**SIFET 03 12**

Bollettino della Società Italiana
di Fotogrammetria e Topografia
n 3 anno 2012

Periodico trimestrale

Sped in abb. post 45%

Decreto legge 24/12/2003 n° 353

convertito in legge il 27/02/2004 n° 46

Cagliari - ISSN 1721-971X

Autorizzazione del Tribunale di Firenze

n. 1515 del 4 dicembre 1962

iscrizione RNS n. 01907 vol. 20 foglio 29
del 27 maggio 1986

Distribuzione gratuita ai soci SIFET

Associato alla

Unione Stampa Periodica Italiana

**Direttore responsabile**

Prof. Alessandro Capra

Comitato di Redazione

Prof. Fulvio Rinaudo

Ing. Paolo Aminti

Dott. Ludovico Biagi

Prof.ssa Maria Brovelli

Ing. Virgilio Cima

Prof. Stefano Gandolfi

Geom. Vittorio Grassi

Prof. Andrea Lingua

Prof.ssa Giannina Sanna

Prof. Aurelio Stoppini

Prof. Luca Vittuari

Segreteria di Redazione

Ing. Cristina Castagnetti

e-mail: redazione@sifet.org

t 059 2056298

f 059 2056126

SIFET

C.P. 286 Cagliari Centro

Piazza del Carmine

09124 CAGLIARI

Progetto grafico

S. Asili, G. Toneguzzi

Autorizzazione del Tribunale

di Firenze n. 1515 del 4.12.62

iscrizione R.N.S.

n. 01907 vol. 20 foglio. 29

del 27.5.86

**ABBONAMENTO ANNUALE
AL BOLLETTINO**

Soci: distribuzione gratuita

Non Soci:

Italia e Comunità Europea € 95.00

Altri Stati € 120.00

In questo numero:**Nella foto sopra**

Museo Ferrari - Maranello (MO): la Sala delle Vittorie celebra i successi della Scuderia Ferrari in Formula 1, dalla sua nascita a oggi, attraverso una suggestiva panoramica delle monoposto Campioni del Mondo dal 1999 al 2008.

A fianco

Pianta prospettica della città di Modena proveniente dal celebre "Theatro delle città d'Italia con nova aggiunta" di Francesco Bertelli pubblicato a Padova nel 1629.

- 9 Il posizionamento NRTK in alta quota: applicazioni e risultati nell'ambito del Progetto HELIDEM**
Ludovico BIAGI, Paolo DABOVE, Ambrogio M. MANZINO
Cinzia TAGLIORETTI, Maria Grazia VISCONTI
- 27 Rilievo geometrico e caratterizzazione degli ammaloramenti stradali mediante uso di Mobile Mapping Systems**
Maurizio BARBARELLA, Giulio DONDI, Stefano GANDOLFI,
Claudio LANTIERI, Cesare SANGIORGI
- 51 Mobile Laser Scanning per la conoscenza dei fronti architettonici sul Canal Grande**
Andrea ADAMI, Caterina BALLETTI, Francesco GUERRA, Paolo VERNIER
- 65 I sistemi laser scanning nei progetti e percorsi formativi d'Architettura**
Filiberto CHIABRANDO, Antonia SPANÒ
- 85 Le facciate dell'edilizia storica di Venezia. Alcuni casi di rilievo con modalità Laser Scanning**
Michele BONDANELLI, Francesco TROVÒ
- 109 Convegno Nazionale SIFET 2013
Tecniche moderne della geomatica e loro applicazioni in ambito legale e forense**
Catania 25-28 giugno 2013
- 113 La Geomatica per il monitoraggio delle strutture e del territorio**
Giornata studio - Palermo 8 Giugno 2012
Luciano DI MARCO
- 117 I GNSS: dall'inquadramento al rilievo di dettaglio
Convegno Nazionale SIFET 2012**
Modena 22-24 Giugno
Ludovico BIAGI, Cristina CASTAGNETTI, Fulvio RINAUDO
- 120 Concorso 2012/2013
per gli Istituti di istruzione secondaria**

La SIFET
per il quadriennio
2011-2014

Presidente

Prof. Alessandro Capra
c/o DIEF - Università di Modena e
Reggio Emilia
Via Vignolese 905/B
41125 Modena
t 059 2056188
f 059 2056126
e presidente@sifet.org
e alessandro.capra@unimore.it

Vice Presidente

Prof. ssa Anna Spalla
c/o DIET - Università di Pavia
Via Ferrara, 1 - 27100 Pavia
t 0382 985406
f 0382 985419
e anna.spalla@unipv.it

Tesoriere

Dott. Geom. Luciano Di Marco
Via Libertà n. 171
90143 Palermo
t 091 7829121
f 091 7829121
e tesoriere@sifet.org
e lucianodm@tiscali.it

Segretario

Ing. Giuseppina Vacca
c/o DISIG - Facoltà di Ingegneria
Piazza d'Armi - 09123 Cagliari
t 070 6755442
f 070 6755405
e segretario@sifet.org
e vaccag@unica.it

Assessori

Prof. Livio Pinto
c/o DIAR - Politecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci, 32
20133 Milano
t 02 23996525
f 02 23996530
e livio.pinto@polimi.it

Dott. Renzo Maseroli
c/o Istituto Geografico Militare
Via di Novoli, 93 50127 Firenze
t 055 2732442
f 055 417909
e maseroli@tin.it

Sede legale

Via Barberini n.68,
00187 Roma
Partita Iva 04295830154
Codice fiscale 00754730588

Coordinate SIFET

C.C.P. Banco Posta n. 39667761
IBAN IT45Q076010480000039667761
intestato a Sifet C. P. n. 286
Cagliari Centro
Piazza del Carmine
09124 Cagliari

Il Consiglio Direttivo della Società è così costituito

Giunta esecutiva

Presidente

Prof. Alessandro Capra

Vice Presidente

Prof. ssa Anna Spalla

Segretario

Ing. Giuseppina Vacca

Tesoriere

Dott. Geom. Luciano Di Marco

Assessori

Dott. Renzo Maseroli

Prof. Livio Pinto

Membri onorari

Gen. Mario Carlà

Membri di diritto

Direttore dell'Istituto Geografico
Militare

Direttore dell'Istituto Idrografico
della Marina

Direttore del Centro Informazioni
Geotopografiche dell'Aeronautica
Direttore Istituto Superiore per la
Protezione e la ricerca Ambientale
Direttore del Dipartimento del
Territorio

Presidente del Consiglio Nazio-
nale degli Ingegneri

Presidente del Consiglio Nazio-
nale degli Architetti

Presidente del Consiglio Nazionale
dei Geometri e Geometri Laureati

Presidente Sezione Sifet Palermo

Presidente Sezione Sifet Catania

Presidente CS SIFET

Membri ordinari

(oltre ai componenti la giunta
esecutiva)

Prof. Maurizio Barbarella

Ing. Virgilio Cima

Prof. Alberto Cina

Geom. Mauro Fino

Geom. Vittorio Grassi

Geom. Roberto Lietti

Dott. Geom. Stefano Nicolodi

Dott. Geom. Paolo Nicolosi

Prof. Ambrogio Manzino

Prof. Luciano Surace

Probiviri

Egidio Cima

Walter Mentasti

Massimiliano Currado

Revisori dei conti

Sergio Padovani

Carlo Vadi Longa

Le quote sociali (con rinnovo
entro il 31 Marzo) per l'anno
2011 sono le seguenti:

Soci annuali individuali

Euro 60.00 (Europa)

Euro 85.00

Soci annuali collettivi

Euro 300.00 (Europa)

Euro 365.00

Soci annuali giovani (*)

Euro 30.00 (Europa)

Euro 55.00

Soci vitalizi individuali

Euro 780.00 (Europa)

Euro 1170.00

Soci vitalizi collettivi

Euro 2710.00 (Europa)

Euro 3900.00

(*) età inferiore a 26 anni

Per informazioni:

Segreteria Amministrativa

t 070 6755406

f 070 6755405

e amministrazione@sifet.org

Atti
Workshop Venezia

Le facciate dell'edilizia storica di Venezia. Alcuni casi di rilievo con modalità Laser Scanning

Michele BONDANELLI^a

Francesco TROVÒ^b

^a Università degli studi di Bergamo

^b Università IUAV di Venezia

e michele.bondanelli@unibg.it

trovo@iuav.it

Keywords > Edilizia Venezia, dissesto facciate, comportamento strutturale, rilievo, Laser Scanner.

Riassunto > Nella prima parte del contributo sono riportati i risultati di una ricerca condotta presso lo IUAV di Venezia dal 2003 al 2008 e diretta dai proff. F. Doglioni e G. Mirabella Roberti, avente per oggetto il rapporto fra i caratteri costruttivi e il comportamento strutturale dell'edilizia storica della città lagunare. In particolare si dà conto della pratica edilizia antica con cui le murature perimetrali venivano realizzate intenzionalmente in entro-piombo rispetto alla verticale. A questo proposito sono descritti due edifici in cui tale carattere è stato osservato: Ca' Corner de la Frescada e palazzo Soranzo Pisani.

Considerato che un profilo con assetto ad entro-piombo può essere allo stesso tempo risultato di un'azione intenzionale ed effetto riconducibile ad un meccanismo di dissesto, se ne evidenzia l'importanza della corretta interpretazione ai fini dell'analisi diagnostica. Le due componenti sono infatti spesso presenti contestualmente; la loro distinguibilità dipende dai risultati di una accurata azione investigativa, consentita da determinate condizioni di leggibilità e in seguito allo svolgimento di accurati rilievi geometrici.

Nella seconda parte del contributo sono descritti alcuni esempi di rilievi effettuati con la tecnica laser scanning che documentano i caratteri e/o le deformazioni patologiche delle facciate dell'edilizia veneziana, evidenziando l'efficacia del metodo per la comprensione della natura dell'andamento geometrico.

Abstract > In the first part of the paper there are the results of a research about structural behaviour of historical venetian building, directed by professors F. Doglioni and G. Mirabella Roberti, IUAV, Venice 2003-2008. In particular it is described the old technique of "entro-piombo" realization of the external walls, with two examples: Ca' Corner de la Frescada and Soranzo Pisani palaces.

The geometrical structure of the entro-piombo facades has two pos-

Articolo ricevuto in redazione nel mese di Ottobre 2012 e accettato dopo revisione nel mese di Dicembre 2012.

sible components: on one side there is the first building intention, on the other the effect of a structural damage. These two components often coexist, and it is possible their distinguishability by an investigation action, due to precise conditions of visibility, and after geometrical relieves.

In the second part of the paper some laser scanning relief examples are described: they show the characters, the pathological deformations of venetian building facades, they underline the efficacy of the relief method for the right structural analysis.

MICHELE BONDANELLI
Università degli studi di Bergamo

FRANCESCO TROVÒ
Università luav di Venezia

**Le facciate dell'edilizia storica
di Venezia.
Alcuni casi di rilievo
con modalità Laser Scanning**

Le facciate dell'edilizia storica di Venezia. Alcuni casi di rilievo con modalità Laser Scanning

Michele BONDANELLI^a

Francesco TROVÒ^b

^a Università degli studi di Bergamo

^b Università IUAV di Venezia

e michele.bondanelli@unibg.it

trovo@iuav.it

Keywords > Edilizia Venezia, dissesto facciate, comportamento strutturale, rilievo, Laser Scanner.

Riassunto > Nella prima parte del contributo sono riportati i risultati di una ricerca condotta presso lo IUAV di Venezia dal 2003 al 2008 e diretta dai proff. F. Doglioni e G. Mirabella Roberti, avente per oggetto il rapporto fra i caratteri costruttivi e il comportamento strutturale dell'edilizia storica della città lagunare. In particolare si dà conto della pratica edilizia antica con cui le murature perimetrali venivano realizzate intenzionalmente in entro-piombo rispetto alla verticale. A questo proposito sono descritti due edifici in cui tale carattere è stato osservato: Ca' Corner de la Frescada e palazzo Soranzo Pisani.

Considerato che un profilo con assetto ad entro-piombo può essere allo stesso tempo risultato di un'azione intenzionale ed effetto riconducibile ad un meccanismo di dissesto, se ne evidenzia l'importanza della corretta interpretazione ai fini dell'analisi diagnostica. Le due componenti sono infatti spesso presenti contestualmente; la loro distinguibilità dipende dai risultati di una accurata azione investigativa, consentita da determinate condizioni di leggibilità e in seguito allo svolgimento di accurati rilievi geometrici.

Nella seconda parte del contributo sono descritti alcuni esempi di rilievi effettuati con la tecnica laser scanning che documentano i caratteri e/o le deformazioni patologiche delle facciate dell'edilizia veneziana, evidenziando l'efficacia del metodo per la comprensione della natura dell'andamento geometrico.

Abstract > In the first part of the paper there are the results of a research about structural behaviour of historical venetian building, directed by professors F. Doglioni and G. Mirabella Roberti, IUAV, Venice 2003-2008. In particular it is described the old technique of "entro-piombo" realization of the external walls, with two examples: Ca' Corner de la Frescada and Soranzo Pisani palaces.

The geometrical structure of the entro-piombo facades has two pos-

Articolo ricevuto in redazione nel mese di Ottobre 2012 e accettato dopo revisione nel mese di Dicembre 2012.

sible components: on one side there is the first building intention, on the other the effect of a structural damage. These two components often coexist, and it is possible their distinguishability by an investigation action, due to precise conditions of visibility, and after geometrical relieves.

In the second part of the paper some laser scanning relief examples are described: they show the characters, the pathological deformations of venetian building facades, they underline the efficacy of the relief method for the right structural analysis.

Introduzione

Il presente contributo rielabora parzialmente i risultati dello studio finanziato dal Consorzio Ricerche Laguna (CO.RI.LA), condotto presso lo IUAV di Venezia dal 2003 al 2008 e diretto dai proff. F. Doglioni e G. Mirabella Roberti, avente per oggetto il comportamento strutturale dell'edilizia storica di Venezia. In particolare tali risultati sono stati pubblicati nel saggio Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), "VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto" [1] e in particolare nel contributo di F. Doglioni, A. Squassina, F. Trovò, *Aspetti intenzionali a entro-piombo nell'edilizia civile*, in esso contenuto [2].

Osservando l'edilizia storica della città di Venezia ci si accorge molto facilmente che molte murature dei fronti esterni non presentano un andamento verticale, o, per dirla con parole proprie del cantiere edilizio, non sono "a piombo".

Appare significativo a questo proposito quanto riportato da Max Ongaro nel 1882 ed evidenziato nello studio di Angela Squassina [3] che riferisce di come si possa effettivamente percepire a Venezia tale mancanza di verticalità: «Il visitatore, percorso che abbia il magico ed imponente Canal Grande, o vagato per poco attraverso le calli strette tortuose e pittoresche, non dimentica certo le case, i monumenti ed i palazzi contorti e fuori d'appiombo, in lotta con le regole della statica e quasi atteggiati ad eludere la legge della gravità. Un mio amico giustamente riassumeva le sue osservazioni dicendo: che a Venezia si perde il senso della verticale»[10].

Questo aspetto della costruzione pone dal punto di vista operativo un problema di interpretazione diagnostica, riconducibile alla presenza di andamenti inusuali e con deviazioni significative rispetto alla verticalità, con forte predominanza dell'assetto a entro-piombo rispetto a quello fuori-piombo, richiedendo quindi precisione e accuratezza nell'osservazione e nel rilievo della morfologia e dell'entità del fenomeno.

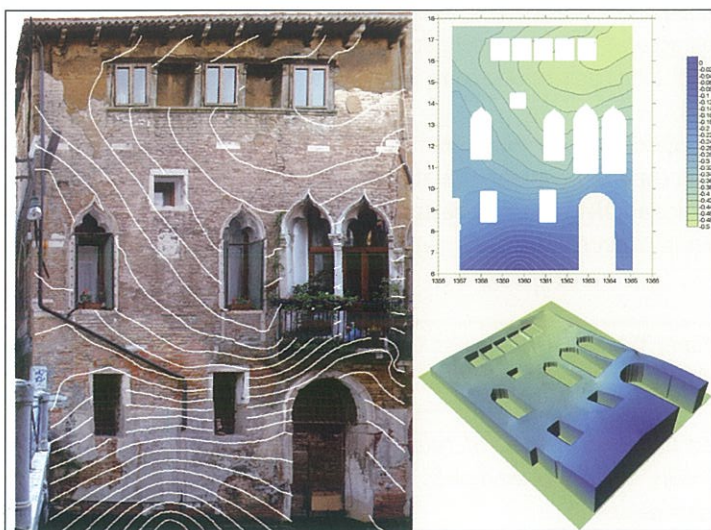


Figura 1 - Edificio gotico nei pressi di campo San Barnaba, sestiere di Dorsoduro, Venezia. A sinistra sono evidenziate le curve isopse riconducibili alla deformazione del piano della superficie del fronte su rio. A destra modellazione 3d del fenomeno osservato.

1. L'entro-piombo osservato sulle facciate: carattere costruttivo o patologia di dissesto strutturale?

Nella fase iniziale della ricerca citata sono state ipotizzate e descritte le possibili motivazioni alle deviazioni macroscopiche rispetto alla verticale dei fronti dell'edilizia storica veneziana (entro-piombo). Queste sono riconducibili:

- al risultato di una intenzionale configurazione geometrica attribuibile all'edificio sin dalla sua costruzione (1);
- all'effetto deformativo di un dissesto intervenuto dopo la costruzione (2);
- alla sommatoria degli effetti dovuti all'evoluzione deformativa, legata a un dissesto, sviluppata su di una costruzione con entro piombo intenzionale (3).

Contestualmente è stata effettuata una campagna speditiva di osservazioni e rilievi, riconoscendo e individuando una serie di manufatti caratterizzati dalla presenza di entro-piombo (si vedano in particolare i contributi indicati nella bibliografia a margine indicati con [6]; [7]; [8]; [9]). Tale fase di lavoro, effettuata anche mediante l'ausilio della tecnica di rilevazione laser scanning condotta dal Laboratorio di Fotogrammetria – Circe dell'Università IUAV di Venezia (<http://www.iuav.it/SISTEMA-DE/Laboratori2/index.htm>) con l'ausilio in particolare di Francesco Guerra e Luca Pilot, ha permesso di formare una prima classificazione riconducibile alle "condizioni al contorno" in cui si verifica l'entro-piombo (fronte su calle o campo, su fondamenta, su acqua); in quanti fronti dello stesso edificio è presente; se si associa o meno a manifestazioni evidenti di dissesto.

Ha consentito altresì, ed è da considerare un risultato saliente, di formare un repertorio di situazioni differenziate in ordine alle principali configurazioni con cui si manifesta l'entro-piombo (andamento del profilo del fronte) distinguibili in:

- tipo a) inclinato continuo;
- tipo b) a spezzata con tratto iniziale verticale e tratto superiore inclinato;
- tipo c) a spezzata con tratto iniziale in fuori-piombo e tratto superiore a entro-piombo;
- tipo d) verticale fino al primo solaio, poi in entro-piombo, infine nuovamente verticale;
- tipo e) con entro-piombo a riseghe nella parte esterna (riscontrato in un unico caso, dovuto a rettifica architettonica di un edificio in entro-piombo);
- tipo f) con entro piombo da terra al primo solaio e assetto verticale ai piani superiori.

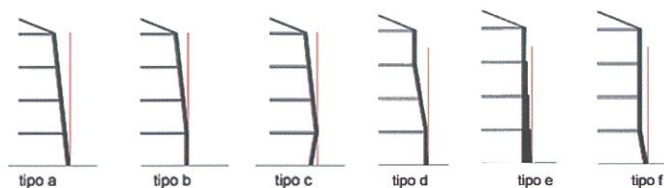


Figura 2 - Profili degli andamenti ad entro-piombo riscontrati. Tratto da F. Doglioni, A. Squassina, F. Trovò, *Assetti intenzionali a entro-piombo nell'edilizia civile*, [2], in Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), "VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto", [1], p. 162.

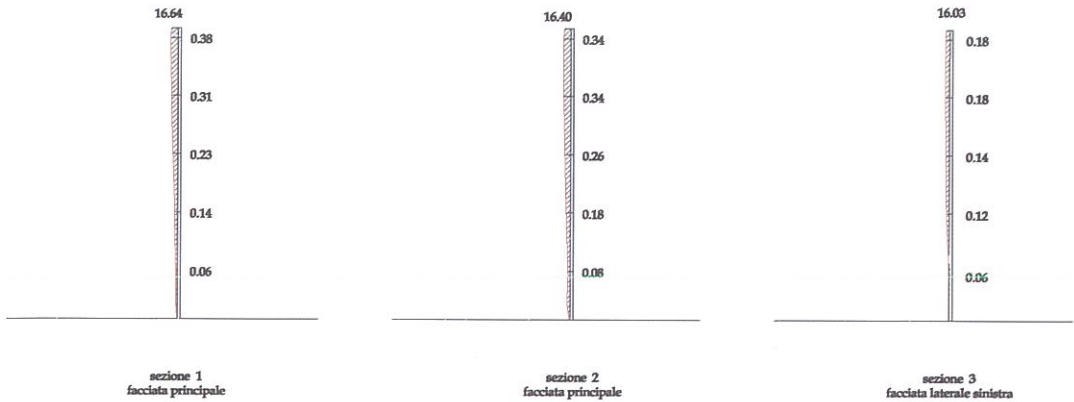
Nel corso della ricerca si è ritenuto più significativo concentrare l'attenzione sugli edifici con profili di tipo a) e b), valutando il tipo c) riconducibile al risultato di un dissesto osservabile su edificio con assetto iniziale di tipo b) oppure a); il tipo d) può essere interpretato, a seconda dei casi, sia come l'esito della costruzione iniziale, quindi volontario, sia come l'effetto di una sopraelevazione di un edificio con profilo di tipo b); il tipo f), in genere su costruzioni a pilastri litici, è riconducibile con maggior probabilità al solo dissesto per instabilità degli stessi.

Rispetto alla possibilità che l'andamento in entro-piombo dei fronti veneziani, almeno di quelli di tipo a) e b), sia riferibile ad una peculiarità costruttiva fisiologica e non patologica, sono stati studiati due casi in particolare, caratterizzati dalla presenza di alcune condizioni, come l'elevata leggibilità stratigrafico-costruttiva e la presenza di superfici murarie, che hanno consentito di verificare nella muratura e negli elementi architettonici tracce materiali probanti della condizione iniziale, delle trasformazioni successive, delle lesioni prodotte da dissesti e dei relativi interventi di riparazione e la presenza di apparati lapidei ben riconducibili alla fase costruttiva iniziale e solo parzialmente modificati.

Ca' Corner de la Frescada sul rio omonimo (Dorsoduro, 3911) è un edificio della metà del XV secolo, con il fronte principale di latezza pari a circa m. 16,5, su rio, con porta d'acqua, opposto a una facciata parte sulla calle e parte sulla corte interna inserita tra i corpi laterali. La misurazione del profilo effettuata sulla facciata principale per mezzo di due sezioni verticali in punti simmetrici, liberi da aperture, ha dato come esito un entro-piombo costante (profilo tipo a) di 34 e 38 cm., corrispondenti a una inclinazione variabile tra il 2 e il 3% in rapporto all'altezza; sulla facciata laterale verso est (un solo profilo lineare in prossimità dell'angolata), l'entro-piombo è risultato di 18 cm., ossia di poco superiore all'1%.



Figura 3 - Ca' Corner de la Frescada, Venezia. Fronte principale sul rio omonimo. Tratto da F. Doglioni, A. Squassina, F. Trovò, *Assesti intenzionali a entro-piombo nell'edilizia civile*, [2], in Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), "VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto", [1], p. 164.



Come si evince dalla figura 5 è stato escluso che l'effetto dell'*entro-piombo* della facciata possa essere spiegato come il risultato di una complessiva rotazione a corpo rigido dell'intero volume edilizio, in quanto la misurazione del solaio del primo piano ha evidenziato limitatissimi abbassamenti interni, non certo compatibili con i valori di *entro-piombo* osservati sul fronte.

Sono stati poi studiati accuratamente i pannelli murari sia interni che esterni al fine di individuare lesioni di ampiezza tale da spiegare l'*entro-piombo* come effetto di un cinematismo di dissesto: non sono stati trovati elementi probanti in questo senso. Per quanto sopra quindi è stato escluso che l'assetto geometrico osservato sia prevalentemente prodotto dal dissesto.

Figura 4 - Ca' Corner de la Frescada, Venezia. Il palazzo ha un'altezza variabile da m. 16,40 a 16,64 misurata sulla facciata principale, e di m. 16,03 sul fronte laterale visibile. I grafici a sinistra e al centro della figura danno conto dell'entità (pari a cm. 34 e 38 in sommità, di valore compreso fra il 2 e il 3% dell'altezza) e dell'andamento dell'*entro-piombo* sul fronte principale, di profilo continuo riconducibile al tipo A dello schema precedente. Il grafico a destra dà conto dell'entità (pari a cm. 18 in sommità, di valore pari a poco più dell'1% dell'altezza) e dell'andamento dell'*entro-piombo* sul fronte laterale. In particolare i grafici evidenziano l'andamento del profilo del fronte con il tratto rosso, con la campitura tratteggiata il differenziale rispetto al profilo verticale ideale rappresentato da una linea nera.

I rilievi sono stati eseguiti dagli studenti del corso di restauro architettonico dello IUAV prof. F. Doglioni, A. Levorato, L. Rudko e V. Selvaggio, a.a. 2006. Tratto da F. Doglioni, A. Squassina, F. Trovò, *Assesti intenzionali a entro-piombo nell'edilizia civile*, [2], in Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), "VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto", [1], p. 164.



Ma c'è di più.

L'osservazione dei davanzali delle finestre ha messo in luce la presenza di uno speciale accorgimento che è del tutto compatibile con la necessità pratica di mettere in opera i ritzi di finestra in posizione già inclinata, che segue l'entro-piombo della facciata.

Si tratta di una particolare lavorazione dei davanzali, formati da un monolite di significative dimensioni: questi presentano un rialzo inclinato accuratamente realizzato, il cui scopo evidente è formare un appoggio ortogonale all'asse dello stipite che segue.



Figura 5 - Ca' Corner de la Frescada, Venezia. Rilievo dell'assetto geometrico del solaio tra il piano terra e il piano primo in corrispondenza del salone centrale del palazzo. La minima variazione della distanza tra il pavimento -la cui planarità è stata accertata- e il solaio, il cui valore massima è varia da cm. 6,5 a cm. 14, porta ad escludere, se si tiene conto delle deformazioni localizzate fisiologiche delle travi, l'esistenza di un legame fra l'entro-piombo misurato in facciata e l'eventuale innesco di un cinematismo di ribaltamento a corpo rigido dell'intera fabbrica.

I rilievi sono stati eseguiti dagli studenti del corso di restauro architettonico dello IUAV prof. F. Doglioni, A. Levorato, L. Rudko e V. Selvaggio, a.a. 2006. Tratto da F. Doglioni, A. Squassina, F. Trovò, *Assetti intenzionali a entro-piombo nell'edilizia civile*, [2], in Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), "VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto", [1], p. 164.

E' stato subito sciolto il ragionevole dubbio che tale lavorazione fosse in qualche modo legata alla rilavorazione del piano superiore dei davanzali, riconducibile al deflusso delle acque meteoriche.

A questo proposito, nel succitato studio [2] (pp. 161-170), si evidenzia che *"la vista laterale del davanzale gotico consente di osservare come la fascia superiore della cornice risulti di altezza costante e sovente sia essa stessa già inclinata verso l'esterno: tale quindi da escludere nei casi osservati che i risalti sui davanzali, all'appoggio degli stipiti delle finestre, possano essere la conseguenza di un abbassamento della superficie lapidea circostante (...). La speciale stereotomia dei davanzali, sagomati fin dall'origine in modo tale da consentire di collocare in opera le spalle della finestre seguendo la precisa inclinazione della facciata, costituisce a nostro avviso prova dell'intenzionalità costruttiva dell'entro-piombo; la planarità del solaio interno e l'assenza di lesioni rilevanti, per negativo, portano a escludere che il dissesto possa essere la componente principale. Questi elementi avvalorano l'ipotesi che l'assetto a entro piombo del fronte sul rio di Ca' Corner della Frescada sia iniziale e intenzionalmente realizzato"*.

Figure 6-6a - Ca' Corner de la Frescada, Venezia. Foto di dettaglio e rilievo del risalto sul davanzale all'appoggio delle spalle delle finestre del primo piano. Tratto da F. Doglioni, A. Squassina, F. Trovò, *Assetti intenzionali a entro-piombo nell'edilizia civile*, [2], in Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), "VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto", [1], p. 164



Altri davanzali dalle simili caratteristiche sono stati osservati in diverse zone della città. Fra tutti si evidenzia, per la chiarezza dell'esempio, il caso del davanzale osservato recentemente sul fronte dell'edificio gotico della canonica della Bragora nel sestiere di Castello, descritto nelle immagini allegate.



Figura 7 - Canonica della chiesa della Bragora, fronte su campiello del Piovan. Foto di dettaglio del risalto sul davanzale all'appoggio delle spalle delle finestre del primo piano. Foto di F. Trovò, 2012. Per gentile concessione dell'architetto Francesca Semenzato.

A differenza di Ca' Corner de la Frescada palazzo **Soranzo Pisani** a Sant'Agostin, di altezza pari a circa m. 14, presenta un entro-piombo marcatamente di tipo b), con profilo verticale fino al primo solaio e in entro-piombo nella parte superiore; si osserva che la variazione di inclinazione del profilo è collocata immediatamente al di sopra del grande portale gotico, che insiste sul lato intermedio in diagonale, occupandolo per esteso.

La lettura stratigrafica ha consentito di escludere la presenza di fasi costruttive successive a quella iniziale, riconducibili a interventi di riparazione-ricostruzione successivi alla manifestazione di danneggiamenti.

La misurazione dei profili, condotta in particolare Laboratorio di Fotogrammetria – Circe dell'Università IUAV di Venezia con l'ausilio in particolare di Francesco Guerra e Luca Pilot, è stata effettuata sui tre fronti rilevando un entro-piombo di entità variabile da 21 a 47 centimetri, su complessivi 14 metri di altezza, pari rispettivamente all'1,5 % e al 3,3%. I tre fronti incidenti, tutti inclinati verso l'interno a partire dal primo solaio, generano nel complesso una figura affine a un solido tronco-piramidale poggiato su un prisma.

Anche in questo caso si è dunque portati ad escludere la possibilità che l'entro-piombo sia dovuto in via principale a un dissesto con roto-traslazione parziale o a blocco dell'edificio: la stretta facciata diagonale ha un assetto marcatamente trapezoidale, con larghezza di cm. 284 in corrispondenza dell'architrave del portale e di cm. 268 alla cornice di gronda. Questa ipotesi è largamente suffragata dal fatto che l'estensione delle lesioni osservabili sull'architrave del portale gotico, che copre quasi l'intera larghezza del fronte, è pari a 40 mm.: ne deriva che, potendosi ovviamente considerare incompressibile la muratura soprastante, il differenziale si spiega soltanto se ricondotto alla configurazione costruttiva iniziale. L'estensione e la natura delle lesioni presenti nella parte basamentale del fronte diagonale non sono tali nemmeno da giustificare i rilevanti entro-piombo rilevati sui fronti laterali (da cm. 21 a cm. 47).



Figura 8 - Palazzo Soranzo Pisani a S. Agostin. Vista del fronte in diagonale con il portale. Tratto da F. Doglioni, A. Squassina, F. Trovò, Assetti intenzionali a entro-piombo nell'edilizia civile, [2], in Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), "VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto", [1], p. 165.

Questa serie di osservazioni, oltre alla particolare morfologia risultante dalla pianta poligonale, non lasciano dubbi sull'intenzionalità costruttiva iniziale dell'assetto a entro-piombo delle tre facciate contigue. Per entrambi gli edifici sono stati evidenziati argomenti tali da avvalorare l'ipotesi che il loro assetto a entro-piombo sia riconducibile essenzialmente a un'intenzione costruttiva iniziale, legata ad una serie di accorgimenti costruttivi volontari e ingegnosi che non possono essere ricondotti al mero errore o casualità.

Come ben evidenziato nello studio [2] (pp. 161-170) *"l'assetto a entro-piombo, comunque, è diffusamente presente nelle costruzioni veneziane, anche se non sembra costituire una "regola". La sua entità appare variabile, talvolta macroscopica e prossima al 4-5% in rapporto all'altezza della parte inclinata, soprattutto negli esemplari molto antichi, e in questi casi sorge il sospetto che vi possano essere sommati anche gli effetti di dissesto; più spesso è contenuta entro*

valori di 1,5-2% negli edifici tardogotici o del primo Rinascimento, a indicare come l'adozione di questo accorgimento si vada attenuando nel tempo, fino probabilmente a scomparire".

Con riferimento al comportamento nel tempo la configurazione di tipo c) "a spezzata" con tratto iniziale in fuori-piombo e tratto superiore in marcato entro-piombo può essere associata a un fenomeno di dissesto che si manifesta su un fronte a partire da un tipo a) e b), evidenziando l'esistenza di una patologia di danneggiamento del tutto endemica e correlabile in via esclusiva a questo assetto costruttivo. Tale situazione assume un rilievo del tutto particolare dal punto di vista diagnostico, richiedendo il riconoscimento, nella valutazione della natura della deviazione dalla verticale, tra assetti ad entro-piombo di natura fisiologica rispetto a quelli di natura patologica.

Solo un'implementazione della ricerca caratterizzata da un'impostazione di tipo epidemiologico sorretta dall'impiego di tecniche di rilievo allo stesso tempo speditive e precise come il laser scanning, applicabili su centinaia di fronti edilizi, può consentire la conclusione di un percorso conoscitivo di un simile carattere costruttivo veneziano e il suo ruolo nella vulnerabilità strutturale.

Il comportamento strutturale dei fronti costruiti in entro-piombo pone un problema interpretativo che occorre risolvere ai fini di una adeguata interpretazione diagnostica.

Si pensi al fatto che l'assetto geometrico attuale dei fronti in entro-piombo va considerato nelle sue due possibili componenti: da un lato come l'espressione dell'intenzione costruttiva iniziale e dall'altro come l'effetto di un meccanismo di dissesto. Le due componenti sono spesso presenti contestualmente: la loro distinguibilità dipende dai risultati di una accurata azione investigativa, consentita da determinate condizioni di leggibilità e in seguito allo svolgimento di accurati rilievi geometrici.

Il risultato dell'indagine è decisivo poi dal punto di vista della calibrazione dell'intervento di consolidamento: vi è una differenza sostanziale tra un muro "storto" esito di intenzionalità costruttiva e un altro muro "storto" già risultato di un processo di dissesto da tempo attivato.

Nel primo caso non occorrerà intervenire, nel secondo la situazione che si presenta è già espressione di una fabbrica che ha coinvolto molte delle risorse in termini di resistenza meccanica (si vedano a tal proposito i testi riportati in bibliografia [3] e [4]). Gli schemi grafici allegati mostrano i principali profili osservabili sui fronti delle fabbriche veneziane.

Come evidenziato in particolare nel contributo [3] si è osservato che *"il profilo di tipo C rappresenta il medesimo esito di diversi percorsi costruttivi-deformativi, a partire cioè da diverse condizioni di partenza, come descritto negli schemi grafici allegati (1b, evoluzione di 1a; 2c evoluzione di 2a; 3b evoluzione di 3a). In particolare risulta che:*

- la configurazione 1b rappresenta l'esito di un tracciato evolutivo di dissesto agente su un profilo inizialmente verticale di tipo 1a;
- la configurazione 2b rappresenta l'esito di un dissesto che modifica un assetto iniziale non-regolare, partendo da un profilo iniziale di tipo 2a (facciata che forma un unico piano inclinato);
- la configurazione 2c rappresenta l'esito di un ulteriore sviluppo del tracciato evolutivo di dissesto, per cui il profilo 2a si modifica dapprima nel profilo 2b e successivamente in 2c;
- la configurazione 3b rappresenta l'esito di un dissesto che accentua un assetto iniziale non-regolare a partire da un profilo iniziale di tipo 3a (facciata con profilo a spezzata, verticale fino al primo solaio e inclinata nel tratto superiore).

Si osserva che il profilo costruttivo-deformativo 2b, nella sua prima fase deformativa che porta a piombo la parte basamentale, tende a coincidere con il profilo 3a, di origine solo costruttiva. Le differenze possono essere cercate soprattutto nelle componenti fessurative, che saranno presenti nel profilo 2b e assenti nel 3a.

Anche il profilo costruttivo-deformativo 1b tende ad assomigliare al profilo 2c, evoluzione marcata del profilo 2b a partire da 2a, o al profilo 3b, evoluzione deformativa del profilo 3a. Un elemento che può risultare utile a riconoscere l'assetto iniziale, e dunque a distinguere l'entità dell'evoluzione deformativa, è dato dal valore assoluto dell'entro-piombo in gronda misurato rispetto alla base: se è prossimo a zero, è più probabile che rappresenti l'evoluzione di un profilo inizialmente verticale di tipo 1a, se invece è significativamente maggiore di zero, può essere attribuito al dissesto intervenuto su profili a entro-piombo 2a o 3a".

Figura 9 - Case Zane in campo Santa Maria Mater Domini nel sestiere di Santa Croce (fronte Nord). Vista d'insieme del manufatto da campo S. Maria Mater Domini che mostra una deformazione patologica tipo c) del fronte. Tratto da F. Doglioni, A. Squassina, F. Trovò, Deformazioni fuori piano e fattori di crisi dei fronti esterni, [4], in Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), "VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto", [1], p. 245.



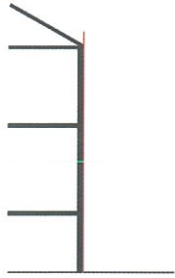
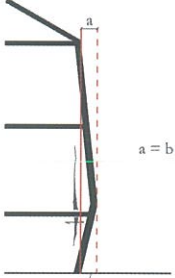
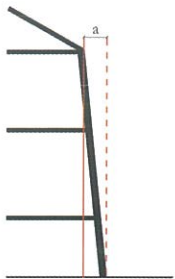
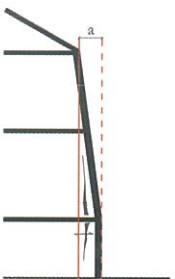
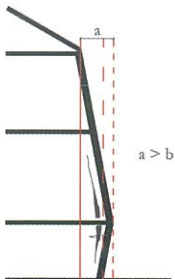
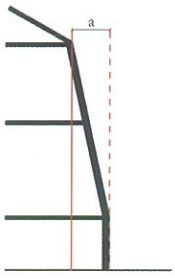
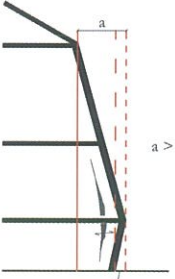
CONDIZIONE INIZIALE (a)	I LIVELLO DISSESTO (b)	II LIVELLO DISSESTO (c)
 <p>1a</p>	 <p>1b</p>	
 <p>2a</p>	 <p>2b</p>	 <p>2c</p>
 <p>3a</p>	 <p>3b</p>	

Fig. 10 Nella colonna a sinistra: serie di configurazioni iniziali dei fronti con assetto ad entro-piombo (1a – profilo verticale; 2a – profilo inclinato; 3a – profilo con andamento verticale al piano terra e inclinato nella parte superiore).

Nelle colonne al centro e a destra: serie di configurazioni dei fronti con assetto acquisito e patologico (1b, 2b, 2c, 3b).

La differenza fra 1b e 2c è che in 1b la distanza $a = b$, in 2c $a > b$.

La differenza tra 2b e 3a è che in 3a non c'è lesione di distacco a "fuso".

La differenza fra 2c e 3b è l'entità della lesione, che è maggiore in 2c.

Elaborazioni grafiche di Elisa Romano Gargarella.

Tratto da F. Doglioni, A. Squassina, F. Trovò, Deformazioni fuori piano e fattori di crisi dei fronti esterni, [4], in Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), "VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto", [1], p. 243.

2. Alcuni casi di rilievo con la tecnica laser scanning

Dal rilievo 3D di oggetti complessi, quali possono essere le facciate dei palazzi, alla conoscenza delle forme minute dell'architettura, contraddistinte da una significativa componente geometrica, è possibile trarre quelle informazioni necessarie per una corretta interpretazione delle forme di alterazione e deformazione dei fronti dei manufatti dell'edilizia civile di Venezia. L'esperienza condotta sulla città lagunare ha consentito, per mezzo di un'analisi di alcuni casi studio su cui è stata sperimentata l'applicazione della tecnologia di rilievo laser scanning, la definizione di un percorso multidisciplinare.

A partire da semplici osservazioni dirette e mediante un processo deduttivo, tale metodo ha consentito prima di supportare, fornendo prove concrete, le ipotesi formulate in merito all'intenzionalità del carattere costruttivo ad entro-piombo dei fronti edilizi, successivamente di dimostrare la presenza di deformazioni patologiche in altri casi.

La prima fase di applicazione di tecniche e procedimenti laser scanning sulle facciate veneziane, finalizzate alla ricerca di possibili assetti costruttivo-deformativi intenzionali, è stata condotta parallelamente ad una campagna di rilievi di tipo topografico sostanzialmente ristretta a porzioni limitate ma significative delle fabbriche oggetto di indagine, in modo tale da poter disporre di dati di confronto tra diverse metodologie di rilievo sia dal punto di vista puramente geometrico che da quello operativo per un impiego speditivo e diffuso sul tessuto edilizio veneziano. Il trattamento del dato laser scanner è stato quindi finalizzato alla ricerca di strumenti semplici e di facile gestione per una "utenza finale" non necessariamente specializzata alla gestione di informazioni e dati tridimensionali ma capace di interrogare lo spazio fisico dell'architettura in funzione di una sempre maggiore conoscenza del fare costruttivo antico, finalizzata all'individuazione delle più pertinenti ed efficaci tecniche di consolidamento.

Si precisa che questa sezione del contributo rielabora parzialmente i contributi di F. Guerra, L. Pilot, P. Vernier, *The facades of gothic buildings in Venice: surveys verifying construction theories* [11] e di F. Guerra, C. Balletti, C. Stevanin, P. Vernier, *3D Geometric analysis of the façades of Gothic buildings in Venice: examples of 3D modelling*, in atti del convegno Italy [12].

2.1. Modalità e tecniche di rilievo adottate

Si è proceduto quindi in prima istanza ad una campagna topografica con stazione totale Leica TCRM per l'acquisizione di punti di controllo per la realizzazione di fotopiani e di punti di dettaglio per la restituzione di profili orizzontali e verticali, opportunamente scelti in corrispondenza di aree ritenute significative per l'identificazione delle possibili deformazioni a entro-piombo. Il rilievo topografico ha inoltre fornito la fondamentale definizione del sistema di riferimento a cui si sono riportate tutte le osservazioni effettuate oltre che l'appoggio al rilievo laser scanning. Se la posizione planimetrica della facciata può essere indifferente, diventa fondamentale invece la definizione della quota assoluta rispetto a cui vanno definiti altimetricamente i fenomeni di deformazione analizzati. Quindi il sistema di riferimento utilizzato è risultato essere quello locale in X e Y per ciascun edificio mentre la Z è sempre stata riferita al sistema nazionale di caposaldi di livellazione.

Parallelamente alla fase topografica si è proceduto con rilievi laser scanning, per questa ricerca esclusivamente eseguiti da terra, impiegando strumentazione LMS-Z320 della Riegl le cui caratteristiche tecniche hanno permesso di arrivare ad incertezze sulle misure accettabili nei termini di tolleranza per una scala architettonica (1:50). Come è noto, questo strumento, essendo integrato da una macchina fotografica di tipo reflex digitale ad alta risoluzione con ottica calibrata (la camera montata è una Nikon D100 con ottica 200 mm), oltre alla nuvola di punti acquisisce anche delle immagini digitali che vengono calibrate nel sistema delle scansioni e quindi al contenuto geometrico si aggiunge quello descrittivo dato dall'informazione RGB dei punti. Il sistema, integrando fotogrammetria e laser scanning, ha rappresentato per la campagna

di indagini condotta una delle migliori soluzioni tecniche disponibili in grado di soddisfare tutte le possibili esigenze per la ricerca ed il controllo dei quadri deformativi indagati [11].

Le facciate degli edifici campione oggetto della ricerca presentano normalmente delle geometrie tendenzialmente lineari, con un limitato apparato decorativo, interrotte a volte da elementi aggettanti come balconi, poggianti, marcapiani, ecc. Spesso le condizioni di stazionamento, a causa della natura stessa dell'assetto urbano della città di Venezia, non sono risultate ottimali per il posizionamento e l'esecuzione di scansioni laser, non potendo disporre, per la natura della città lagunare, di spazi liberi e ampi in cui operare. La necessità quindi di avere una densità di punti rilevati omogenea e di documentare anche gli elementi aggettanti ha reso indispensabile l'aumento del numero delle scansioni in funzione anche dell'altezza delle facciate, richiedendo frequentemente il posizionamento dello strumento con asse inclinato.

Una delle maggiori difficoltà incontrate è riconducibile alla presenza di ostacoli sulle facciate: la presenza di vegetazione sui davanzali delle finestre o sui balconi, ma anche l'apertura degli oscuri hanno generato numerose zone d'ombra, minacciando in alcuni casi l'attendibilità di una ricostruzione dei possibili fenomeni deformativi.

Di fondamentale importanza è risultata la registrazione delle nuvole di punti acquisiti. Durante la fase di indagine sono state considerate almeno tre modalità [12].

1. Georeferenziazione delle nuvole su punti topografici: si tratta di una rototraslazione nello spazio (6 parametri: 3 traslazioni e 3 rotazioni) di ogni nuvola nel sistema di riferimento topografico in cui si riconoscono sinteticamente le seguenti fasi operative:
 - a) riconoscimento dei punti omologhi sulle singole nuvole e sul file dei punti topografici;
 - b) rototraslazione di ogni nuvola nel sistema topografico;
 - c) unione delle nuvole.
2. Nuvola su nuvola: rototraslazione di una nuvola nel sistema interno di un'altra. In questa modalità non esiste un sistema di riferimento esterno ma si attribuisce al sistema interno di una nuvola il ruolo di sistema di riferimento globale in cui le fasi operative risultano essere:
 - a) riconoscimento automatico dei "punti di passaggio" (target) sulle nuvole;
 - b) rototraslazione di ogni nuvola nel sistema "nuvola di riferimento";
 - c) unione delle nuvole.

Nei casi in cui non sono stati usati target per il riconoscimento automatico la registrazione ha richiesto un intervento manuale per la scelta di punti omologhi; questi sono comunque generalmente definiti e identificati nella campagna topografica. L'allineamento globale è stato realizzato mediante algoritmi di matching (fuzzy join e ICP iterative closet point), e ha richiesto una maggiore estensione della zona di sovrapposizione tra le scansioni al fine di migliorarne e facilitarne la registrazione.

3. Triangolazione spaziale: fa riferimento alla triangolazione aerea per modelli indipendenti. È la somma dei due precedenti metodi usando sia punti di passaggio che punti di appoggio, garantendo un ottimo controllo e minimizzando i punti rilevati topograficamente. Le fasi operative sono:
 - a) riconoscimento dei "punti di passaggio" (target) sulle nuvole;
 - b) individuazione dei punti di appoggio;
 - c) stima simultanea dei parametri di rototraslazione di ogni nuvola;
 - d) rototraslazione di ogni nuvola nel sistema globale;
 - e) unione delle nuvole.

Come verifica dei metodi di registrazione, per uno degli edifici si è applicato sia il metodo "nuvola su nuvola" con il riconoscimento in automatico dei target sia quello basato sulla triangolazione spaziale. Pur avendo ottenuto risultati dal punto di vista geometrico-analitico soddisfacenti in entrambi i metodi (gli sqm variano da 0,4 cm. to 1cm.), nella realizzazione dell'ortofoto della facciata, quindi passando in una proiezione ortogonale sul piano verticale dell'edificio, si è ottenuto un errore crescente rispetto l'asse verticale arrivando nelle distanze maggiori fino a cm. 20. E' risultato quindi abbastanza chiaro come in questa situazione il metodo più adeguato al lavoro risultasse essere quello della triangolazione spaziale.

2.2. Elaborazione dei dati

L'integrazione delle metodologie, considerando gli oggetti di studio e le loro caratteristiche specifiche, ha permesso una elaborazione del dato più ricca, nel senso che le tipologie di prodotti digitali ottenibili sono state maggiori e quindi, attraverso profili, prospetti e ortofoto si è potuto disporre di una accurata documentazione degli oggetti indagati.

Nella restituzione dei dati di campagna sono state seguite le procedure classiche per il rilievo fotogrammetrico e topografico, mentre per i dati laser scanner, dopo un trattamento preliminare, sono stati processati con software commerciali (RiScan, Rapidform, Geomagic) e non (Laser Scanner Registration del Politecnico di Torino) che hanno permesso la gestione di un ampio numero di punti [12].

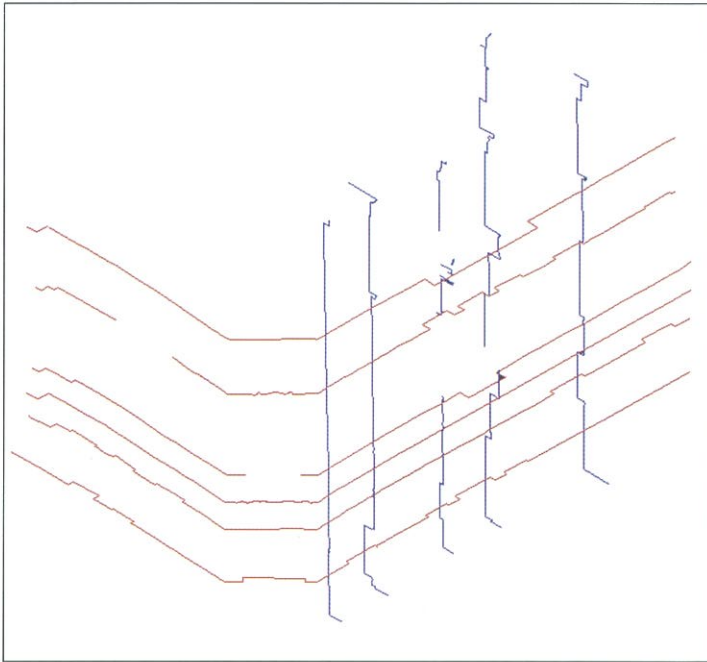
Figura 11 - Edificio denominato Castel Forte San Rocco. Il raddrizzamento fotogrammetrico pur non essendo significativo nello studio dei profili, risulta essere la prima base su cui mappare alcuni fenomeni che riguardano lo stato di conservazione di un edificio. Nel caso degli edifici studiati il raddrizzamento di ciascuna facciata è stato eseguito per parti in considerazione del fatto che difficilmente può essere descritta attraverso un unico piano. Ciò che si ottiene è quindi una sorta di sviluppo rispetto ad un piano verticale. I raddrizzamenti, anch'essi inseriti nel sistema di riferimento locale di ciascun rilievo, sono stati salvati nel formato .ecw di ErMapper per mantenere la risoluzione originale (1 pixel=0.004m) pur comprimendo l'immagine e, grazie ad un apposito visualizzatore, è stato possibile ottenere una rapida consultazione metrica soprattutto per i dati altimetrici.



Le difficoltà principali incontrate vanno ricercate ovviamente nella natura complessa delle architetture indagate, dal luogo in cui gli edifici erano inseriti, spesso spazi stretti tra calle e calle, e dagli ostacoli che hanno provocato dell'ulteriore rumore soprattutto nei dati laser scanner. Rispetto al sistema di riferimento con assi XY ortogonali all'andamento medio della facciata e asse Z verticale sono stati georeferenziati sia i dati topografici che le nuvole di punti laser scanning per ogni facciata [12].

Il prodotto elaborato maggiormente significativo per l'interpretazione dei possibili fenomeni a entro-piombo è costituito dalla descrizione della superficie architettonica mediante una serie di profili verticali e orizzontali ricavati dalla nuvola di punti estratti in automatico e confrontati, nel caso di corrispondenza, con quelli rilevati topograficamente per assicurare la correttezza e la congruenza nella descrizione dell'edificio.

Figura 12 - Palazzo Soranzo Pisani. Estrapolazione dei profili orizzontali (rosso) e verticali (in blu) da scansione laser.



Ciò che si ottiene non è in realtà un prodotto finito, ma delle polilinee che risentono ancora del rumore e degli errori di allineamento delle nuvole. Questi primi segmenti stati quindi interpolati e in parte editati per ottenere l'andamento della facciata in una forma che risponda ai canoni di rappresentazione dell'architettura e che potessero essere letti in una visione semplificata dell'andamento deformativo del pannello murario.

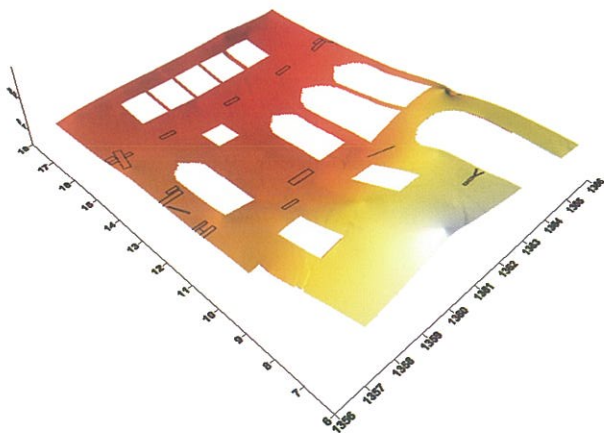
Di particolare interesse sono risultate anche le ortofoto di precisione e cioè un prodotto dove sono state corrette anche le deformazioni prospettiche degli oggetti che non appartengono alla superficie rilevata. Per la produzione di ortofoto di precisione è stato necessario disporre di modelli DEM che tenessero conto delle numerose discontinuità altimetriche riscontrate, ed impiegando più immagini si potute ottenere una descrizione completa e senza zone d'ombre dell'elemento ritratto.

Va inoltre considerato che già in una fase immediatamente successiva all'acquisizione è stato possibile, attraverso elaborazioni software (RiScan beta-version 1.1.2B29) per la gestione dello strumento della Riegl, realizzare una prima ortofoto "grezza" direttamente dalla nuvola di punti e dalle immagini calibrate e corrette dalla distorsione dell'obiettivo.

In questo modo si è ottenuto una rappresentazione raster geometricamente corretta in proiezione ortogonale da utilizzarsi per una descrizione geometrica della facciata: l'ortofoto, pur presentando ancora delle zone d'ombra e alcuni imprecisioni soprattutto in corrispondenza di bordi, può essere digitalizzata per ottenere una rappresentazione vettoriale della facciata.

Successivamente a partire dalla nuvola di punti è stato generato un modello di superficie tale da garantire la continuità descrittiva della struttura dell'edificio evidenziandone eventuali disassamenti o fuoripiombo. I dati sono stati ricondotti a griglie regolari con passo di 0.05×0.05 m eliminando nell'interpolazione quei dati non congrui con il modello reale.

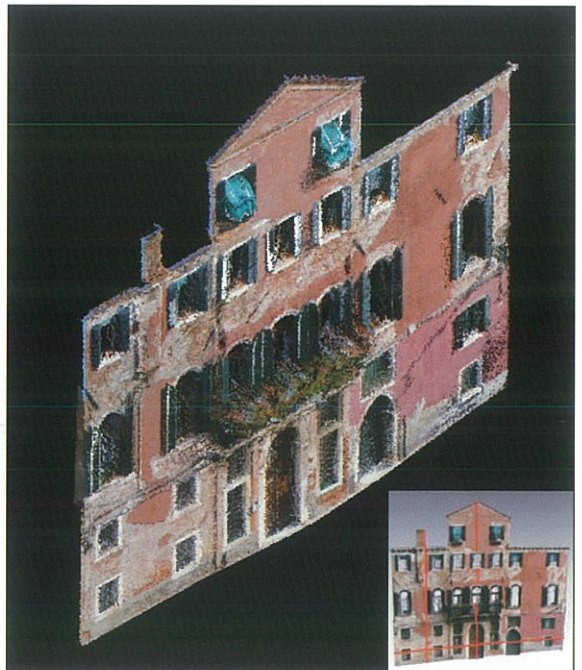
Figura 13 - Edificio in Rio San Barnaba. Modello di superficie 3D DSM con particolare evidenza al posizionamento degli elementi a "fiuba".

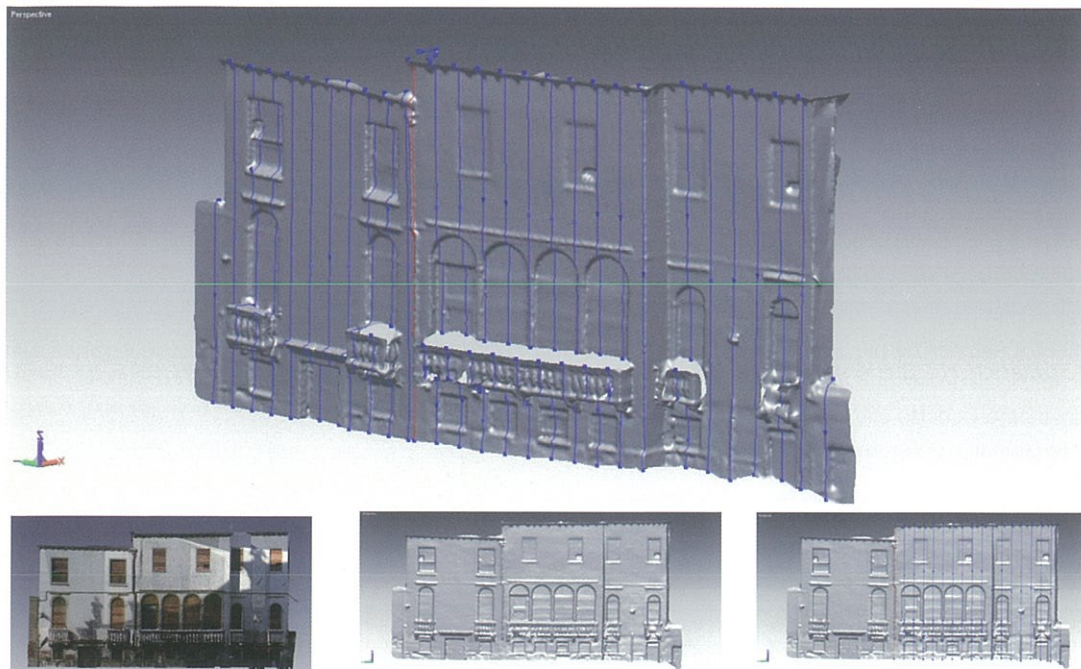


Dal processo di calcolo sono stati quindi eliminati con l'introduzione di *faults* i punti in corrispondenza delle porte e finestre, dove la presenza di superfici vetrate, tende e balconi fioriti portano ad un disturbo ulteriore del modello. Il metodo utilizzato è il *kriging* e il *grid* è stato interpolato a partire sia dai dati laser scanner grezzi e sia con i dati filtrati per ridurre gli effetti del *noise*. Dei due *grid* è stata effettuata la differenza che ha evidenziato gli effetti dell'incertezza della strumentazione usata e dell'allineamento delle nuvole ($\pm 2.5\text{cm}$). Dato che in questo modello lo studio si è concentrato sulla parte di analisi del quadro deformativo e non su quella prettamente descrittiva dell'apparato architettonico, il DSM è stato filtrato con un filtro *low-pass* in modo da poter ridurre ulteriormente il rumore.

Figura 14 - Edificio in campo Angelo Raffaele. La facciata è stata oggetto di rilievo fotografico e di mosaiacatura per la realizzazione dell'ortofoto (a sinistra) e successivamente di rilievo laser scanning per la estrapolazione dei diversi profili significativi (in basso a destra). Il rilievo è stato effettuato dal Laboratorio di Fotogrammetria - Circe dell'Università IUAV di Venezia.

edificio 5: campo S. Angelo Raffaele





Conclusioni

Considerata la difficoltà di motivare se la variazione dalla verticale dei profili dei fronti dell'edilizia di Venezia debba essere ricondotta ad intenzionalità costruttiva o ad una deformazione geometrica prodotta da un dissesto strutturale, sono stati messi in evidenza alcuni limiti dell'impiego di tecniche topografiche per il rilievo in quanto le operazioni in situ devono essere preventivamente pianificate e la campagna di rilievo puntuale progettata a monte delle operazioni di campagna. A fronte della necessità quindi di poter definire in una seconda fase di post-elaborazione del rilievo il posizionamento e l'estrapolazione dei dati numerici dei profili verticale ed orizzontali, oltre alla significativa opportunità di estendere anche a scala urbana l'indagine conoscitiva, si evidenzia il ruolo delle tecnologie di rilievo tridimensionale laser scanning, ottenendo dati significativi e finalizzati alla sola estrapolazione di profili verticali ed orizzontali, anche in assenza di nuvole di punti finalizzate all'elaborazione tridimensionale.

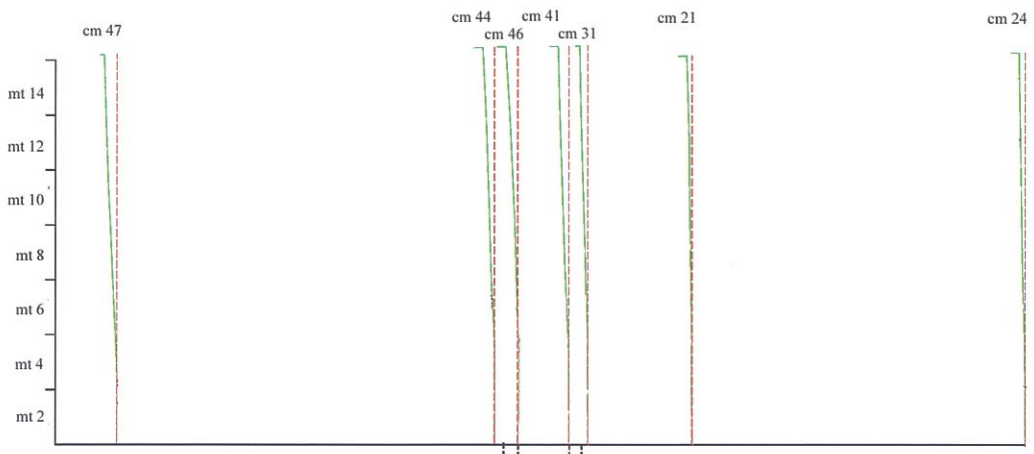
La tecnica di rilievo laser scanning applicata a questo particolare contesto di indagine dell'edilizia storica veneziana consente di acquisire, in modo relativamente speditivo, un numero significativo di dati che possono essere estrapolati successivamente in modo selettivo. Proprio per la caratteristica principale di fornire un modello denso per punti dell'intera superficie, la metodologia impiegata risulta molto adatta allo scopo di ottenere dei profili orizzontali e verticali non necessa-

Figura 15 - Rilievo laser scanner della facciata principale di Palazzo Minotto nel sestiere di Dorsoduro e estrapolazione dei profili verticali. L'edificio è stato oggetto dell'esercitazione del Laboratorio della Laurea Magistrale in Architettura per la Conservazione dello IUAV di Venezia (a.a. 2010-2011 - prof. Galeazzo, Guerra, Santi, Trovò). Si veda in proposito il volume aa.vv., Palazzo Minotto a Venezia – Proposte per un restauro. Catalogo della Mostra degli studenti IUAV, Venezia 2011, [5]. Il rilievo è stato effettuato dal Laboratorio di Fotogrammetria – Circe dell'Università IUAV di Venezia.

riamente individuati in fase di acquisizione in campagna. L'estrazione dei profili viene infatti rimandata in un momento successivo e non necessariamente deve essere fatto dal tecnico rilevatore ma bensì da professionisti di altri settori interessati (restauro, analisi strutturale, monitoraggio ecc.).

I dati raccolti nei diversi casi indagati ha permesso di poter delineare come l'assetto a entro-piombo non costituisca precisamente una "regola" ma sia diffusamente presente nell'edilizia antica veneziana. Le entità rilevate in rapporto alle altezze dei profili rilevati variano entro valori compresi tra 1,5-2% negli edifici tardogotici e rinascimentali mentre nell'edilizia più antica sono state messe in luce forme macroscopiche di deviazione dalla verticale con valori compresi tra il 4-5%, dove però va detto che i valori possano risentire della somma di assetti intenzionali e deformazioni di dissesto nel tempo.

Figura 16 - Palazzo Soranzo Pisani. Sezioni verticali rielaborate sui tre fronti principali del palazzo di altezza pari a 14 m. Lettura ed attribuzione dell'assetto ad entro-piombo del tipo B (tratto inferiore a piombo e superiore deformato) con valori tra i 44-47 cm. di deviazione dalla verticalità per i lati ovest e est, mentre compresi tra i 24 e i 31 cm. nel lato sud. Il tratto verde indica l'andamento effettivamente osservato del profilo, mentre il tratto rosso discontinuo indica la verticale ideale. Il rilievo è stato effettuato dal Laboratorio di Fotogrammetria - Circe dell'Università IUAV di Venezia.



Si evidenzia inoltre che il continuo affinamento e miglioramento delle metodiche di rilievo ed interpretazione dei dati, con riferimento alle applicazioni laser scanning per l'edilizia possano consentire a nostro avviso di delineare un nuovo ambito di utilizzo del dato tridimensionale, finalizzato alla definizione di mesh e modelli virtuali rappresentativi delle reali forme geometriche dell'edilizia storica di Venezia. Queste ultime possono risultare di grande utilità per l'elaborazione dei modelli numerici finalizzati allo studio della distribuzione e "percolazione" dei carichi e delle sollecitazioni statiche che interessano le parti del congegno murario dell'edilizia della città lagunare.

Ringraziamenti

I rilievi e le operazioni di post-processing sono stati realizzati da CIRCE-IUAV ed in particolare da dr. L. Pilot e arch. S. Mander coordinati dal prof. F. Guerra. Un particolare ringraziamento per la redazione delle metodiche di rilievo ed elaborazione dei dati a prof. F. Guerra, prof. C. Balletti, prof. P. Vernier e dr. L. Pilot.

Bibliografia

- [1] DOGLIONI F., MIRABELLA ROBERTI G., (a cura di), 2011. VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto, passim, Venezia.
- [2] DOGLIONI F., SQUASSINA A., TROVÒ F., 2011. "Assesti intenzionali a entro-piombo nell'edilizia civile", in Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto, pp. 161-170.
- [3] SQUASSINA A., 2011. "A Venezia si perde il senso della verticale. Alcuni momenti del dibattito storico sulla natura degli assetti geometrici dell'edilizia veneziana", in Doglioni, F., Mirabella Roberti, G., (a cura di), VENEZIA, forme della costruzione - forme del dissesto, pp. 152-160.
- [4] DOGLIONI F., SQUASSINA A., TROVÒ F., 2011. "Deformazioni fuori piano e fattori di crisi dei fronti esterni", in F. Doglioni, G. Mirabella (a cura), Venezia. Forme della costruzione e forme del dissesto, pp. 241-250.
- [5] AA.VV., 2011. Palazzo Minotto a Venezia – Proposte per un restauro, Venezia.
- [6] DOGLIONI F., MIRABELLA ROBERTI G., SQUASSINA A., TROVÒ F., 2007. "Meccanismi e fattori di crisi del sistema strutturale ad entro-piombo ed aspetti concettuali degli interventi di consolidamento", in atti del workshop Sicurezza e consolidamento degli edifici storici in funzione delle tipologia edilizia, della concezione costruttiva e dei materiali (ricerca PRIN 2004-2006, coordinamento nazionale prof. Binda L.), 18-19 dicembre 2006, Politecnico di Milano, dipartimento di ingegneria strutturale, pp. 95-106.
- [7] DOGLIONI F., SQUASSINA A., TROVÒ F., 2007. "Assetto ad entro-piombo dei fronti esterni e concezione strutturale dell'edilizia civile di Venezia", in atti del workshop Sicurezza e consolidamento degli edifici storici in funzione delle tipologia edilizia, della concezione costruttiva e dei materiali (ricerca PRIN 2004-2006, coordinamento nazionale prof. L. Binda), 18-19 dicembre 2006, Politecnico di Milano, dipartimento di ingegneria strutturale, pp. 83-94.
- [8] BONDANELLI M., DOGLIONI F., MIRABELLA ROBERTI G., TROVÒ F., 2005. "Detecting constructive patterns for structural damage interpretation of historic buildings in Venice", in Scientific Research and Safeguarding of Venice – CORILA Research programme 2004-2006 –Volume IV 2005 results, pp. 115-133.
- [9] DOGLIONI F., SQUASSINA A., TROVÒ F., 2005. Detective constructive dispositions of inward out-of-plumb on venetians dwelling houses external masonries, in Scientific Research and Safeguarding of Venice – CORILA Research programme 2004-2006 –Volume V 2006 results, pp. 89-100.
- [10] MAX ONGARO, 1904. La principale causa dei danni ai fabbricati di Venezia, in «Monitore Tecnico», n. 4 – anno X, Milano, passim.
- [11] GUERRA F., PILOT L., VERNIER P., 2005. "The facades of gothic buildings in Venice: surveys verifying construction theories", in CIPA 2005 XX International Symposium, Torino, 26 sett.- 1 ott. 2005.
- [12] GUERRA F., BALLETTI C., STEVANIN C., VERNIER P., 2005. "3D Geometric analysis of the façades of Gothic buildings in Venice: examples of 3D modelling", in atti del convegno Italy-Canada 2005 2nd Workshop 3D digital Imaging and Modelling application of: Heritage, Industry, Medicine & Land, Padova, 17-18 maggio 2005.

GEOGRAPHIC INFORMATION ON
DATA DATA BASE APPLICATIONS
MAPPING AND MODELLING
AERIAL AERIAL PHOTOGRAPHY
LASER SCANNING
DATA BASES
BATH BATHYMETRY
NAVIGATION SOLUTIONS
AND MORE.....



BLOM CGR provides unique geoserver "BlomURBEX"
BlomURBEX offers streaming of oblique aerial images and 3D models
of more than 1,000 cities in Europe
Ready for download to mobile phones, car navigators and other PNDs with GPS



OBLIQUE IMAGE ROME



3D MODEL LYON



3D MODEL COPENHAGEN

WWW.BLOMASA.COM

