delle misure.

La particolare conformazione del sito che presenta sull'intera rete di livellazione più di 14 m di dislivello, la presenza di un cantiere che con le sue recinzioni limita la visibilità, l'alta densità di traffico hanno richiesto campagne di misura notturne, sia per il rilievo iniziale al tempo t_0 che per le campagne successive alla t_0 . L'esecuzione di una singola campagna di misura ha richiesto in media circa 8 ore continue di operazioni di misura. La strumentazione impiegata è consistita in un livello digitale TOPCON modello DL101C e stadie di invar codificate di altezza 3 m e 5 m.

Complessivamente le campagne di misura sono state in numero di 8 e sono state eseguite nel periodo 2004-2007; le prime due campagne di misura intervallate di 1 anno, prima dell'inizio effettivo dei lavori, sono state svolte su richiesta della Direzione Lavori, rispettivamente nel luglio 2004 e nel luglio 2005. In tal modo è stato possibile verificare la presenza eventuale di fenomeni deformativi in atto ancor prima dell'insediamento del cantiere e dovuti a cause diverse da quelle legate alla realizzazione del parcheggio.

In entrambe le sessioni di misura al tempo " t_0 " è stato eseguito il rilievo globale della rete costituita da 40 capisaldi collegati tra loro da uno schema geometrico che consente la localizzazione e la rimozione di errori grossolani, nonché la stima della precisione dei risultati, indispensabile per la valutazione della significatività dei movimenti.

Lo schema della rete, costituita da 9 anelli chiusi e indipendenti tra loro, connessi in modo da comprendere tutti i punti di controllo, è tale da consentire il controllo di tutte le misure e individuare immediatamente la presenza di eventuali errori grossolani. Soltanto il caposaldo 23 è stato collegato alla rete mediante un ramo aperto. Dopo avere constatato che gli errori di chiusura dei suddetti anelli sono risultati tutti inferiori alla tolleranza tipica della livellazione geometrica di alta precisione, si è proceduto alla compensazione della rete ai minimi quadrati, assumendo la quota del caposaldo di riferimento pari a 10,00 metri.

Ottenuti i risultati della compensazione, si è proceduto al confronto tra le quote determinate in una generica campagna di misure e la prima.

La variazione di quota di un qualsiasi caposaldo verificatasi tra due campagne di misura si considera significativa, cioè dovuta ad un effettivo movimento del caposaldo stesso, se la sua entità è superiore all'incertezza da cui è affetta la variazione stessa, per effetto degli errori di misura. Tale

incertezza è facilmente calcolabile sulla base delle deviazioni standard delle quote che risultano dalla compensazione delle misure i cui valori massimi sono riassunti nella seguente tabella.

| Campagna | Anno | Dev. St. max [mm] |
|----------|---------------|-------------------|
| 1° | 2004 | 0,40 |
| 2° | 2005 | 0,40 |
| 3° | Luglio 2006 | 0,59 |
| 4° | Ottobre 2006 | 0,69 |
| 5° | Novembre 2006 | 0,33 |
| 6° | Gennaio 2007 | 0,38 |
| 7° | Aprile 2007 | 0,57 |
| 8° | Ottobre 2007 | 0,60 |

Tabella 1. Valori massimi delle deviazioni standard nelle varie campagne di misura.

Pertanto la variazione di quota ΔH di un caposaldo relativa a due generiche campagne di misura, una al tempo t_i e l'altra al tempo t_j , si considera significativa se supera il doppio della deviazione standard $\sigma_{\Delta H}$. In tal caso la probabilità che essa indichi un movimento è circa del 95%.

| Capisaldi | DIFFERENZE DI QUOTA TRA LE VARIE CAMPAGNE DI MISURA | | | | | | | |
|-----------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2° - 1° | 3° - 1° | 4° - 1° | 5° - 1° | 6° - 1° | 7° - 1° | 8° - 1° | 9° - 1° |
| | ΔH [m] | ΔH [m] | ΔH [m] | ΔH [m] | ΔH [m] | ΔH [m] | ΔH [m] | ΔH [m] |
| CS Rif 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | -0.0006 | -0.0019 | -0.0029 | -0.0033 | -0.0032 | -0.0032 | -0.0048 | -0.0040 |
| 2 | -0.0006 | -0.0024 | -0.0036 | -0.0045 | -0.0046 | -0.0050 | -0.0068 | -0.0073 |
| 3 | -0.0021 | -0.0037 | -0.0059 | -0.0073 | -0.0077 | -0.0078 | -0.0103 | -0.0100 |
| 4 | 0.0002 | 0.0003 | -0.0007 | -0.0017 | -0.0012 | -0.0010 | -0.0022 | -0.0014 |
| 5 | 0.0003 | 0.0006 | -0.0003 | -0.0013 | -0.0006 | -0.0004 | -0.0014 | -0.0002 |
| 6 | -1E-04 | -0.0025 | -0.0032 | -0.0036 | -0.0033 | -0.0037 | -0.0050 | -0.0045 |
| 7 | -0.0003 | -0.0013 | -0.0022 | -0.0032 | -0.0026 | -0.0027 | -0.0038 | |
| 8 | -0.0002 | -0.001 | -0.002 | -0.0026 | -0.0019 | -0.0022 | -0.0031 | |
| 9 | -0.0171 | -0.0171 | -0.0181 | | -0.0183 | -0.0187 | -0.0199 | |
| 10 | -0.0007 | -0.0002 | -0.0009 | | -0.0011 | -0.0013 | -0.0021 | |
| 11 | -0.0003 | -1E-04 | -0.0012 | -0.0021 | -0.0011 | -0.0013 | -0.0022 | |
| 12 | -1E-05 | 0.0003 | -0.0011 | -0.0018 | -0.0006 | -0.0008 | -0.0020 | |
| 13 | -0.0003 | 0.0008 | -0.0007 | | -0.0005 | 0.0000 | -0.0015 | |
| 14 | -0.0004 | 0.0008 | -0.0004 | | -0.0005 | -0.0003 | -0.0013 | |
| 15 | -0.0007 | 0.0004 | -0.0006 | | -0.0009 | -0.0007 | -0.0017 | |
| 16 | -0.004 | -0.0037 | -0.0049 | | -0.0053 | -0.005 | -0.0061 | |
| 17 | -0.0009 | -1E-04 | -0.001 | | -0.0014 | -0.0012 | -0.0021 | |
| 18 | -0.0003 | 0.0003 | -0.0011 | -0.0015 | -0.0006 | -0.0007 | -0.0019 | |
| 19 | -0.0003 | -0.0003 | -0.0013 | -0.0016 | -0.0010 | -0.0008 | -0.0016 | |
| 20 | -0.0006 | 0 | -0.0011 | | -0.0009 | -0.0006 | -0.0014 | |
| 21 | -0.0007 | -0.0003 | -0.0015 | | -0.0011 | -0.0004 | -0.0018 | |
| 22 | -0.0005 | 0.0003 | 0.0012 | | -0.0007 | -0.0002 | -0.0012 | |
| 23 | -0.0008 | -0.0008 | 0.0007 | | -0.0016 | -0.0015 | -0.0025 | |
| 24 | -0.0004 | 1E-04 | -0.001 | | -0.0010 | -0.0005 | -0.0018 | |
| 25 | -0.0004 | -0.0004 | -0.0014 | -0.0017 | -0.0015 | -0.0013 | -0.0020 | |
| 26 | -0.0005 | -0.0002 | -0.0013 | | -0.0013 | -0.0010 | -0.0020 | |
| 27 | -0.0004 | -1E-04 | -0.0011 | | -0.0012 | -0.0007 | -0.0019 | |
| 28 | -0.0003 | -1E-04 | -0.0009 | -0.0012 | -0.0008 | -0.0008 | -0.0015 | |
| 29 | -0.0001 | 0.0003 | -0.0005 | -0.0002 | -0.0003 | -0.0003 | -0.0010 | |
| 30 | -0.0001 | 0.0003 | -0.0007 | | -0.0004 | 1E-04 | -0.0010 | |
| 31 | -1E-04 | 0.0003 | -0.0007 | | -0.0003 | -0.0002 | -0.0008 | |
| 32 | -0.0007 | -0.0005 | -0.0017 | | -0.0015 | -0.0014 | -0.0020 | |
| 33 | -0.0006 | -0.0003 | -0.0014 | | -0.0013 | -0.0012 | -0.0016 | |
| 34 | -0.0007 | -0.0006 | -0.0013 | -0.0012 | -0.0012 | -0.0011 | -0.0016 | |
| 35 | -0.0008 | -0.0003 | -0.0015 | | -0.0014 | -0.0012 | -0.0014 | |
| 36 | -0.0018 | 0 | -0.0008 | | -0.0015 | -0.0010 | -0.0012 | |
| 37 | -0.0011 | -0.0003 | -0.0009 | -0.0011 | -0.0013 | -0.0011 | -0.0013 | |
| 38 | -0.0007 | -0.0006 | -0.0011 | -0.0015 | -0.0017 | -0.0012 | -0.0016 | -0.0020 |
| 39 | -0.001 | -0.0007 | -0.001 | -0.0015 | -0.0015 | -0.0011 | -0.0015 | -0.0017 |
| 40 | -0.0006 | 0 | -0.0006 | -0.001 | -0.0008 | -0.0003 | -0.0010 | -0.0009 |

Tabella 2. Variazioni di quota dei capisaldi.

Assumendo come misura precauzionale il valore massimo di $\sigma_{\Delta H}$ e cioè

$$\sigma_{\Delta H} = \sqrt{\sigma_{\max,ti}^2 + \sigma_{\max,tj}^2} \quad [1]$$

si ritiene significativa al 95% o al 99% una variazione di quota superiore a $2\sigma_{\Delta H \max}$ e a $3\sigma_{\Delta H \max}$ rispettivamente.

Essendo opportuno utilizzare soltanto due valori per l'incertezza delle variazioni di quota, è risultato, dai valori massimi delle deviazioni standard ottenuti dalla compensazione eseguita nelle varie campagne di misura, che una variazione di quota si poteva considerare significativa al 95% o al 99% se risultava superiore o uguale rispettivamente a 1,5 mm e a 2,0 mm.

Nella Tab. 2 sono riportate le differenze di quota tra le 8 campagne di misura svolte per l'intera rete e la campagna n. 9 eseguita solo in corrispondenza dello scavo centrale; per semplicità ci si limita a evidenziare le variazioni significative al 95% (evidenziate in rosso) e al 99% (evidenziate in grigio) solo nei risultati del confronto tra la prima e l'ottava campagna di misure, e tra la prima e l'ultima campagna di misure n.9 in cui come detto è stato eseguito un controllo parziale della rete.

A titolo di esempio nella Figura 2 sono riportati i grafici degli abbassamenti dei capisaldi più significativi, in particolare i capisaldi 2, 3 e 6 che presentano un trend di abbassamento molto netto. Per quanto non è possibile dire se tali variazioni siano effettivamente indicative di un movimento o, semplicemente, siano dovute agli inevitabili errori di misura.

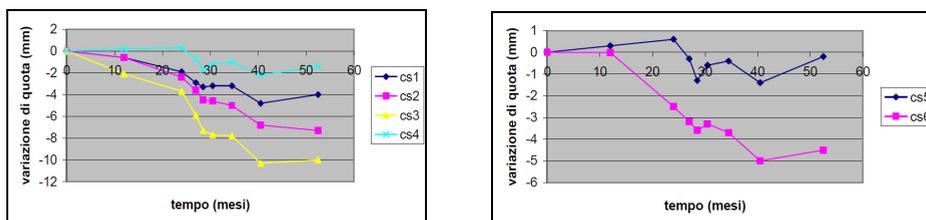


Figura 2. Abbassamenti di alcuni capisaldi della rete in funzione del tempo.

Il modello degli spostamenti attesi

L'intervento di scavo in ambito urbano impone sempre una certa attenzione nella valutazione degli effetti che questo può indurre sulla stabilità o sulla funzionalità delle costruzioni che sorgono in prossimità dello scavo stesso. In tal senso, e' utile un confronto tra i cedimenti dei capisaldi solidali agli edifici ed i relativi valori attesi.

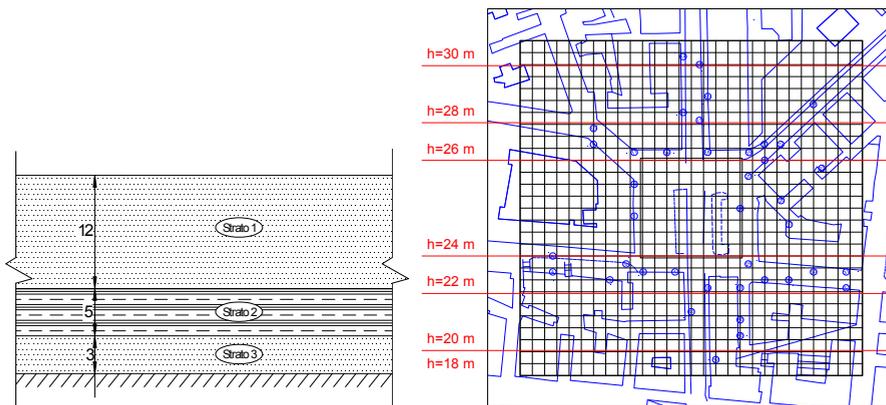


Figura 3. a) Stratigrafia del terreno; b) mesh del modello agli elementi finiti.

Questi ultimi sono stati stimati mediante analisi numeriche agli elementi finiti che hanno simulato l'intera procedura di scavo. I parametri meccanici del terreno sono stati definiti sulla base della stratigrafia desunta dalla relazione geologico–tecnica a corredo del progetto e riassunta nella figura 4a. Nello specifico, gli strati si presentano prevalentemente sabbiosi con inclusioni di lenti a grana fina. I valori caratteristici, riportati di seguito, hanno permesso la definizione meccanica degli elementi finiti secondo un modello elastico alla Winkler.

| Strato | E (kg/cm ²) | ϕ_1 | γ_1 (kg/cm ³) |
|--------|-------------------------|----------|-----------------------------------|
| 1 | 500 | 40° | 1800 |
| 2 | 120 | 28° | 1500 |
| 3 | 1000 | 40° | 1800 |

Tabella 3. Parametri meccanici del terreno.

Dalle relazioni progettuali, inoltre, si evince la presenza di una paratia che delimita lo scavo e ne costituisce le pareti perimetrali. Ne consegue uno schema 3D ad elementi finiti con elementi brick, per la modellazione del terreno, interagenti con elementi shell, per la modellazione della paratia, la cui planimetria e' schematizzata nella figura 4b. La scelta di tale modellazione e' motivata dalla necessita' di una schematizzazione accurata, al fine di trarre indicazioni attendibili sugli spostamenti che hanno luogo nel terreno a tergo della paratia stessa nelle varie fasi della realizzazione dell'opera.

Confronto tra gli spostamenti misurati e quelli attesi

A valle dell'analisi FEM, e' stato eseguito un confronto tra i cedimenti misurati e quelli stimati dal modello.

In figura 5 si riportano, per i capisaldi ritenuti piu' significativi, i grafici a dispersione in cui sull'asse delle ascisse viene riportato il cedimento misurato, e sulle ordinate quello stimato dal modello FEM in corrispondenza delle 4 fasi di scavo, rispettivamente a 2 m, 6 m, 8 m, 12 m, in accordo con il cronoprogramma dei lavori. Per ciascun grafico e' stata desunta una retta di regressione nonché i rapporti $\frac{\text{spostamenti} - \text{misurati}}{\text{spostamenti} - \text{calcolati}}$.

Come si evince dai grafici il confronto tra spostamenti misurati e spostamenti calcolati (attesi), eseguito per ogni caposaldo, ha mostrato che per ciascuna campagna di monitoraggio esiste una soddisfacente linearità per la maggior parte di essi.

In accordo con i risultati attesi la gran parte degli spostamenti si è verificata nella fase di scavo relativa alla profondità di 6 m. Infine considerando un range tra 0,1 mm e 10 mm, il confronto ha posto in evidenza che al termine della campagna triennale di monitoraggio (2004 – 2007), circa il 60% del numero totale dei capisaldi ha subito cedimenti che rientrano in tale intervallo.

In alcuni casi, tuttavia, la correlazione risulta inaccurata. Si ritiene che tali discrepanze siano da imputare a diversi fattori quali:

- impossibilità di infittire ulteriormente la mesh per limitare l'onere computazionale: gli elementi brick impiegati, di dimensioni (6x6) m in pianta e 2 m in profondità, comportano all'incirca 5×10^5 gradi di libertà del modello complessivo;
- la linearità e l'isotropia del legame costitutivo del terreno assunto nel modello FEM a fronte di un comportamento reale fortemente non lineare ed anisotropo;
- l'incertezza circa il carico trasmesso dai fabbricati, stimato, in mancanza di dati precisi, nel valore di 1 kg/cm² assumendo, inoltre, una sua distribuzione uniforme;
- la presenza di cavità sotto i fabbricati (scantinati, garage, ecc.) non è stata considerata.

Tali considerazioni forniscono anche utili indicazioni su sviluppi futuri della ricerca riguardanti in particolare l'impiego di modelli FEM piu' raffinati in grado di considerare anisotropia e legami costitutivi specifici, nonché una caratterizzazione probabilistica dei carichi esterni agenti sul modello.

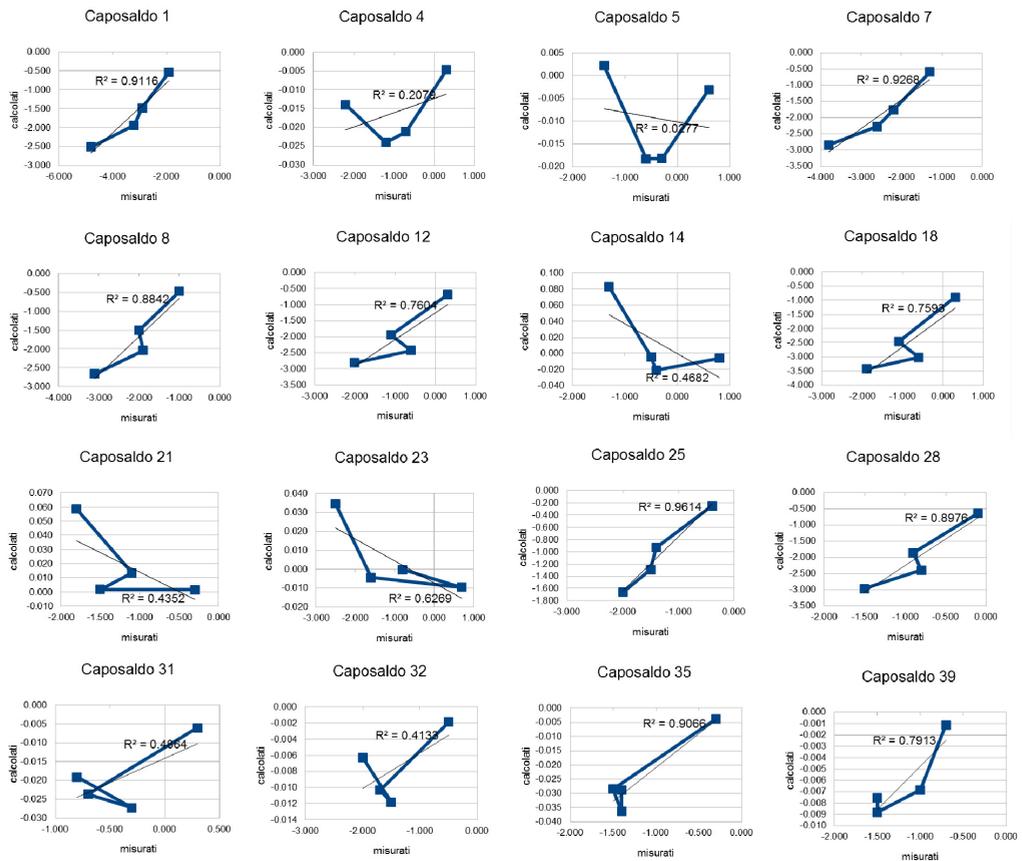


Figura 4. Confronto tra abbassamenti misurati e abbassamenti calcolati.

Conclusioni

Il caso di studio illustrato in precedenza ha mostrato che il monitoraggio di sorveglianza, inteso come monitoraggio geomatico di spostamenti e deformazioni di organismi strutturali, costituisce uno strumento quanto mai efficace nella vita di un'opera. Infatti, esso consente non solo di ridurre, se non eliminare del tutto, contenziosi legali ma anche di avere conferma sperimentale della modellazione adottata, a livello costitutivo e strutturale, e tararne opportunamente i relativi parametri sulla base delle misure eseguite nelle fasi preliminari di scavo e di realizzazione dell'opera.

Tenuto altresì conto del costo relativamente modesto di un monitoraggio di sorveglianza, è lecito affermare che i tempi sono sufficientemente maturi affinché il monitoraggio diventi uno strumento presente fin dal concepimento dell'opera; in questa direzione sarebbe quindi auspicabile un tempestivo intervento delle normative.

Infatti, si ha l'impressione che, nella realizzazione delle opere di ingegneria, la mancanza di un adeguato quadro normativo in materia di monitoraggio dia eccessivo spazio ad un approccio empirico ed approssimativo da parte della maggioranza degli operatori, con il risultato di non conseguire obiettivi significativi in relazione al problema affrontato. Sarebbe, quindi, opportuno provvedere all'elaborazione di linee guida, che siano in grado di fornire metodi e criteri idonei per una casistica quanto più possibile ampia nell'ambito di alcuni aspetti del monitoraggio strutturale.

Bibliografia

- Armer, G.S.T. (2001), *Monitoring and Assessment of Structures*, McGraw Hill, New York
- Ball A. D., Cooper J.E., Worden K. (1991), "On-line system identification techniques for structural analysis and monitoring", *Structural Integrity Assessment*, P. Stanley Ed., Elsevier, 236-245
- Barzaghi R., Pinto L. (2008), "Alcuni aspetti dell'analisi della deformazione", *SIFET*, Sorrento
- Becker J.M., Heister H., Slaboch V. (2000), "New technical standards improving the quality in positioning and measurement", *XX FIG International Congress*, Prague, 21-31
- Bitelli G., Bonsignore F., Unguendoli M. (2000), "Levelling and GPS Networks to Monitor Ground Subsidence in the Southern Po Valley", *J. of Geodynamics*, 30:355-369
- Brigante M., D'Urso M.G. (2006), "Crolli e Affidabilità delle Strutture Civili- Prevenzione e Controllo degli Spostamenti dei Dissesti Strutturali con Tecniche di Monitoraggio di Sorveglianza", *IF CRASH*, Messina
- Coppa U., Guarnirei A., Pirotti F., Vettore A. (2008), "Integrazione di tecniche di rilevamento per il controllo di stabilità di una struttura storica", *Convegno SIFET*, Sorrento
- D'Urso M.G., Russo P. (2006), "Norme tecniche per l'impiego degli apparati digitali di livellazione geometrica", *Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia*, 4:165-178
- Davis E., Marsic S., Rodarmel W. (2008), "Deformation Monitoring Through Multi-Platform Integration", *13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis; 4th Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering*, LNCE, LISBON
- De Seixas A., De Seixas J.R., De Seixas J.J. (2006), "Control and Monitoring of Building Foundations - Applications in Very High Building Structures", *XXIII FIG Congress*, Munich,
- Grafarend, E.W. (1982), "Optimisation of geodetic networks", *DGK, Band B*, 258/III:69-81
- Henriques M. J., Casaca J. (2001), "Monitoring vertical displacements by means of geometric levelling", *Historical Constructions*, P.B. Lourenco and P. Roca (eds.), Guimarães, 403-412
- Ingensand H. (1999), "The use of digital level techniques: limitations and new solutions", *XIX FIG International Congress*, Gavle, 59-68
- Matarazzo L., Arena A.B. (2005), *La statica degli edifici esistenti: indagini e monitoraggio*, Sistemi ditorili ditorE
- Moore J.F.A. (1992), *Monitoring Building Structures*, Blakie & Son Ltd, Glasgow UK
- Radicioni F. (1994), Advanced mathematical analysis of control data of a high precision levelling network for monitoring the settlement of the 1982 Ancona landslide, D.S.M.T., Univ. of Ancona
- Rigo A., Cushing M. (1999), "Effets topographiques sur les comparaisons de profiles de nivellement: cas français de Saint-Paul-de-Fenouillet (Pyrénées-Orientales) et d'Arudy (Pyrénées-Atlantiques)", *Edition scientifiques et médicales*, Paris
- Sessa S., D'Urso M.G. (2013), "Employment of Bayesian networks for risk assessment of excavation processes in dense urban areas" sottoposto *11th Int. Conf. Struct. Safety & Reliability* New York
- Waschitz H., Brunner F. K. (2002), "System calibration of digital levels: experimental results of systematic effects", *INGEO, 2nd Conference of Engineering Surveying*, Kopacik A. and Kyrinovic P. (eds.), Bratislava
- Yetki M., Inal C., Yigit C.O. (2008), "Optimal Design of Deformation Monitoring Networks Using Pso Algorithm", *13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis; 4th Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering*, LNCE, LISBON