

# L'INGEGNERE UMBRO

89

**Editore:**

Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Perugia.

**Direzione e Redazione:**

Via Campo di Marte, 9  
06124 Perugia  
telefono +39 075 500 12 00  
fax +39 075 500 17 07

posta elettronica:

ingegnereumbro@ordineingegneriperugia.it

**Direttore Responsabile:**

Giovanni Paparelli.

**Redattore Capo:**

Alessio Lutazi.

**Segretario di redazione:**

Alessandro Piobbico.

**In Redazione:** Livia Arcioni, Federica Castori, Raffaele Cericola, Giulia De Leo, Michela Dominici, Giuliano Mariani.

**Collaboratori:**

Francesco Asdrubali, Michele Castellani, Guido De Angelis, Lamberto Fornari, Antonello Giovannelli, Renato Morbidelli, Giovanni Paparelli, Massimo Pera, Enrico Maria Pero, Alessandro Rocconi, Gianluca Spoletini.

**Hanno collaborato inoltre a questo numero:**

Nicola Cavalagli, Luca Cesaretti, Gabriele Comanducci, Luigi Materazzi, Filippo Ubertini.

**Grafica e impaginazione:**

Paolo Moretti.

Web: <http://www.paolomoretti.net>

E-mail: [info@paolomoretti.net](mailto:info@paolomoretti.net)

**Stampa:**

Litograf s.r.l.

Z.I. Ponte Rio - Todi (PG).

**Pubblicità:**

Sifa s.r.l.

Via Pievaiola, 45

06128 Perugia

tel. e fax +39 075 505 10 28.

**Questo numero è stato stampato in 6.000 copie.**

La Rivista viene inviata in abbonamento gratuito a chiunque ne fa richiesta. L'Editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati e la possibilità di richiederne gratuitamente la rettifica o la cancellazione. Le informazioni custodite verranno utilizzate al solo scopo di inviare agli abbonati la Rivista e gli allegati (legge 675/96 - tutela dei dati personali).

Tutti i diritti sono riservati. È vietata la riproduzione anche parziale, eseguita con qualsiasi mezzo, di ogni contenuto della Rivista, senza autorizzazione scritta. Sono consentite brevi citazioni con l'obbligo di menzionare la fonte.

Testi, foto e disegni inviati non saranno restituiti.

## 5 LA FORMAZIONE CONTINUA COME OPPORTUNITÀ DI CRESCITA PER LA CATEGORIA

di Michela Dominici.

L'Ordine degli Ingegneri di Perugia sostenitore della formazione professionale continua come opportunità di crescita per la categoria e non come mero onere.

## 7 CAMPANILE DI SAN PIETRO

di Filippo Ubertini, Nicola Cavalagli, Gabriele Comanducci, Luigi Materazzi.

La memoria presenta i risultati di una campagna di indagini dinamiche e la modellazione numerica del campanile della Basilica di San Pietro, uno dei monumenti storici più rappresentativi della Città di Perugia. Vengono presentati i risultati salienti dei rilievi dinamici, ivi compresa la misura della risposta della struttura ad un terremoto di modesta entità, la stima dei parametri modali dei primi tre modi di vibrare del campanile e il confronto tra le caratteristiche dinamiche misurate e quelle stimate mediante modellazione ad elementi finiti.

## 14 DOPO IL GAS RUSSO

di Giovanni Paparelli.

Maggiore ricorso alle energie rinnovabili e soprattutto maggiore efficienza energetica dei nostri edifici per contrastare i problemi legati all'approvvigionamento di materie prime da Paesi a forte instabilità.

## 16 DALLA RADIOLOCALIZZAZIONE A GALILEO

di Guido De Andelis.

Storia e prospettive dei sistemi di radionavigazione.

## 19 STEFANO BOTTINI

di Michela Dominici.

Massimo Mariani ricorda Stefano Bottini e la collaborazione con l'Ordine degli Ingegneri di Perugia.

## 22 L'ASSOCIAZIONE IDROTECNICA ITALIANA

di Gianluca Spoletini.

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia è dallo scorso gennaio membro dell'Associazione Idrotecnica Italia ed è stato nominato a far parte del direttivo della Sezione Italia Centrale.

## 24 VISITA AI MUSEI FERRARI DI MARANELLO E MODENA

di Gianluca Spoletini, Luca Cesaretti.

L'Ordine degli Ingegneri in visita ai musei Ferrari di Maranello e Modena con l'obiettivo di ammirare non solo le opere d'arte ingegneristica esposte, ma anche le architetture innovative delle strutture e degli spazi espositivi.

## 29 VISITA ALLA "UMBRA CUSCINETTI"

di Lamberto Fornari.

L'Ordine degli Ingegneri in visita alla Umbra Cuscinetti S.p.a., azienda leader mondiale nella realizzazione di componenti per il settore aeronautico.

**In copertina:**

Suggestiva immagine della ex piazza del Bacio, oggi piazza Nuova, attorno alla quale sorge il centro dirigenziale-residenziale-commerciale di Fontivegge (Perugia), sorto negli anni Ottanta ad opera di Aldo Rossi e considerato il progetto architettonico più importante di tutta la Perugia del Novecento. (Fotografia di Gino Cannistraro).



# LA FORMAZIONE CONTINUA COME OPPORTUNITÀ DI CRESCITA PER LA CATEGORIA

## *La discussione al centro dell'Assemblea generale dell'Ordine.*

**L**a formazione professionale continua vista non come un onere ma come opportunità di crescita per la categoria: è il messaggio lanciato dall'Ordine degli Ingegneri di Perugia durante l'Assemblea generale, svoltasi lo scorso 27 marzo presso l'Etruscan Chocohotel, alla presenza di oltre 100 iscritti. Numerosi gli argomenti affrontati dal presidente **Roberto Baliani** insieme ai componenti del Consiglio; accanto all'approvazione del bilancio consultivo dell'anno 2013, la discussione si è concentrata sullo stato di avanzamento del lavoro svolto dalle varie commissioni con una relazione puntuale dei rispettivi consiglieri delegati, sui rapporti con l'Università e sulle azioni intraprese a livello istituzionale dall'Ordine per aumentare il suo peso e visibilità. Ma il tema su cui maggiormente si è soffermata la discussione, è stato sicuramente quello della formazione, obbligatoria a partire dal 1 gennaio 2014 in base a una normativa che prevede l'aggiornamento quale condizione per poter esercitare la professione. Un'attività che lo stesso Ordine sta svolgendo attraverso il supporto operativo della Fondazione Ordine Ingegneri Perugia. "La grande partecipazione degli iscritti, testimonia il risveglio dell'associazionismo di fronte a una nuova sfida inerente alla formazione del *modus operandi* dell'ingegnere che, comunque, ha sempre posto l'aggiornamento alla base della propria attività professionale - ha commentato il presidente Baliani -. Il nostro impegno sarà rivolto a far percepire la formazione come un'opportunità di crescita e non come obbligo burocratico". Dello stesso avviso anche il consigliere e presidente della Fondazione **Paolo Anderlini**, il quale ha sottolineato "la necessità di rispondere alle esigenze di una complessità normativa e regolamentare che impone la conoscenza per l'applicazione pratica e per rispondere ai committenti". Significativo è stato infine l'intervento di **Massimo Mariani**, componente del Consiglio Nazionale Ingegneri con delega alla cultura. "La formazione per gli ingegneri è nient'altro che la continuità delle loro tradizioni che li ha sempre visti adeguare la propria cultura, per assicurare alla società la qualità di una professione di garanzia della sicurezza nei confronti di cose e persone - ha affermato Mariani -. Dico sempre che un ingegnere inizia a studiare dopo la laurea e continua a farlo fino alla fine della propria attività professionale; i giovani devono essere quindi orgogliosi di ascoltare i loro maestri in una società che riconosce sempre

*Michela Dominici.*



*Da destra:  
Gianluca Spoletini,  
Roberto Baliani,  
Elena Battaglini,  
Nando Nottoli.*



meno questa figura traslatrice del sapere e vedere la formazione non come un onere, ma come una opportunità ulteriore”.

**Formazione continua, l’Ordine punta sulla collaborazione con aziende nazionali.  
Il primo evento formativo dedicato alla “Durabilità del calcestruzzo”**

Con un Seminario sulla “Durabilità del calcestruzzo e calcestruzzi innovativi” organizzato in sinergia con la Colabeton e svoltosi lo scorso 11 aprile presso l’Hotel Plaza di Perugia, è iniziata ufficialmente l’attività formativa dell’Ordine degli Ingegneri di Perugia. Sono stati 200 i partecipanti a questo appuntamento di aggiornamento promosso in collaborazione con la Fondazione Ordine Ingegneri di Perugia, in prima linea per la gestione della formazione professionale, divenuta obbligatoria a partire dal 1 gennaio 2014. “La cooperazione tra istituzioni ordinistiche e altri soggetti in grado di portare esperienze culturali innovative in ambito formativo, fornisce sicuramente un valore aggiunto all’aggiornamento, ma quando la sinergia interessa un Ordine professionale e aziende operanti sul campo in discipline affini all’ingegneria, sicuramente è più proficua - ha affermato il vice presidente dell’Ordine **Gianluca Spoletini** -. A nome del Consiglio, non posso che ringraziare Colabeton per averci fornito a titolo gratuito questa importante opportunità di formazione professionale”. **Paolo Anderlini**, presidente della Fondazione, nello spiegare il ruolo di quest’ultima come soggetto formativo, ha parlato del coinvolgimento di aziende, Università e altri soggetti, affinché “possano fornire contributi scientifici funzionali alla divulgazione e all’approfondimento di argomenti strettamente connessi all’ingegneria”. “Poiché le esigenze formative da soddisfare sono molteplici e legate ai vari campi dell’ingegneria - ha continuato Anderlini - l’Ordine, in cooperazione con la Fondazione, partendo proprio da questo primo Seminario, sta mettendo in campo tutte le risorse per garantire in ogni ambito, un elevato livello formativo”. Tale aspetto è stato evidenziato anche da **Andrea Coccia**, responsabile scientifico del seminario e consigliere della Fondazione che ha spiegato il motivo per cui si è scelto di approfondire il tema del calcestruzzo. “Oggi il comparto del recupero edilizio è diventato predominante rispetto a quello delle nuove costruzioni - ha sottolineato Coccia - è quindi necessario concentrarci ancora di più sul recupero del patrimonio edilizio mettendo insieme tutte le conoscenze sul tema”. Il Seminario, curato da **Sergio Vivaldi** responsabile Servizio tecnologico Colabeton, ha approfondito anche i vari aspetti inerenti ai calcestruzzi innovativi, con particolare attenzione al loro uso nella costruzione di strade, una prassi ormai consolidata nel Nord Europa ma che, nel nostro Paese, vede il primo esempio significativo solo in un tratto della Quadrilatero, tra Foligno e Muccia.



## Introduzione.

Negli ultimi anni l'osservazione sperimentale del comportamento in servizio delle costruzioni ed, in particolare, della loro risposta dinamica sotto eccitazione ambientale finalizzata all'analisi modale in condizioni operative ha assunto grande interesse. Benché la gran parte delle applicazioni documentate riguardi prevalentemente opere infrastrutturali, quali ponti e viadotti [Calçada, Cunha & Delgado, 2002; Ubertini, Gentile & Materazzi, 2013], queste tecniche sperimentali sono state occasionalmente impiegate anche nel caso di costruzioni di rilevante interesse storico artistico [Gentile & Saisi, 2007; Gioffrè, Gusella & Cluni, 2008] lasciando intravedere notevoli potenzialità. Tuttavia, le applicazioni in tale contesto sono ancora molto limitate [Brencich & Sabia, 2008; Ramos, 2010; Gentile & Saisi 2013].

Le prove sperimentali di vibrazione ambientale (note in letteratura come "Ambient Vibration Tests" (AVT)) e l'analisi modale in condizioni operative (nota come "Operational Modal Analysis" (OMA)) consistono nella misura della risposta dinamica di una costruzione sotto l'azione di forzanti ambientali incognite (microtremori da traffico, vento, ecc.) e nella stima dei parametri modali della struttura. Poiché esse non richiedono la misura della forzante, queste metodologie di analisi sono definite in letteratura "a solo-output". Tali tecniche di indagine si rivelano essere particolarmente adatte per applicazioni su edifici storici, poiché sono totalmente non distruttive e non richiedono alcuna sorgente artificiale di eccitazione. In questo modo le interferenze con il normale utilizzo della costruzione sono ridotte al minimo e le prove risultano rappresentative delle condizioni di esercizio della struttura. Occorre inoltre sottolineare che l'attrezzatura necessaria allo svolgimento di tali prove è principalmente costituita da sensori relativamente poco costosi (in genere vengono impiegati accelerometri ad elevata sensibilità) e da dispositivi per l'acquisizione dei dati facilmente reperibili sul mercato.

La valutazione della sicurezza strutturale degli edifici storici coinvolge alcuni passi metodologici fondamentali, quali: ricerca storica e documentale, ispezioni visive e rilievo geometrico accurato (incluso il rilievo del quadro fessurativo nel caso delle strutture in muratura), prove non-distruttive e parzialmente distruttive per la caratterizzazione meccanica dei materiali, prove di laboratorio su campioni estratti in sito,

# CAMPANILE DI SAN PIETRO

## *Indagini dinamiche e modellazione numerica del campanile della Basilica di San Pietro a Perugia.*

modellazione ad elementi finiti (EF) e analisi teorica. In tale contesto i risultati ottenuti da AVT e OMA possono rivelarsi di fondamentale importanza poiché consentono di calibrare e validare i modelli numerici prima del loro impiego nelle successive elaborazioni, completando così l'iter metodologico precedentemente descritto. Inoltre, esse possono fornire informazioni chiave per la progettazione e l'installazione di sistemi di monitoraggio strutturale, cioè di sistemi finalizzati alla valutazione automatizzata dello stato di integrità di una costruzione mediante osservazione sperimentale del suo comportamento in servizio.

Nel presente lavoro gli autori illustrano i risultati di una campagna di indagini dinamiche condotte sul campanile della Basilica di San Pietro a Perugia (Figura 1), la conseguente analisi dinamica a solo-output e il confronto tra i risultati delle prove in sito e quelli ottenuti mediante una accurata modellazione ad EF della struttura. I risultati presentati all'interno della memoria costituiranno la base informativa fondamentale per la futura installazione di un sistema di monitoraggio permanente dell'integrità strutturale del campanile basato su misure di vibrazione.

### **Il campanile della Basilica di San Pietro a Perugia.**

#### *Cenni Storici.*

Il campanile della Basilica di San Pietro (Figura 1) è considerato uno dei simboli della città di Perugia. In virtù della sua posizione prominente su una collina nella parte sud del centro storico, esso domina il profilo visivo della città ed è chiaramente visibile anche da molti paesi vicini.

Il campanile è inserito all'interno del comples-

*Filippo Ubertini,\*  
Nicola Cavalagli,\*  
Gabriele Comanducci,\*  
Luigi Materazzi.\**

*Figura 1. Il campanile della Basilica di San Pietro: vista di insieme del campanile e del complesso monumentale della Basilica e del monastero (a); vista di dettaglio del lato nord del campanile (b).*



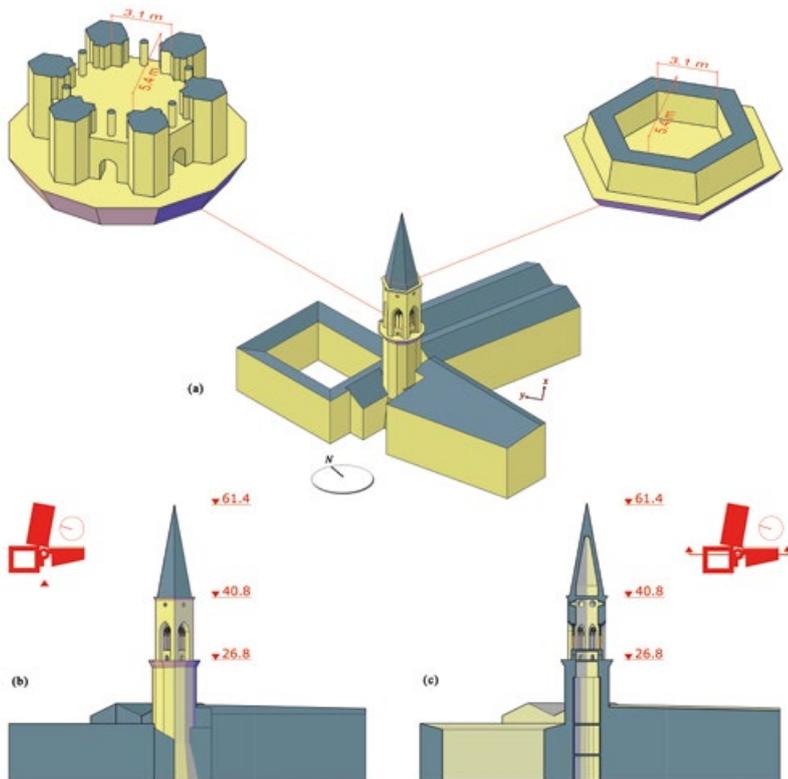


Figura 2. Modello solido del Campanile e del complesso monumentale circostante con indicazione del sistema di riferimento x-y e del nord geografico (quote in m): vista assonometrica e sezioni al livello della cella campanaria e della cuspide (a); prospetto ovest del campanile (b); sezione longitudinale del campanile (c).

so monumentale della Basilica e del monastero benedettino di San Pietro. Già in epoca Etrusca la zona era edificata e presumibilmente costituiva un'area cimiteriale. Peraltro, studi recenti hanno avanzato l'ipotesi secondo la quale il campanile sarebbe stato fondato sulla tomba dell'imperatore romano di origine umbra del III secolo Gaio Vibio Treboniano Gallo [Cotana, 2012].

Il monastero benedettino di San Pietro, eretto nel 996 sulle rovine di un'antica cattedrale, presenta una struttura piuttosto articolata, frutto delle numerose modifiche ed ampliamenti occorsi nell'arco dei secoli. Il campanile fu eretto per la prima volta nel XIII secolo e subì successivamente numerosi interventi strutturali ed architettonici, talvolta finalizzati a vere e proprie modifiche della sua destinazione d'uso, come quando, alla fine del XIV secolo, ne fu demolita la guglia e la cella campanaria e fu trasformato in torre difensiva da Papa Bonifacio IX. Il campanile fu ricostruito e ne fu ripristinata la funzione originale nel 1463, molto probabilmente su progetto del maestro Bernardo Rossellino, a cui si attribuisce il disegno del manufatto nello stile gotico fiorentino con il quale si presenta anche ai giorni nostri.

Fra i vari interventi succedutisi dopo la ricostruzione del XV secolo, spesso necessari per

riparare i danni causati dai fulmini, tre sono particolarmente degni di nota. Il primo, nel 1932, fu finalizzato alla riduzione dei livelli di vibrazione della torre campanaria sotto l'azione delle campane e consistette nella costruzione di una struttura metallica a tre quarti del fusto con parziale demolizione delle volte alla base della cella campanaria. Più rispettosi furono gli interventi del 1951 e del 2002. Quest'ultimo in particolare, concernente il consolidamento statico della struttura diffusamente documentato nella letteratura tecnica [Vetturini, 2014], si rese necessario a seguito dei danni conseguenti l'evento sismico che ha interessato il territorio umbro-marchigiano nel 1997.

#### Geometria e materiali.

Sulla base dei recenti rilievi architettonici [Vetturini, 2014] (cfr. ringraziamenti) e delle ricerche svolte presso l'archivio storico della Fondazione per l'Istruzione Agraria di Perugia [FIA, 2002] (cfr. ringraziamenti), è stato realizzato un modello solido (Figura 2) del campanile e del complesso monumentale della Basilica, di ausilio, tra l'altro, alle successive elaborazioni numeriche.

Il campanile ha un'altezza complessiva di 61.5 m ma è libero di muoversi solo negli ultimi 45 m essendo vincolato nei primi 17 m alla basilica, al chiostro principale e al convento. Lungo il suo sviluppo verticale sono chiaramente identificabili tre parti principali: (i) il fusto di sezione dodecagonale che si estende per una lunghezza di 26 m incluso il basamento, (ii) la cella campanaria con sezione esagonale che raggiunge una quota di 41 m ed, infine, (iii) la cuspide che completa la torre fino alla sua quota massima. Il basamento che si estende per circa 8 m ha forma tronco conica con spessore del paramento murario variabile dai 3.5 ai 2 m. Diversi ordini di volte in mattoni poste a quote irregolari, parzialmente demolite in alcuni casi, caratterizzano inoltre lo spazio all'interno della torre. Le campane sono invece supportate dalla struttura metallica installata durante l'intervento del 1932 precedentemente descritto.

Il fusto ha un paramento esterno costituito da blocchi regolari di pietre calcaree con inserti irregolari di mattoni. Il paramento interno è invece costituito da una muratura in pietra meno regolare, mentre il riempimento della parete è probabilmente costituito da materiale eterogeneo. La cella campanaria risulta invece essere caratterizzata da un paramento esterno di muratura mista in pietra calcarea e travertino, e da uno interno costituito da una muratura regolare in mattoni. Infine, la cuspide è presumibilmente realizzata con muratura di mattoni in laterizio.

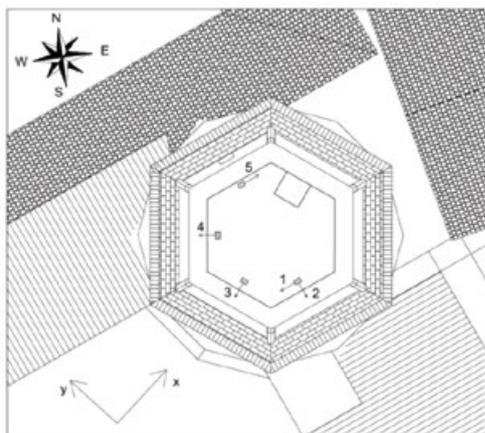
#### Prove di vibrazione ambientale e procedure di analisi dei dati.

##### Procedure sperimentali

La risposta dinamica del campanile in condizioni operazionali è stata misurata durante sette giorni consecutivi nel mese di Dicembre 2013 (dal giorno 20 al giorno 27) al fine di identificare le caratteristiche dinamiche di riferimento e, in particolare, le frequenze naturali e le forme modali dei primi modi di vibrare della struttura.

Le indagini di vibrazione ambientale sono state condotte installando cinque accelerometri uniassiali MEMS, modello PCB 3711B112G (sensibilità 1 V/g), sulla base della cuspide ad un'altezza di 40.8 m. La geometria esagonale della pianta ha suggerito di indirizzare tre sensori secondo il moto lungo le tre direzioni ortogonali

Figura 3. Configurazione dei sensori installati (piano alla base della cuspide, quota 40.8 m).



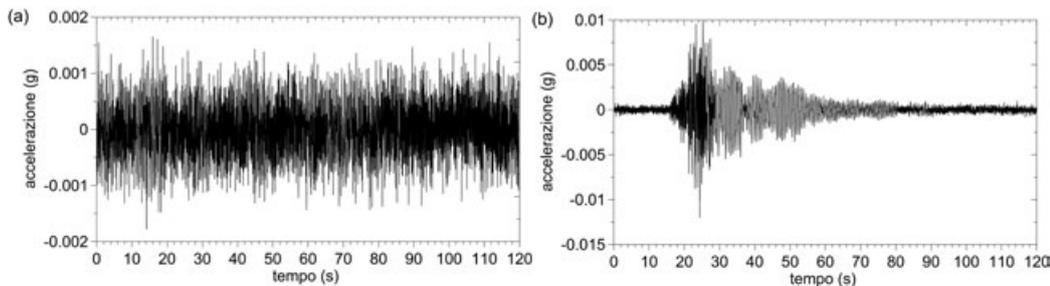


Figura 4. Segnali registrati dal sensore numero 1 sotto l'eccitazione del vento (a) e del terremoto del 22 Dicembre 2013 (b).

ai lati dell'esagono, mentre due sensori sono stati dislocati in modo tale da rilevare il moto torsionale. L'acquisizione dei dati è stata condotta mediante un sistema a 24 canali, con carrier modello cDAQ-9188 con moduli di acquisizione NI 9234 (24-bit di risoluzione, 102 dB di intervallo dinamico e filtri anti aliasing). Lo schema della disposizione dei sensori è mostrato in Figura 3.

Le misure effettuate hanno evidenziato, come era lecito attendersi in ragione della forma piuttosto tozza del campanile, bassi livelli di vibrazione anche in presenza di un vento di discreta intensità come quello registrato nei giorni 25 e 26 Dicembre 2013. Tuttavia, l'acquisizione continua della risposta dinamica della struttura prolungata per sette giorni consecutivi ha consentito di rilevarne anche la risposta ad un sisma, seppur di ridotta intensità, verificatosi alle ore 11:06 del 22 Dicembre 2013. Il terremoto, classificato di grado 4.0 sulla scala Richter, ha avuto epicentro nella zona di Gubbio, ad una distanza di circa 30 km da Perugia.

Utilizzando una tecnica di identificazione del tipo a solo-output di comprovata efficacia, è stato possibile identificare in maniera chiara alcuni modi di vibrare. A tale scopo sono state utilizzate finestre temporali rispettivamente di 120 secondi contenenti la risposta sismica del campanile e di 15 minuti contenenti la risposta dinamica sotto l'azione del vento.

L'indagine sperimentale è stata affiancata dallo sviluppo di un modello tridimensionale ad EF. Come meglio precisato nel seguito, nonostante mancassero informazioni sperimentali sulle proprietà dei materiali, il comportamento dinamico del campanile stimato con l'ausilio di tale modello preliminare ha mostrato differenze quasi trascurabili rispetto ai risultati delle indagini sperimentali.

#### Tecnica di elaborazione dei dati.

L'analisi modale in condizioni operazionali è stata condotta nel dominio delle frequenze utilizzando la tecnica non parametrica della

Frequency Domain Decomposition (FDD). Tale tecnica è basata sulla stima della matrice spettrale delle misure, funzione della frequenza  $f$  ed esprimibile come:

$$G(f) = E[A(f)A^H(f)] \quad (1)$$

dove  $E$  è il valore atteso,  $A(f)$  è un vettore contenente le risposte accelerometriche nel dominio delle frequenze e l'apice  $H$  rappresenta l'operatore trasposto complesso coniugato. Secondo la definizione fornita dalla Eq. (1), i termini lungo la diagonale principale di  $G(f)$  sono gli spettri di potenza delle registrazioni accelerometriche, mentre i termini fuori diagonale sono gli spettri di potenza incrociati.

La tecnica FDD si compone dei seguenti passi fondamentali:

- Stima della matrice spettrale attraverso l'utilizzo di finestre mobili di Hanning con preassegnata percentuale di sovrapposizione (nel caso in esame pari al 66,67%) e risoluzione in frequenza pari all'inverso della lunghezza temporale delle finestre stesse (nel caso in esame pari a circa 0.01 Hz).

- Decomposizione per valori singolari della matrice spettrale al variare della frequenza secondo la relazione:

$$G(f) = U(f)\Sigma(f)U^H(f) \quad (2)$$

dove  $\Sigma$  è la matrice diagonale contenente i valori singolari di disposti in ordine decrescente mentre  $U$  è la matrice complessa le cui colonne rappresentano i vettori singolari corrispondenti.

- Ispezione delle curve che rappresentano i valori singolari in funzione della frequenza allo scopo di individuarne i massimi locali (picchi), che si trovano in corrispondenza delle frequenze di risonanza della struttura, e di stimare le corrispondenti forme modali dai vettori singolari.

La buona riuscita dell'identificazione dinamica

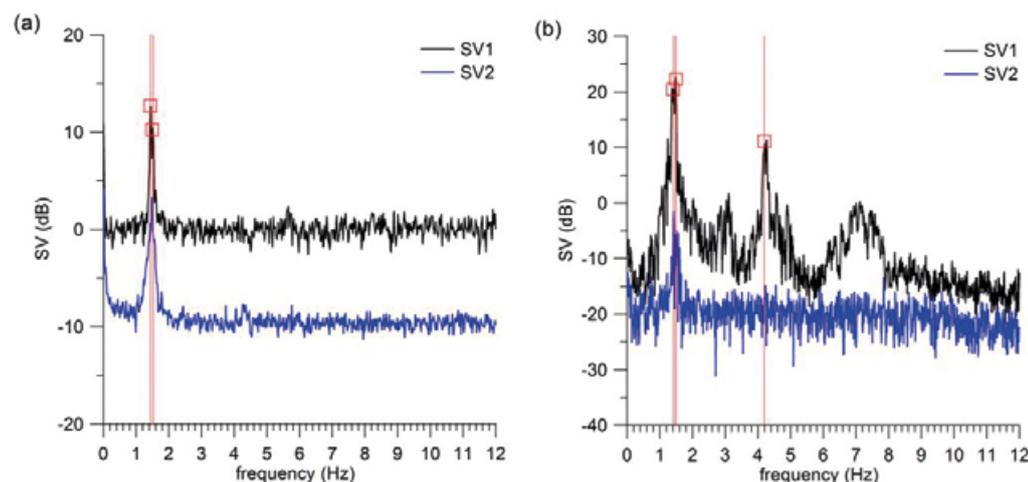


Figura 5. Rappresentazione dei valori singolari (SV) dei dati registrati sotto l'eccitazione del vento (a) e del terremoto (b).

Tabella 1. Frequenze naturali del campanile identificate dalle prove sperimentali.

Ordine del modo	Frequenza [Hz]	Tipologia
Registrazioni sotto l'azione del vento		
1	1.437	Fx1
2	1.517	Fy1
Registrazioni sotto azione sismica		
1	1.402	Fx1
2	1.473	Fy1
3	4.197	T1

#### Caratteristiche dinamiche del campanile.

I dati di risposta al vento e al sisma, acquisiti a 1653 Hz, dopo essere stati filtrati con un filtro passa-basso a 20 Hz in modo da evitare errori di aliasing, sono stati ricampionati effettuando una decimazione a 40 Hz prima di procedere all'identificazione modale.

In Figura 4 sono mostrati due segnali registrati dall'accelerometro numero 1 sotto l'azione sia del vento che del sisma. L'analisi delle registrazioni evidenziano, in entrambi i casi, livelli di vibrazione molto bassi dell'ordine, nel caso dell'azione sismica, di qualche  $\text{cm/s}^2$ .

Applicando la tecnica FDD alle registrazioni suddette è stato possibile identificare chiaramente tre modi, due flessionali  $F_{x1}$  e  $F_{y1}$  diretti secondo gli assi coordinati del sistema di riferimento  $x$ - $y$  indicato in Figura 2 ed ottenuti a partire sia dalle registrazioni sotto l'azione del vento che del sisma, e uno torsionale  $T_1$  identificato invece solo grazie alla risposta all'azione sismica. In Figura 5 è rappresentato l'andamento dei primi due valori singolari della matrice spettrale delle registrazioni in funzione della frequenza sia per il caso di eccitazione del vento, che di eccitazione sismica. Le frequenze di risonanza identificate dall'ispezione di tali diagrammi sono riassunte in Tabella 1 mentre le forme modali (moto del piano strumentato del campanile) sono presentate in Figura 6.

#### Modellazione numerica.

Il modello numerico, sviluppato mediante l'ausilio di un codice commerciale ad elementi finiti, è stato costruito impiegando elementi esaedrici e tetraedrici che meglio si prestavano alla modellazione della struttura, soprattutto in alcune sue parti caratterizzate da una geometria particolarmente irregolare. Nello specifico è stata adottata una griglia strutturata per le zone del fusto e della fondazione, mentre è stata adottata una griglia libera per la cuspide. Allo scopo di considerare in maniera appropriata l'effetto di vincolo offerto dagli edifici adiacenti, una parte del loro volume è stata considerata e modellata attraverso una griglia grossolana. Le varie parti

sono poi state unite mediante vincoli interni con formulazione nodo-superficie.

Una rappresentazione grafica del modello tridimensionale ad EF del campanile è riportata in Figura 7.

Al fine di contenere l'onere computazionale entro limiti accettabili, il modello è stato costruito prescindendo dalla disomogeneità dei materiali a seguito degli interventi di restauro succedutisi nel tempo, quali ad esempio: l'inserimento di vaste zone con muratura di mattoni sulla superficie esterna del fusto, o la costruzione della struttura metallica alla base della cella campanaria. Al contrario, il modello è stato suddiviso in tre regioni supposte localmente omogenee: fusto, cella campanaria e cuspide. Ad esse sono stati assegnati materiali omogenei a comportamento elastico-lineare ortotropo. I valori delle caratteristiche meccaniche assunti per i tre materiali (Tabella 2) sono stati scelti in accordo con gli intervalli suggeriti all'interno delle NTC 2008 per i seguenti materiali considerati in ciascuna porzione della struttura, rispettivamente: muratura di pietra squadrata per fusto e cella campanaria e un misto di muratura di mattoni per la cuspide. Inoltre, per quanto riguarda i moduli elastici del fusto e della cella campanaria sono stati anche applicati i coefficienti correttivi previsti per il caso di malta in buone condizioni (coefficiente moltiplicativo pari a 1.2) e spessori dei letti di malta inferiori a 1 cm (coefficiente moltiplicativo pari a 1.2). In prima approssimazione, l'effetto di vincolo offerto dagli edifici adiacenti è stato considerato utilizzando un materiale isotropo con bassa rigidità (modulo di Young pari a 950 MPa, coefficiente di Poisson pari a 0.15).

Il modello numerico è stato impiegato per condurre una analisi modale lineare del campanile. In Figura 8 sono riportati i primi tre modi di vibrare calcolati attraverso il modello ad EF, dei quali peraltro è stato possibile trovare un riscontro nelle prove di vibrazione ambientale. Confrontando le frequenze di questi con quelle identificate (Tabella 1), appare evidente come il modello numerico, sebbene non ancora calibrato sulla base delle risultanze sperimentali, almeno per i primi tre modi di vibrare, fornisca già una accurata rappresentazione del comportamento dinamico della struttura effettiva (si veda la Tabella 3).

Allo scopo di effettuare una calibrazione del modello ad EF, così da migliorare ulteriormente il già buon accordo osservato nei risultati di Tabella 3, è stata condotta un'analisi di sensitività delle frequenze naturali variando le caratteristiche meccaniche dei materiali. In Tabella 4 e in Figura 9 sono riassunti i risultati derivanti da tale analisi espressi in termini dei coefficienti di sensitività calcolati come:

$$S_{ik} = 100 \frac{X_{ik}}{f_i^{FEM}} \frac{\Delta f_i^{FEM}}{\Delta X_{ik}} \quad (3)$$

essendo  $X_k$  il  $k$ -esimo parametro incerto,  $f_i^{FEM}$  la  $i$ -esima frequenza naturale prevista mediante l'impiego del modello numerico ed essendo  $\Delta$  l'operatore differenza. Adottando tale definizione, i coefficienti di sensitività rappresentano le variazioni percentuali delle frequenze naturali prodotte da una variazione par al 100% del parametro  $X_k$ . I risultati mostrano che, come presumibile, i modi flessionali sono altamente sensibili alle variazioni dei moduli di Young dei materiali, in special modo quello del fusto (E

fusto), mentre il primo modo torsionale è più sensibile rispetto alle variazioni del modulo di taglio della cella campanaria (G cella).

L'analisi di sensitività ha consentito di effettuare agevolmente una calibrazione manuale a passo singolo del modello in cui il modulo elastico del fusto è stato aggiornato per sintonizzare i modi  $F_{x1}$  e  $F_{x2}$  e il modulo di taglio della cella campanaria per sintonizzare il modo  $T_1$ . La variazione percentuale del  $k$ -esimo parametro per la calibrazione manuale è stata calcolata semplicemente come:

$$\Delta X_k^{MT} = 100 \frac{\Delta f_i^{EF-ID}}{S_{ik}} \quad (4)$$

dove  $\Delta f_i^{EF-ID}$  è la differenza relativa espressa in percentuale tra la  $i$ -esima frequenza calcolata mediante il modello ad EF e la stessa frequenza identificata (corrispondente a  $\Delta$  in Tabella 3). Le frequenze naturali calcolate dal modello ad EF aggiornato sono riassunte in Tabella 5. I valori aggiornati dei parametri strutturali sono riassunti in Tabella 6. Questi risultati evidenziano un accordo molto buono tra modello numerico e dati sperimentali.

### Conclusioni.

All'interno della memoria sono stati presentati i risultati di una indagine dinamica e di una modellazione numerica del Campanile della Basilica di San Pietro a Perugia, in vista della futura installazione di un sistema di monitoraggio continuo dell'integrità strutturale basato su misure di vibrazione.

Nel Dicembre 2013 è stata condotta una acquisizione di sette giorni della risposta dinamica del campanile soggetto ad eccitazione di natura ambientale, disponendo cinque accelerometri sul solaio posto alla base della cuspide. I dati registrati hanno mostrato un livello di vibrazione molto basso a causa sia della rigidità della struttura che dell'assenza di significative sorgenti di eccitazione in prossimità del campanile. Durante l'acquisizione, tuttavia, si è verificato un terremoto di modesta intensità, classificato di grado 4.0 sulla scala Richter, il cui epicentro era localizzato nei pressi di Gubbio ad una distanza di circa 30 km dalla struttura in esame. Benché relativamente piccola in termini di ampiezza, la risposta del campanile a tale terremoto è stata chiaramente rilevata.

L'identificazione modale del campanile è stata condotta utilizzando sia i dati relativi alla risposta sismica, che registrazioni di lunghezza maggiore sotto l'azione del vento. I risultati hanno consentito di identificare le frequenze naturali e le forme modali dei primi due modi flessionali e del primo modo torsionale.

Parallelamente allo svolgimento delle indagini sperimentali è stato anche sviluppato un modello ad elementi finiti che costituisce una rappresentazione elastico-lineare ortotropa del campanile basata sull'impiego di elementi esaedrici e tetraedrici. A causa della mancanza di indagini sperimentali dirette sulle proprietà meccaniche

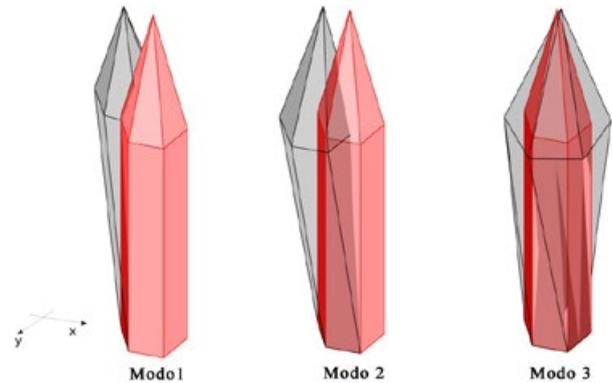


Figura 6. Forme modali identificate dalle registrazioni della risposta sismica del campanile.

dei materiali, il modello è stato caratterizzato assumendo le proprietà meccaniche dei materiali suggerite dalle NTC 2008.

I risultati dell'analisi modale condotta con l'ausilio del modello numerico hanno evidenziato differenze quasi trascurabili rispetto al comportamento dinamico identificato dai dati sperimentali. In particolare, la struttura reale si è mostrata essere leggermente più rigida di quanto atteso dal modello numerico.

Allo scopo di ottenere una rappresentazione numerica della struttura reale ancora più accurata, è stata condotta una analisi di sensitività modale ed una calibrazione manuale del modello sulla base delle frequenze spettrali identificate. I risultati hanno evidenziato un accordo molto buono tra modello numerico e dati sperimentali, anche se occorre precisare che l'indagine è necessariamente limitata ai primi tre modi di



Figure 7. Modello agli elementi finiti del campanile.

vibrare identificati sperimentalmente.

In linea generale, i risultati presentati all'interno della memoria confermano che i metodi di indagine dinamica costituiscono un utile strumento per la comprensione della risposta strutturale dei campanili e per la validazione e calibrazione dei modelli numerici di comportamento.

### Ringraziamenti.

Questa ricerca è stata resa possibile grazie ad una Convenzione tra il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia e la Fondazione per l'Istruzione Agraria (FIA) di Perugia. Gli autori desiderano ringraziare in modo particolare il supporto offerto dal Direttore Generale della FIA, Dott. Antonio Cesarini, e dal suo Vice-Presidente,

Porzione di struttura	Modulo elastico [MPa]	Modulo di taglio [MPa]	Coefficiente di Poisson [-]
Fusto	4032	1238	0.25
Cella campanaria	4032	1238	0.25
Cuspide	1500	500	0.25

Tabella 2. Caratteristiche meccaniche dei materiali assunte nel modello ad EF.

Tabella 3. Frequenze naturali calcolate mediante il modello iniziale ad EF e identificate (ID) dalle registrazioni sperimentali ( $\Delta$  rappresenta la differenza relativa espressa in percentuale)

Modo	EF [Hz]	ID [Hz]	$\Delta$ [%]
Fx1	1.416	1.402	1.0
Fy1	1.482	1.473	0.8
T1	4.250	4.197	1.3

Tabella 4. Coefficienti di sensitività (%) calcolati con il modello numerico.

Modo	E fusto	G fusto	E cella	G cella
1	24.76	3.99	12.20	3.72
2	23.94	3.84	13.40	4.10
3	0.69	9.36	18.37	20.86
4	3.82	6.46	16.07	1.90
5	3.53	5.85	15.71	2.08

Tabella 5. Frequenze naturali calcolate dal modello ad EF calibrato manualmente e identificate (ID) dalle registrazioni sperimentali ( $\Delta$  rappresenta la differenza relativa espressa in percentuale).

Modo	EF [Hz]	ID [Hz]	$\Delta$ [%]
Fx1	1.400	1.402	0.14
Fy1	1.465	1.473	0.54
T1	4.195	4.197	0.05

Parametro	Valore iniziale [MPa]	Variazione (%)	Valore calibrato [MPa]
E fusto	4032	3.69	5519.81
G cella	1238	6.23	1160.87

Tabella 6. Caratteristiche meccaniche dei materiali assunte nel modello ad EF calibrato sulla base dei risultati sperimentali.

In alto a destra: Figura 8. Modi flessionali (F) e torsionali (T) derivanti dal modello numerico.

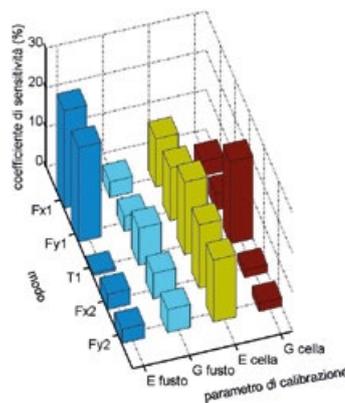
Prof. Bruno Romano.

Gli autori desiderano altresì ringraziare l'Arch. Francesco Ernesto Ventura per avere gentilmente fornito preziose informazioni e materiale documentale relativo al Campanile, rendendo possibile lo sviluppo di un suo accurato modello numerico di comportamento.

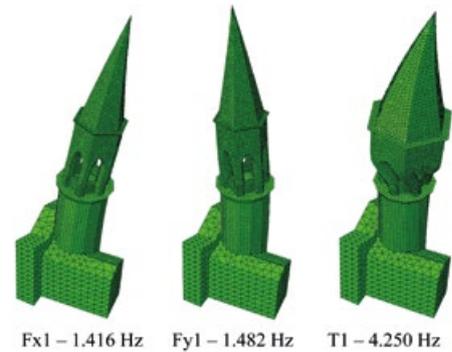
Gli autori desiderano esprimere la propria gratitudine anche all'Abate Padre Martino Siciliani, Direttore dell'Osservatorio Sismologico "Andrea Bina" localizzato all'interno della Basilica di San Pietro, per il suo prezioso supporto a questa ricerca.

Si ringraziano infine gli studenti che, con il proprio lavoro di Tesi, hanno contribuito alle ricerche di archivio, alle indagini sperimentali ed alle elaborazioni numeriche e in particolare il Dott. Michael Tiritiello e il Dott. Francesco Macchioni.

Figura 9. Rappresentazione dei coefficienti di sensitività del modello numerico.



\* Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università degli Studi di Perugia



### Bibliografia.

- R. Calçada, A. Cunha, R. Delgado, Dynamic analysis of metallic arch railway bridge, *ASCE Journal of Bridge Engineering*, 7(4), 214–22, 2002.
- F. Ubertini, C. Gentile and A.L. Materazzi, Automated modal identification in operational conditions and its application to bridges, *Engineering Structures*, 46, 264–278, 2013.
- C. Gentile, A. Saisi, Ambient vibration testing of historic masonry towers for structural identification and damage assessment, *Construction and Buildings Materials*, vol. 21, 1311–1321, 2007.
- M. Gioffrè, V. Gusella, F. Cluni, Performance evaluation of monumental bridges: testing and monitoring 'Ponte delle Torri' in Spoleto, *Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance (Special Issue: Long-Term Performance of Structural)*, 4(2), 95–106, 2008.
- A. Brencich and D. Sabia, Experimental identification of a multi-span masonry bridge: the Tanaro Bridge, *Construction and Building Materials*, 22(6), 2087–2099, 2008.
- L.F. Ramos, L. Marques, P.B. Lourenço, G. DeRoeck, A. Campos-Costa and J. Roque, Monitoring historical masonry structures with operational modal analysis: two case studies, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 24(5), 1291–305, 2010.
- C. Gentile and A. Saisi, Operational modal testing of historic structures at different levels of excitation, *Construction and Building Materials*, 48, 1273–1285, 2013.
- F. Cotana, L'imperatore Gaio Vibio Treboniano Gallo da Monte Vibiano, Grafox Srl, Perugia, 2012.
- R. Vetturini, Campanile del complesso monumentale di San Pietro in Perugia: interventi di restauro e consolidamento statico, <http://europaconcorsi.com/projects/247982-Riccardo-Vetturini-Campanile-del-Complesso-Monumentale-di-S-Pietro-in-Perugia>, 9 Gennaio 2014.
- Fondazione per l'Istruzione Agraria, Il campanile di San Pietro e Perugia, Ali&No Editrice, Perugia, 2002.

# DOPO IL GAS RUSSO

Giovanni Paparelli.

Nel febbraio scorso, il gas proveniente dalla Russia ha subito un calo del 30%. Le motivazioni sono le stesse di quelle che hanno caratterizzato le precedenti crisi tra Russia e Ucraina nel 2006 e ancor prima nel 1993. I gasdotti che alimentano l'Italia, l'Ungheria, l'Austria e la Repubblica Ceca passano infatti per l'Ucraina e ogni ritorsione nei confronti di quest'ultima, attuata con la riduzione del gas metano, coinvolge inevitabilmente anche gli Stati precedentemente elencati.

Non è questa la sede per analizzare le cause politiche della discordia tra la Russia e l'ex Stato satellite, ormai rivolto in modo irreversibile verso l'Europa, quanto piuttosto quello di ipotizzare l'effetto sulla nostra Nazione di quella che in gergo è paventata come una possibile "chiusura dei rubinetti".

Il gas metano in Italia copre il 38% del fabbisogno energetico. Di questa importante fetta il 30% viene dalla Russia, il 40% dall'Africa (Algeria, Qatar, Nigeria e Libia), il 15% dai Paesi nordici (Paesi Bassi e Norvegia), il 15% è infine prodotto in Italia.

Figura 1-Provenienza del gas naturale utilizzato in Italia.

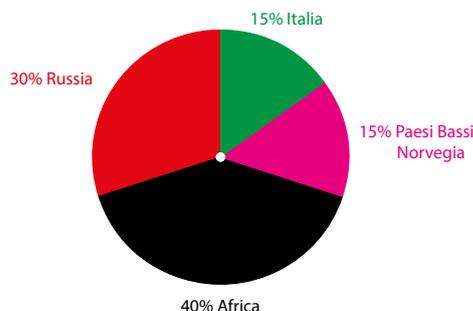
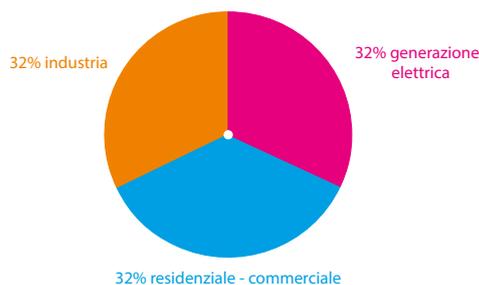


Figura 2- Utilizzo del gas naturale importato.

Il gas importato è invece così utilizzato: il 32% per la generazione elettrica, il 32% nell'industria e il 35% nel residenziale - commerciale.



Quali possono essere le alternative al gas russo? È questa la domanda che molti si pongono

quando le tensioni tra Ucraina e Russia si rinnovano. Altri stati, come ad esempio l'Angola e forse anche il Nord America potranno dare una mano ad alleggerire la quota del gas russo, ma tutte queste alternative sono ancora lontane.

Le altre soluzioni di cui possiamo disporre sono le solite: maggiore ricorso alle energie rinnovabili e soprattutto maggiore efficienza energetica. Su questo ultimo punto l'Europa ha già programmato gli interventi necessari per raggiungere nel 2020 una riduzione dei consumi totali del 20%. Tra i vari percorsi volti a migliorare l'autonomia energetica italiana è previsto un aumento delle energie rinnovabili le quali dovrebbero coprire nel 2020 il 38% del fabbisogno di energia elettrica e c'è da scommettere che gli italiani ci riusciranno.

Tutto questo deve rassicurarci?

Prima di dare una risposta, vediamo quali sono gli altri problemi da affrontare.

La rivista "Il Cambiamento" riferisce che dei 13,7 milioni di edifici presenti in Italia, di cui 12,1 milioni destinati ad uso residenziale e 1,6 milioni ad altri usi, più del 70% sono energivori in quanto costruiti in data antecedente al 1976, anno in cui anche in Italia ha fatto la prima apparizione la L. 373 riguardante il risparmio energetico. La maggior parte degli edifici ha inoltre più di 70 anni e il 35% delle scuole italiane ne ha più di 50. Da tutta questa vetustà deriva un consumo annuale di 133 milioni di TEP (tonnellata equivalente di petrolio, pari anche a 11630 kWh).

La spesa energetica, per far fronte a questi consumi, raggiunge i 47 miliardi di euro di cui 45 mld per le abitazioni; 1,3 mld per le scuole e 0,65 mld per il direzionale pubblico.

Nel 2013 gli incentivi per le ristrutturazioni edilizie hanno raggiunto quota 23 miliardi di euro, ma di questi solo 5 miliardi hanno interessato la riqualificazione energetica. Si comprende quindi come il percorso per raggiungere il 20% di risparmio nel 2020 sia tutt'altro che facile, non tanto nell'individuare i piani di programmazione, quanto nella loro attuazione.

Al momento, anche grazie agli incentivi, assistiamo a molte riqualificazioni energetiche di edifici da cui derivano risparmi ancora contenuti rispetto agli obiettivi imposti dall'U.E. Dalla sostituzione di una vecchia caldaia con una nuova a condensazione, con l'installazione delle valvole termostatiche sui corpi scaldanti e con l'utilizzo delle pompe con *inverter* (dispositivo capace di gestire la variazione di velocità dei un motore, variando la frequenza), che rappresentano i tre interventi standard su cui si basa la riqualificazione energetica di primo intervento, si raggiungono infatti risparmi che non sempre superano il 15%. Per poter andare al di là di questo risparmio sono necessari interventi di riqualificazione energetica supplementari quali l'isolamento a cappotto, le finestre performanti e il ricorso all'energia solare, da cui si può raggiungere un risparmio di oltre il 25%.

Il percorso appropriato sarebbe quindi ben delineato ed è quello delle ristrutturazioni/riqualificazioni energetiche importanti da cui derivano:

- una importante riduzione della spesa energetica;
- un confort di gran lunga superiore;
- un interesse maggiore nel mercato immobiliare.

La riqualificazione energetica immobiliare



così concepita è capace di generare benefici tridimensionali: ambientali, per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, economici e sociali, contribuendo a ridurre la precarietà energetica e creando posti di lavoro.

Questo percorso virtuoso necessita peraltro di alcune riflessioni propedeutiche di natura economica.

In ogni Stato europeo la crisi economica è tale da non far registrare ritmi superiori alle 100.000 ÷ 150.000 riqualificazioni energetiche/anno.

Le difficoltà nell'accedere ai finanziamenti costituiscono inoltre un altro problema ormai diffuso. Gli interventi di riqualificazione energetica sono inoltre ancora troppo cari rispetto ai benefici che porteranno. Si pensi infatti che una riqualificazione completa ha un costo di circa 300 €/mq, ovvero 30.000 euro per un alloggio medio di 100 mq di superficie e grazie a questi interventi la spesa energetica che precedentemente era dell'ordine dei 1500 €/anno, dopo l'intervento si riduce di 600 ÷ 700 €/anno, confermando come un intervento generalizzato nel civile abbia uno scarso *appeal* in quanto il rapporto costi/benefici è altamente disincentivante, con tempi biblici di ammortamento.

Si dovrà allora rivolgere l'attenzione agli edifici maggiormente energivori (ad es. le scuole e in genere i vecchi edifici pubblici) affinché da ogni intervento possa scaturire un maggiore beneficio, tale comunque da dare un senso di buona economia all'intera operazione. Si dovrà cercare di attuare in concreto quella che nel Regno Unito è chiamata "*la regola d'oro di un investimento*" consistente nell'ottenere dei risparmi energetici annuali superiori o almeno pari alla rata annuale del mutuo stipulato con una banca a sostegno dell'intervento effettuato.

Alcuni, in alternativa alle banche, potranno ricorrere all'investimento effettuato da un soggetto terzo il quale solleva il condominio o più in generale il proprietario di un immobile, dall'impegno finanziario iniziale, chiedendo poi, con cadenza mensile e per certo numero di anni, che i risparmi che ne deriveranno, siano di sua unica spettanza.

L'individuazione della particolare precarietà

energetica di un immobile deve passare peraltro attraverso l'attenta analisi tecnico-economica di professionisti, ben diversa da quella richiesta per redigere attestati di certificazione energetica, finalizzati al rogito notarile o alla pubblicità immobiliare, caratterizzati quindi molto spesso da una fretteosità forse troppo coerente con i modesti compensi che ne derivano.

Le realtà sopra sinteticamente descritte lasciano intendere come il numero di riqualificazioni energetiche difficilmente aumenterà di numero nei prossimi anni, superando quella soglia annuale ormai standardizzata delle 100.000 ÷ 150.000 unità/anno. L'obiettivo europeo 20 20, chiamato anche *Pacchetto clima-energia*, che è quello di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> del 20%, di alzare del 20% la quota di energie rinnovabili, di aumentare del 20% l'efficienza energetica, non ha ancora in Italia un percorso certo in tutte e tre le direzioni.

Giungono peraltro notizie riguardanti altri percorsi energetici. Uno di questi è che l'Italia preveda un aumento della produzione di petrolio e di gas tali da coprire il 14% del fabbisogno energetico nazionale, rispetto al 7% attuale, risparmiando peraltro 5 miliardi di euro. E poi? E poi saranno costruiti altri due gasdotti che eviteranno di attraversare l'Ucraina. Probabilmente inoltre si diffonderanno nuove tecnologie per estrarre gas dagli scisti e dalle argille bituminose di cui alcuni paesi europei sono ricchi, come ad esempio la Polonia, la Germania, la Francia e soprattutto il Canada. Trattasi di sedimenti di colore nero, ricchi di bitume da cui si può estrarre petrolio o meglio gas. Esperti americani di energia sostengono che il gas di scisto "*impedirà la nascita di nuovi monopoli, modificherà la geopolitica e rallenterà la transizione verso le energie rinnovabili*". Altri sostengono che il gas di scisto sia ancora troppo costoso e che le tecniche di estrazioni siano dannose all'ambiente. Vedremo come andrà a finire. C'è peraltro da scommettere che la vecchia mentalità del petroliere prima di morire darà il suo ultimo colpo di coda.

# DALLA RADIOLOCALIZZAZIONE A GALILEO

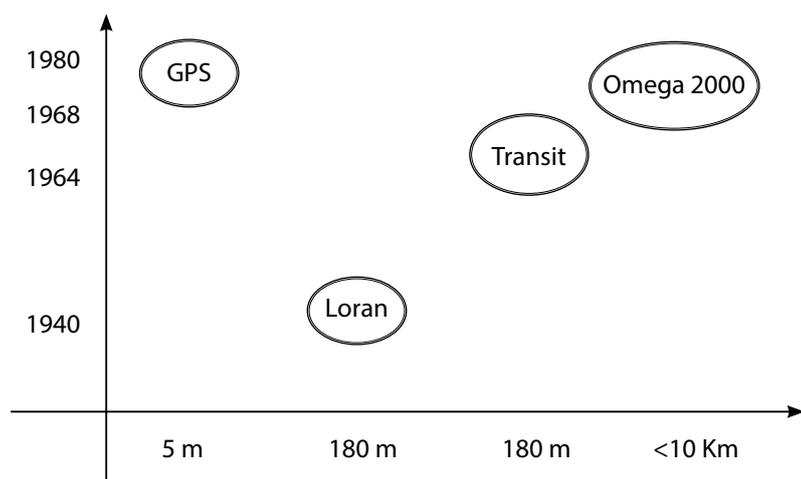
## Strutture d'eccellenza nella nostra Regione.

Guido De Angelis.

I sistemi di localizzazione tramite i sistemi GNSS (Global Navigation Satellite System) sono diventati di uso comune nei recenti anni con applicazioni che interessano il settore militare, sanitario, dell'ingegneria civile, fino ad arrivare al settore del turismo o del tempo libero. L'allargamento delle applicazioni con l'ausilio di sistemi di localizzazione al settore *consumer* ha fatto in modo tale che i ricevitori GPS sono oramai montati su un qualsiasi *smartphone*.

Ciò premesso i primi sistemi di radionavigazione globale, almeno nel campo marittimo, risalgono addirittura alla prima metà del secolo scorso e più precisamente il primo sistema di radionavigazione può essere ricondotto al secondo conflitto mondiale quando i britannici sperimentarono il GEE o AMES (Air Ministry Experimental Station), gli Stati Uniti successivamente il Loran (Long Range Navigation) e la Russia il Chayka. Questo tipo di radionavigazione era basato sulla trasmissione ad onde lunghe con antenne dislocate nel globo terrestre. Il problema principale di questo sistema era quello che affinché il segnale, operante sulla banda da 90 a 110 KHz, potesse essere

Fig. 1 - Precisione dei sistemi di localizzazione in funzione dell'anno di attivazione.



captato ad elevate distanze aveva la necessità di essere trasmesso con potenza dell'ordine dei megaWatt. Il sistema si basa sull'accoppiare un trasmettitore con altri due e la differenza dei tempi di arrivo del segnale è in grado di determinare due iperboli le cui intersezioni, a meno di un'ambiguità eliminabile, è in grado di determinare la posizione del mezzo. Contrariamente a quello che si potrebbe pensare il sistema Loran-C è stato smantellato solo nel 2010 anche se i suoi fautori lo caldeggiavano

come sistema di radionavigazione alternativo al GPS per la sua resistenza al jamming. Un jammer GPS è un dispositivo utilizzato per confondere il segnale GPS al fine di non rendere possibile la navigazione tramite il sistema satellitare e questo dispositivo potrebbe essere utilizzato ad esempio in un eventuale scenario di guerra dove le operazioni militari hanno necessità del sistema di navigazione satellitare per la localizzazione di un bersaglio o per la navigazione aerea. Un altro esempio per far capire meglio il problema del jamming potrebbe essere quello che questa tecnica potrebbe essere utilizzata negli aeroporti in caso di eventuali attacchi terroristici e questo è un argomento molto sentito soprattutto negli Stati Uniti dopo l'11 settembre 2001.

Il primo calcolo della posizione con l'ausilio dei satelliti può essere ricondotto almeno a livello di ricerca al lancio del primo satellite artificiale dell'allora Unione Sovietica e cioè lo Sputnik I il cui lancio avvenne il 4 ottobre 1957. Infatti Guier and Weiffenbach dimostrarono che era possibile determinare la posizione del satellite dalla deriva dell'effetto Doppler del segnale trasmesso. Invertendo i termini del problema iniziò in America un'attività di ricerca volta a determinare la posizione di un utente a terra note le posizioni dei satelliti (effemeridi) e la deriva dell'effetto Doppler. Infatti a questa prima attività ne conseguì l'avvio del programma Transit, conosciuto anche come NAVSAT (Navy Navigation Satellite System) il cui studio iniziò proprio nel 1957. I primi satelliti del sistema Transit entrarono in servizio nel 1964 ed avevano soprattutto lo scopo di essere di aiuto alla marina statunitense ed in particolare ai sottomarini il cui posizionamento non poteva essere determinato con i tradizionali sistemi in uso sulla marina militare. Questo sistema ebbe una lunga vita operativa visto che l'ultimo satellite della costellazione Transit fu lanciato nel 1988.

Il sistema di posizionamento GPS (Global Positioning System) e successivamente il sistema Glonass nacquero in piena Guerra Fredda e mentre il primo è gestito dal Dipartimento della Difesa Statunitense (DoD - Department of Defense) il secondo è gestito dalle Forze Spaziali Russe (VKS). Quest'ultimo è composto da 24 satelliti ma utilizza tecnologie differenti dal GPS come ad esempio il sistema di modulazione FDMA (Frequency-Division Multiple Access) ed ha 3 piani orbitali separati da un angolo di 120 gradi.

L'inizio del progetto del GPS risale agli anni 70 ma solamente nei primi anni 90, tramite il servizio SPS (Standard Positioning System), è stato messo a disposizione per scopi civili. SPS è un servizio che avendo volutamente un segnale degradato ha un errore sul calcolo della precisione dell'ordine del centinaio di metri. La costellazione del sistema GPS è costituito da 24 satelliti operativi, ed è stato dichiarato dall'U.S. Air Force Space Command (AFSC) conforme alla piena capacità operativa (Full Operational Capability, FOC) il 27 aprile 1995.

Le possibilità fornite dall'SPS sono stabilite dal DoD e sono pubblicate nel Global Positioning System Standard - Positioning Service Performance Standard (formalmente noto come SPS Signal Specification) disponibile attraverso l'USGC Navigation Information Service.

Il PPS Signal Specification stabilisce che deve essere in grado di fornire almeno un'ac-

curatezza di posizionamento a priori di 22 m in planimetria, 27.7 m in quota, e 200 ns nel trasferimento del tempo per il 95% delle osservazioni. Il PPS fa uso dei codici modulati sulle frequenze L1 (1574.42 MHz) ed L2 (1227,6 Mhz) che può essere precluso agli utenti non autorizzati con la crittografia del codice.

Il servizio PPS (Precision Positioning System) che ha un errore dell'ordine di alcuni metri venne messo a disposizione solamente all'inizio del XXI secolo e da quel momento il sistema di posizionamento satellitare ebbe una rapida diffusione tanto che oggi è diventato di uso comune con applicazioni che vanno dal campo lavorativo a quello del tempo libero. Fra le applicazioni *consumer* più diffuse si possono menzionare i vari sistemi di navigazione di ausilio della guida delle autovetture, Google Maps, le pubblicità su Internet che indicano la strada per raggiungere hotel, ristoranti e località turistiche in genere ed altro ancora.

Lo Standard Positioning Service (SPS) è un servizio di posizionamento ed ha come funzione anche quella di sincronizzare diversi sistemi basati a terra. Infatti i satelliti di un sistema GNSS sono dotati di orologi atomici (oscillatori al rubidio con frequenza pari a 10.23 MHz) che sono sincronizzati sul tempo UTC e vengono risincronizzati dalla base terrestre di Colorado Springs a causa dell'effetto relativistico del moto di un corpo intorno alla terra e dello sfasamento degli orologi atomici fra quelli montati a bordo dei satelliti con quello della base terrestre. La sincronizzazione è utilizzata in molteplici settori come ad esempio nel campo delle telecomunicazioni per il funzionamento delle *Base Station* del sistema di telefonia mobile CDMA 2000 oppure nelle antenne del sistema del digitale terrestre DVB-T.

Le accuratizie nella stima della posizione dell'utente dell'ordine di alcuni metri, che attualmente ha il sistema GPS, potrebbe sembrare eccessiva se non si considera il fatto che i satelliti sono posizionati in orbita MEO (Medium Earth Orbit) su sei differenti piani orbitali ad una distanza dell'ordine di 20.000 Km, con la velocità dei satelliti approssimativamente pari a 3.8735715 Km/s, gli effetti del passaggio del

segnale attraverso i vari strati dell'atmosfera terrestre ed altri effetti indesiderati come il multipath quando ci si trova in uno scenario di Urban Canyon [2].

Altri sistemi satellitari di navigazione che devono essere menzionati sono quelli che sono in orbita geostazionaria come l'europeo EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). EGNOS è un sistema di posizionamento di ausilio ai sistemi attualmente funzionanti GPS e GLONASS che come detto sono in orbita MEO. In altre parole questo sistema può essere definito come un sistema di incremento basato su satellite (SBAS - Satellite-Based Augmentation System) che migliora l'accuratezza e dà integrità al segnale GPS. Analoghi sistemi all'EGNOS sono il WAAS (Wide Area Augmentation System) in Nord America e il MSAS in Asia.

Egnos è stato adottato dal Consiglio dell'Unione europea nella sua risoluzione del 19 dicembre 1994 relativa al contributo europeo per lo sviluppo di un sistema globale di navigazione via satellite (GNSS) GU C 379 del 31.12.1994. Il sistema attualmente è operativo ma essendo su orbita geostazionaria ha una copertura limitata all'Europa e ad alcune zone limitrofe e per la sua caratteristica di sovradimensionare il sistema GPS e GLONASS offre una precisione molto maggiore rispetto all'utilizzo del solo sistema GPS.

Altri sistemi di navigazione satellitare che possono essere menzionati sono il Quasi-Zenith Satellite System (QZSS). Questo sistema è simile all'europeo EGNOS ed è un progetto di sistema regionale a 3 satelliti per il miglioramento del GPS nel territorio giapponese. L'Indian Regional Navigational Satellite System (IRNSS) è un progetto di sistema satellitare di navigazione regionale indiano di proprietà del governo indiano e dovrebbe garantire il posizionamento con un errore massimo di 20 metri nel territorio indiano e in una area di dimensioni di circa 1.500-2.000 km intorno ad esso. È stato annunciato che saranno costruiti in India tutti i componenti del sistema dai satelliti alle stazioni di controllo a terra oltre che i ricevitori. Il governo ha approvato il progetto nel maggio





2006, con l'intenzione di implementarlo in 6 o 7 anni.

La data di inizio dell'idea che anche l'Europa potesse dotarsi di un proprio sistema di navigazione satellitare globale autonomo da quello americano può essere fatto risalire alla Comunicazione della Commissione, del 10 febbraio 1998: "Verso una rete transeuropea di posizionamento e navigazione comprendente una strategia europea per i sistemi globali di navigazione via satellite (GNSS)" COM(1998)29 definitivo del 21 gennaio 1998. Il 10 febbraio 1999 la Commissione adottò una comunicazione intitolata "GALILEO - Partecipazione dell'Europa ad una nuova generazione di servizi di navigazione satellitare" COM(1999)54.

In ogni caso il progetto europeo denominato Galileo è stato lanciato ufficialmente dall'Unione europea e dall'Agenzia Spaziale Europea nel Marzo 2002 con l'ambizione di essere un sistema alternativo al GPS e tecnologicamente più avanzato. Infatti l'errore nel calcolo della posizione che sarà in grado di raggiungere il sistema Galileo sarà inferiore ai 4 m con il servizio OS (Open Service) mentre nel servizio a pagamento CS (Commercial Service) dovrebbe garantire un errore inferiore ai 10 cm. Il sistema CS ai propri contraenti garantirà anche una copertura giuridica nel caso che l'errore riportato non fosse quello previsto come da contratto.

Un'altra differenza rispetto agli due sistemi GPS e Glonass sarà quella che il sistema Galileo sarà gestito in ambito civile e non da quello militare come avviene attualmente sia per il sistema russo che per quello statunitense.

Recentemente anche la Cina parallelamente all'Europa ha iniziato a dotarsi di un proprio sistema satellitare globale denominato Beidou. Il progetto di questo sistema è iniziato dopo quello europeo ma a causa della concomitante crisi economica del vecchio continente ed il contemporaneo sviluppo della Cina ha avuto un rapido sviluppo tale da garantire attualmente la copertura della Cina e zone limitrofe mentre la copertura a livello globale di Beidou è prevista per il 2020.

I primi due satelliti sperimentali del sistema Galileo, denominati Giove A (Galileo In-Orbit Validation Element) e Giove B sono stati lanciati rispettivamente il 28 dicembre 2005 e il 27 aprile 2008. Analogamente agli altri sistemi di navigazione satellitare anche questo trasmette sulla portante L1 ed L2 e sono in orbita MEO ma la loro orbita è su 3 piani inclinati mentre la modulazione è basata sulla BOC (Binary Offset Carrier) ed ha la caratteristica di avere minimizzata l'energia sulla portante L1 in

modo tale da diminuire i problemi di interferenza con gli altri segnali dei differenti sistemi di navigazione satellitare e quindi aumentarne l'interoperabilità.

Purtroppo a causa dell'attuale crisi economica, l'ostruzionismo di alcuni paesi e governi europei troppo legati agli Stati Uniti interessati a che continuasse l'egemonia del GPS è accaduto che il progetto europeo ha avuto dei continui rallentamenti e rinvii per cui attualmente ancora non vi è un sistema GNSS europeo autonomo nel campo del sistema della navigazione satellitare. In definitiva è accaduto che come spesso avviene in campo tecnologico che non risulta vincente la migliore tecnologia ma quella che commercialmente e politicamente ha saputo posizionarsi meglio nel mercato.

Dal 2011 è iniziata la fase IOV (In Orbit Validation) nella quale fase il sistema Galileo ha quattro satelliti in orbita. I quattro satelliti della fase IOV sono stati lanciati fra l'ottobre del 2011 e ed il mese di ottobre del 2012 e questo ha permesso di calcolare la posizione di un utente per la prima volta utilizzando il solo sistema di navigazione satellitare europeo Galileo.

La data della piena operatività è continuamente slittata per le ragioni sopra esplicitate ed attualmente dovrebbe essere fissata per il 2016 con l'utilizzo dei 30 satelliti previsti dalla costellazione Galileo.

In questo progetto europeo l'Italia anche in virtù della sua importante tradizione nel settore aerospaziale è un partner di primo piano poiché è coinvolta con l'INRIM (Istituto di Ricerca Metrologica), l'ASI (Agenzia Spaziale Italiana), aziende del gruppo Finmeccanica come l'Alenia ed altre aziende nazionali oltre che ad essere presente nella stessa ESA (Agenzia Spaziale Europea) ed avere una ricca rappresentanza attraverso enti di ricerca pubblici e privati.

Dai primi sistemi di radionavigazione si sono fatti grandi passi in avanti ma nessuno al momento può definire quali saranno gli scenari futuri. Certo è che la messa a sistema dei differenti sistemi di navigazione satellitare potrà creare un **sistema dei sistemi** che avendo come caratteristica principale l'interoperabilità fra i diversi sistemi attualmente in uso o in fase di realizzazione permetterà di avere in visibilità più satelliti di quelli che attualmente si hanno a disposizione e quindi si avrà un miglioramento della stima della posizione rendendola più accurata di quella attuale che si ha con il solo sistema GPS. La migliore stima della posizione potrà portare dei nuovi vantaggi nei servizi già attualmente attivi e sarà in grado di fornire dei nuovi servizi non attualmente ancora in commercio.

#### **Bibliografia.**

[1] Disponibile on-line: <http://www.gps.gov/technical/ps/2008-SPS-performance-standard.pdf>;

[2] G. De Angelis, "Le alternative al GPS in ambiente urbano", *L'ingegnere Umbro*, n°2 - anno XX (81) - Marzo 2012;

**L**o scorso mese di marzo è venuto a mancare Stefano Bottini. Se n'è andato un uomo poliedrico, un inventore, uno scrittore, un critico, soprattutto un artista. La sua è stata una lunga carriera ricca di successi e scatti fotografici con cui proponeva all'osservatore immagini di un mondo con un'usuale angolazione, attraverso il suo occhio curioso.

Sicuramente il filo conduttore delle sue opere è stato l'architettura, ritratta da Bottini nei suoi "riflessi". I monumenti non sono più visti come immobili nella loro forma e nei loro colori, ma vengono riproposti riflessi da qualsiasi superficie ne rimandi l'immagine, come l'acqua, il vetro e le carrozzerie d'auto, aprendo all'osservatore un mondo surreale e onirico.

Molte sono state le esposizioni artistiche in cui le sue immagini sono diventate protagoniste, alcune delle quali hanno visto la partecipazione dell'Ordine degli Ingegneri di Perugia in qualità di organizzatore e sponsor. Risalgono al

## STEFANO BOTTINI

*Massimo Mariani ricorda Stefano Bottini e la collaborazione con l'Ordine degli Ingegneri di Perugia.*

*Michela Dominici.*



2007 la pubblicazione *Luce e riflesso, un altro mondo tutto da scoprire* e il volume fotografico realizzato insieme a Marco Nicoletti dal titolo *Scarzuola – Il sogno ermetico di Tomaso Buzzi* e, infine, al 2008, insieme a Marco Nicolini, il volume fotografico *Luoghi del Pintoricchio in Umbria*.

Per ricordare questo uomo geniale, abbiamo incontrato Massimo Mariani oggi nel Consiglio Nazionale Ingegneri, Delegato alla Cultura, che in quegli anni, quale Presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Perugia (carica che ha ricoperto per 16 anni), ha condiviso parte del percorso professionale di Bottini.

### **Ing. Mariani come è nata la collaborazione tra Stefano Bottini e l'Ordine degli Ingegneri di Perugia?**

La conoscenza con Stefano risale a qualche tempo prima dell'inizio della collaborazione con l'Ordine quando egli svolgeva una professione lontana da quella che ha poi abbracciato negli ultimi anni. Il nostro "cammino" artistico comune è strettamente correlato alla precisa volontà del Consiglio dell'Ordine di quel periodo, di esprimersi non solo come organismo di rappresentanza di una Categoria specialistica della scienza e della tecnica ma, come la sua storia racconta, come una categoria che ha sempre vissuto di un respiro culturale

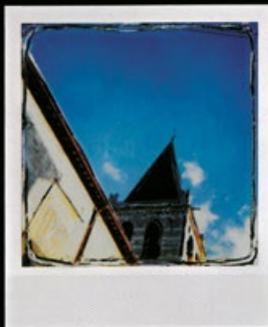


Luoghi del  
**Pintoricchio**  
in Umbria

Viaggio fotografico dall'obiettivo di



Stefano Bottini



Marco Nicolini

Perugia

Spoletto  
Trevi

Città di Castello  
Orvieto

Spello

per corsi d'Arte

universale, umanistico oltre che scientifico. La determinazione del Consiglio fu quella di intensificare i contatti con il mondo dell'arte; ciò portò a organizzare e a patrocinare numerose mostre e convegni anche di filosofia e di letteratura. Si sparse così la voce che eravamo sensibili nel "premiare" artisti. Fu così che iniziò la collaborazione anche con Stefano Bottini.

**In quel periodo Bottini stava già sperimentando i suoi famosi "riflessi", cosa pensò quando vide i suoi lavori per la prima volta?**



# SCARZUOLA

Il sogno ermetico di Tomaso Buzzì

Stefano Bottini

Marco Nicoletti

per corsi d'Arte

Immediatamente fui attratto dalle sue opere che contenevano intimamente un aspetto realistico e, nello stesso tempo, onirico. Stefano era, infatti, intento a rappresentare la realtà attraverso le immagini riflesse: il riflesso, come sappiamo, è definito essenzialmente dall'elemento riflettente e assume conformazioni e modifiche delle proprie geometrie, attraverso un punto di raccordo tra la realtà e l'immagine che viene rappresentata. Questa interpretazione mi prese subito, perché non era una rappresentazione solo artistica di chi vuole, attraverso i propri occhi, rivedere l'immagine e riprodurla anche in forme diverse, ma era in realtà figlia di un'occasione particolare di ricerca e di un punto di vista che aggradava l'autore. L'aspetto più interessante della sua opera era sicuramente la ricerca dei riflessi per catturare la realtà attraverso una modifica che produce l'elemento fotografato; insomma, nelle sue opere erano presenti due "mondi" distanti, ma allo stesso tempo uniti.

### Che ricordo ha di lui?

Stimavo molto le sue capacità e soprattutto il piacere che provava e trasmetteva nei suoi lavori. Egli era sicuramente uno sperimentatore curioso (senza curiosità non c'è sperimentazione) che si stupiva sempre dei risultati ottenuti, forse talvolta a suo dire anche occasionali, ma che io, invece, ho sempre considerato il frutto della ricerca e del sapere. Quando poi Bottini pubblicava e sviluppava i suoi lavori, li proponeva senza spiegazione, meravigliosamente puri, da interpretare, lasciando la lettura all'osservatore. Egli passava dal virtuosismo alla profondità filosofica dell'immagine. Mio malgrado, viviamo in un mondo che considera sempre meno l'arte. Un mondo in cui ci sono sempre meno i maestri, perché sempre meno sono gli allievi e, sempre meno allievi, diventeranno ahimè maestri. In questo mondo, ancorché ideale, Bottini avrebbe potuto sicuramente diventare un maestro, anche se vero sarà unico, perché uniche sono le sue immagini che non possono essere copiate, come non può essere copiato l'attimo, inteso come concetto di istante, dove è racchiusa tutta l'energia che riusciamo a sviluppare per soddisfare la nostra quinta essenza. Egli non cercava la casualità, cercava un risultato preciso.

### Come crede sia possibile conservare il ricordo delle sue opere?

L'amico Stefano non può essere ricordato come un artista transitato; sono sicuro che nel tempo non si potrà fare a meno di rievocare il suo lavoro. L'importante è che le sue opere non si disperdano senza una catalogazione, ma riunite per una pubblicazione unitaria. Prometto che mi impegnerò personalmente per cercare (per quello che potrò) di intercedere presso l'Ordine degli Ingegneri di Perugia per pubblicare una biografia da conservare in tutte le biblioteche d'Italia. Solo così possiamo accompagnare Stefano Bottini verso il futuro.

# L'ASSOCIAZIONE IDROTECNICA ITALIANA

## Collaborazioni d'eccellenza con il nostro Ordine

Gianluca Spoletini.



### **N**uova collaborazione.

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia è dallo scorso gennaio membro dell'Associazione Idrotecnica Italia ed è entrato a far parte del direttivo della Sezione Italia Centrale.

Considerate le prime positive esperienze di conoscenza diretta dell'Associazione è utile farne una presentazione agli iscritti Ingegneri in quanto costituisce una risorsa culturale molto importante per i professionisti che operano nel settore dell'ingegneria civile e ambientale.

L'Associazione Idrotecnica Italiana (A.I.I.) originariamente denominata *Associazione per le acque pubbliche d'Italia*, è stata fondata a Milano nel 1923, con lo scopo di promuovere lo sviluppo e la diffusione della cultura dell'acqua nei vari aspetti relativi alla gestione delle risorse idriche, alla salvaguardia dei corpi idrici ed alla difesa dell'ambiente.

Nei suoi 90 anni di storia l'A.I.I. ha rappresentato un autorevole punto di riferimento per gli interventi riguardanti il patrimonio idrico

italiano ed è tuttora sede qualificata di incontro tra le comunità scientifica e professionale, al fine di divulgare e trattare problemi relativi alle acque, sensibilizzando l'opinione pubblica e la classe politica.

Avvalendosi di consolidati contatti con istituzioni, enti di ricerca, università, nonché con il supporto di primari studi professionali ed imprese, l'Associazione promuove iniziative culturali e di ricerca nel campo dell'idraulica e delle varie discipline attinenti all'acqua.

L'Associazione cura, inoltre, rapporti di cooperazione con organizzazioni similari, italiane e straniere, ed organizza convegni, incontri di studio e corsi di aggiornamento professionale.

La rivista "L'Acqua", è periodico bimestrale in formato cartaceo pubblicato dall'Associazione che si caratterizza per il rigore dei contenuti e la regolarità della diffusione agli abbonati; divulga una propria Newsletter L'@cqua in formato elettronico, distribuita liberamente, per un più rapido aggiornamento ed allargato confronto sui temi di attualità e sulle tendenze in campo tecnico e scientifico.

L'Associazione è strutturata in 12 sezioni territoriali e nel proprio sito internet ([www.idrotecnicaitaliana.it](http://www.idrotecnicaitaliana.it)) offre informazioni e servizi costituendo un punto di raccolta delle iniziative associative e dei contatti con le realtà del settore. È presente alle fiere di settore, nei social forum LinkedIn e Facebook quindi dispone di una ricca ed aggiornata biblioteca con volumi non solo di carattere tecnico.

Il Consiglio dell'Ordine degli Ingegneri sta seguendo con grande interesse le iniziative promosse dall'Associazione in riferimento a visite tecniche, eventi seminariali e corsi che saranno molto utili per qualificare ulteriormente i propri iscritti nel campo dell'Ingegneria Idraulica e anche per l'acquisizione dei crediti per l'aggiornamento professionale previsto dalla legge.

### **La mission dell'Associazione.**

L'Associazione ha lo scopo di promuovere ed agevolare, senza fini di lucro, lo studio dei problemi concernenti l'utilizzazione e la gestione delle risorse idriche, la salvaguardia dei corpi idrici e la difesa dell'ambiente in rapporto all'azione delle acque.

In particolare sono compiti previsti dallo statuto dell'Associazione:

- promuovere ed incoraggiare studi e ricerche in campo idrotecnico favorendone la diffusione

Vista della nuova stazione.





dei risultati fra i soci;

- creare ed intensificare rapporti di cooperazione con organizzazioni od enti, italiani e stranieri, nonché con le competenti amministrazioni pubbliche, interessati ai problemi idrotecnici;
- organizzare congressi, convegni, riunioni, commissioni di studio, nonché farsi rappresentare presso enti, comitati, commissioni nazionali ed internazionali;
- fornire ai soci che ne facciano richiesta informazioni tecnico-giuridiche per studi, ricerche, progetti o pratiche amministrative, concernenti questioni idrotecniche;
- provvedere alla raccolta sistematica del materiale bibliografico, dei dati e delle notizie in genere utili al conseguimento degli scopi sociali.

L'Associazione si compone di Soci individuali e Soci collettivi. I Soci individuali sono le persone fisiche. I Soci collettivi sono le Associazioni a carattere culturale, le Amministrazioni e gli Enti Pubblici, gli Enti Nazionali di ricerca e le Imprese pubbliche e private. Divenire socio comporta l'acquisizione dei seguenti diritti:

- ad esercitare l'elettorato attivo e passivo;
- a partecipare alle riunioni, ai convegni, ai congressi ed alle altre manifestazioni tra cui le visite tecniche organizzate dalla Sede centrale o dalle Sezioni;
- a ricevere gratuitamente la rivista e, a prezzo ridotto, eventuali altre pubblicazioni dell'Associazione;
- a richiedere all'Associazione assistenza tecnico-giuridica per studi, ricerche, progetti o pratiche amministrative intraprese dai soci, nonché a consultare materiale bibliografico raccolto presso le biblioteche della sede e delle sezioni.

#### **Esperienza concreta dell'attività dell'Associazione: la visita alla nuova Stazione Centrale di Bologna.**

Lo scorso marzo una delegazione del Consiglio dell'Ordine è stata ospite di una visita

tecnica molto interessante aperta a tutti i soci dell'Associazione che si è svolta alla nuova stazione Centrale di Bologna dell'Alta Velocità ferroviaria. Obiettivo della visita è stato principalmente quello di comprendere come siano state risolte alcune problematiche ambientali relative all'intercettazione nel sottosuolo di acque di falda precedentemente inquinate.

Il gruppo di visitatori dell'Associazione Idrotecnica è stato accompagnato dagli addetti di RFI presso l'ACC (Apparato Centrale Computerizzato) dove è stato presentato il progetto della stazione AV di Bologna e la sua realizzazione con particolari riferimenti al trattamento delle acque sotterranee. È stata poi visitata, nel dettaglio la sala di controllo dell'ACC.

Il sistema di gestione della circolazione dei treni nell'intero nodo ferroviario, è stato attivato il 24 maggio 2009 e rappresenta il più importante intervento di potenziamento tecnologico degli ultimi 50 anni in Italia. L'ACC consente di aumentare la potenzialità della stazione di Bologna e garantisce una migliore operatività sia nelle normali situazioni di circolazione, sia nella gestione delle criticità

Il progetto ha previsto la costruzione di una stazione AV sotterranea (passante ferroviario), lunga 642 metri, larga 56 e posta 23 metri (cosiddetto "camerone") sotto il piano attuale, dotata di quattro binari esclusivamente dedicati ai treni ad alta velocità.

La stazione AV sotterranea rappresenta la prima delle tre fasi del progetto di riqualificazione della stazione centrale. Le altre due fasi sono costituite dalla completa ristrutturazione della stazione storica e dalla realizzazione di un nuovo complesso integrato progettato dall'architetto giapponese Arata Isozaki e dall'architetto italiano Andrea Maffei risultato vincitore del concorso internazionale bandito da RFI nel giugno del 2007. Il nuovo complesso integrato sarà costituito da tre strutture: "l'Isola", "la Piastra" e "il Tubo".

# VISITA AI MUSEI FERRARI DI MARANELLO E MODENA

*Gianluca Spoletini,  
Luca Cesaretti.*

**I** motori, hanno sempre un grande fascino, in particolar modo per chi ha una cultura ingegneristica, ma l'“appeal” esercitato dal mondo Ferrari è davvero unico visto che i musei dedicati alla storia e al presente della casa del Cavallino rampante sono tra i più visitati in Italia da un pubblico proveniente da tutto il mondo.

La visita ai musei Ferrari di Maranello e Modena è stata ideata dalla Commissione Pianificazione e Architettura del nostro Ordine con l'obiettivo di ammirare non solo le opere d'arte ingegneristica esposte, ma anche le architetture innovative delle strutture e degli spazi espositivi.

Si è svolta lo scorso 11 aprile anche con la partecipazione di familiari e bambini di alcuni degli Ingegneri nostri iscritti.

La prima visita è stata effettuata al Museo Ferrari di Maranello dove sono esposte le macchine storiche secondo un percorso progressivo utile a capire e conoscere i modelli di oggi, i contenuti e le tecnologie della Formula 1 e l'orientamento verso il futuro.

Il Gruppo ha poi proceduto a visitare in navetta la Cittadella Ferrari, cuore degli Stabilmienti dove vengono prodotte tutte le vetture del Cavallino, nella quale si sono viste circolare alcune auto appena prodotte per i primi test.

Una guida ha illustrato in navetta le caratteristiche e i contenuti del circuito di Fiorano della Ferrari, dove dal 1972 si svolgono i test delle vetture da competizione e stradali. Per la presenza di personalità di vertice del gruppo Ferrari non è stato però possibile entrare direttamente nel circuito.

Nel pomeriggio si è proceduto a visitare il MEF (Museo Casa Enzo Ferrari) di Modena

con una guida specializzata che ha illustrato i tre diversi piani di lettura del complesso museale: la vita di Enzo Ferrari, la passione per l'automobilismo sportivo, le mostre in corso e infine il valore architettonico della struttura firmata dagli architetti Jan Kaplický e Andrea Morgante.

## **Il Museo Ferrari di Maranello.**

Il Museo è suddiviso in più aree: quella delle **mostre permanenti** con la Sala delle Vittorie dove sono esposte tutte le Ferrari Campioni del Mondo dal 1999 ad oggi, i Trofei e la storia dei Piloti Campioni Mondiali. E l'area dedicata alla Formula 1 con i modelli storici, oltre al “muretto box” dove si può vedere in diretta come operano Marco Mattiacci e gli ingegneri durante i Gran Premi. Molto interessante è stato seguire la telemetria della gara, per scoprire come funziona la raccolta dei dati in Formula 1. Nel Museo vi è anche una Sala Cinema con filmati straordinari e unici.

L'area delle **mostre temporanee** vedeva in corso California Dreaming.

In occasione dell'arrivo della California T appena presentata a Ginevra e nel sessantesimo anniversario della presenza Ferrari in America, il Museo ha organizzato una mostra dal sapore a “stelle e strisce”. E il sogno si vive davvero. Le cinque sale che la accolgono, a fianco dell'imponente anfiteatro che presenta le Formula 1, hanno ciascuna un tema preciso e caratterizzante.

La prima, al pian terreno, è dedicata alle corse con una particolare citazione della pista di Laguna Seca e della sua vertiginosa curva detta “cavatappi”. Tra le monoposto esposte, la 312 dell'idolo americano Mario Andretti, la 156 che diede il Titolo Mondiale all'altro statunitense Phil Hill, la T4 del canadese Gilles Villeneuve e perfino, novità assoluta, la 375 trasformata per la partecipazione di Alberto Ascari alla 500 Miglia di Indianapolis del 1952.

Sempre sul tema americano, la Ferrari costruita per le competizioni IndyCar negli anni '80 e mai usata, ma dalla quale venne derivata la monoposto Alfa Romeo su telaio Lola che qui a Maranello la affianca. Nella seconda ala di questa prima sala le sorprese non si fanno attendere. Prima di tutto ci si imbatte in Valentino Rossi e Casey Stoner in piedi vicino alle loro autentiche moto Yamaha e Ducati, con le quali furono protagonisti dell'entusiasmante sorpasso, proprio al “cavatappi”. C'è poi l'opportunità di scoprire delle Ferrari rarissime come la “mo-

*Il gruppo dei  
partecipanti.*



struosa” 512 Can Am, creata per la serie Nordamericana nel 1971, la plurivittoriosa 333 SP e il bellissimo sportprototipo 330 P dominatore del Mondiale Marche, solo per citarne alcune. Lasciata questa sala, seguendo un red carpet hollywoodiano, si attraversa la sala dedicata alla Ferrari nel cinema che celebra anche i tanti Oscar italiani ed espone i modelli della Casa di Maranello che ne furono protagonisti, per poi salire in piena Los Angeles. Qui tra Rodeo Drive e Beverly Hills sono esposte, una di fronte all'altra, la celebre California anni '50 e la nuova T. Sessant'anni di emozioni in uno sguardo. Attorno a loro, modelli dalla forte impronta americana, come una delle dieci 275 GTB4 NART, venduta a 25 milioni di dollari ad una recente asta, fino alle più classiche 250 America, Spider Pininfarina e SA Aperta. Lasciate le insegne al neon che ricordano i colori di Los Angeles, si entra in un luogo a dir poco stupefacente: la grande sala inaugurata lo scorso anno, infatti, è stata trasformata in un campo di golf. Siamo al Concorso d'eleganza di Pebble Beach attornati da vetture incredibili, come si deve in occasione di questo evento: insieme a straordinarie classiche come la 500 Superfast, 330 America e 400 Superamerica realizzate per il mercato americano, tre pezzi davvero sconosciuti prima: la Ferrari trasformata in "Burano" per il film di Kirk Douglas "Destino sull'asfalto", che partecipò veramente alle 1000 Miglia per essere filmata in gara; la Thomassima, una 250 GT ispirata alla P4 e realizzata dall'estroso designer americano Tom Meade e, forse ancora più estrosa e straordinaria nelle linee, la Testa d'Oro di quel genio dello stile che fu lo svizzero Colani, partendo da un telaio Testarossa.

L'ultima sala della mostra proietta i visitatori nel mondo della tecnologia di Silicon Valley. Qui ci sono le tante soluzioni tecniche create da Ferrari, a partire dai volanti-computer dell'era Schumacher, per arrivare al cambio F1 al volante, ai freni carboceramici, ai motori turbo di nuova generazione e, ultima ma non ultima, naturalmente, la supercar LaFerrari. Questa vettura è presentata in modo davvero inusuale: in una stanza completamente buia, illuminata con luce di Wood che ne sottolinea le forme quasi si vedesse il suo schizzo originale. Con



*Sala delle vittorie - Ferrari F2003-GA: Campione del mondo piloti e costruttori 2003.*

lo stesso effetto il motore, smontato per capirne i contenuti tecnici e in particolare il KERS e l'intero sistema ibrido.

### **Museo Casa Enzo Ferrari di Modena – Il Progetto e la sua costruzione.**

“se lo puoi sognare, lo puoi fare” (cit. Enzo Ferrari)



*Ferrari costruita per le competizioni IndyCar negli anni '80 e mai usata.*

L'idea di recuperare e valorizzare la casa in cui, un giorno del febbraio del 1898, nacque Enzo Ferrari, risale al 2005, anno in cui, come in un Gran Premio di Architettura, furono chiamati a competere tra loro ben otto grandi studi di progettazione di tutto il mondo: Aldo Cibic, Mario Cucinella, Cino Zucchi, Sauerbrück & Hutton, Mathias Klotz, Francois Cofino, Massimo Iosa Ghini e Future Systems.

Proprio lo studio Futur Systems, guidato



*Monoposto Alfa Romeo su telaio Lola derivata dalla Ferrari IndyCar.*

Ferrari 512 Can Am.



In alto a destra:  
Ferrari 275 GTB4  
NART.



dal maestro Jan Kaplicky, si aggiudicò la gara con il progetto “Open Hand”, un avveniristico cofano giallo che, come una mano aperta, avvolge la vecchia casa e l’officina della famiglia Ferrari. Qualche anno dopo, nel 2009, ci fu la cerimonia solenne per la posa della prima pietra, una prima pietra inusuale, fatta di alluminio fresato e ricostruita fedelmente da uno schizzo di Jan Kaplicky.

Senza dubbio, l’elemento caratterizzante del museo casa Enzo Ferrari è la copertura del nuovo ampliamento, il “cofano giallo”, un elemento architettonico estremamente suggestivo e rappresentativo di un inscindibile legame tra architettura ed ingegneria. “Giallo Modena” come il colore ufficiale che fa da sfondo allo scudetto Ferrari e come il colore che, insieme al blu, si trova nello stemma ufficiale della città emiliana. Se dall’esterno è immediato cogliere la citazione figurativa che rimanda al cofano di un’auto da corsa, la percezione interna è quella di trovarsi immersi nell’abitacolo di un’auto sportiva.

L’idea concorsuale del grande cofano giallo a doppia curvatura ha spinto i progettisti ad ideare soluzioni costruttive con le seguenti caratteristiche: un ridotto spessore della struttura, un comportamento strutturale membranale e l’eliminazione delle spinte orizzontali della copertura tramite il basamento di fondazione. Il manto di copertura, concepito come un elemento superficiale continuo in alluminio, è stato mutuato direttamente dall’industria navale grazie ad un brevetto di un piccolo imprenditore nautico austriaco che aveva ideato delle tecnologie particolari per la costruzione di chiglie mediante l’assemblaggio modulare di estrusioni di alluminio. L’originale trasposizione di questa tecnologia navale alla scala edilizia ha consentito di realizzare la complessa geometria tridimensionale dei 3.3000 mq di copertura nel rispetto dei costi previsti e conferendo alla “pelle” di copertura l’aspetto di un’unica ininterrotta superficie omogenea priva di giunti di dilatazione. Tale risultato è

stato raggiunto attraverso la previsione di un sistema di supporto e fissaggio capaci di assecondare i movimenti e le traslazioni relative al tegumento, connettendolo, nel contempo, alla sottostante ossatura metallica di sostegno. La perfetta planarità della superficie è stata ottenuta mediante l’accostamento di lamelle di alluminio, maschiate, provviste di guarnizioni in EPDM e collegate tramite morsetti. La perfetta impermeabilità è stata ottenuta per mezzo di un’opportuna distribuzione dei morsetti di collegamento delle singole doghe, dislocati in funzione della curvatura del manto. Il sistema adottato ha consentito di evitare il ricorso a trattamenti superficiali tipo “resinatura”, certamente efficaci e collaudati, ma sicuramente eccessivamente onerosi sotto il profilo dei costi. Complessivamente, le doghe in alluminio utilizzate sono 4.500 ed hanno una lunghezza variabile tra i 300 ed i 750 centimetri. La dissipazione di contrazioni e dilatazioni termiche è garantita grazie ad un vincolamento isostatico della scocca in alluminio alla sottostante struttura portante costituito da 5.000 dispositivi d’acciaio assimilabili a bielle o carrelli, con possibilità di scorrimento bidirezionale. Lo scheletro portante, posto sotto il manto giallo di copertura ed uno strato isolante costituito da pannelli in vetro cellulare, è una struttura in acciaio di tipo reticolare con spessore ridotto (circa 1 metro su una luce di 44 metri), formata da tre archi principali a quattro correnti, travi secondarie a 2 correnti, ordite in senso longitudinale, travi terziarie ad arco a due correnti, con funzione di stabilizzazione delle secondarie e collaboranti con gli archi principali nel comportamento membranale, travi terziarie semplici a supporto della lamiera in acciaio (microforata per funzione acustica). L’ossatura metallica è stata realizzata per conchi, assemblati in officina e collegati tra loro *in situ* tramite bullonatura. L’intera struttura portante garantisce una protezione al fuoco REI 60 ed un peso proprio di circa 30 kg/mq (70 kg/mq di peso proprio se si considerano tutti gli strati); l’intero pacchetto

In basso a destra:  
Vista esterna della Casa  
natale di Enzo Ferrari.

Ferrari 500 Superfast.

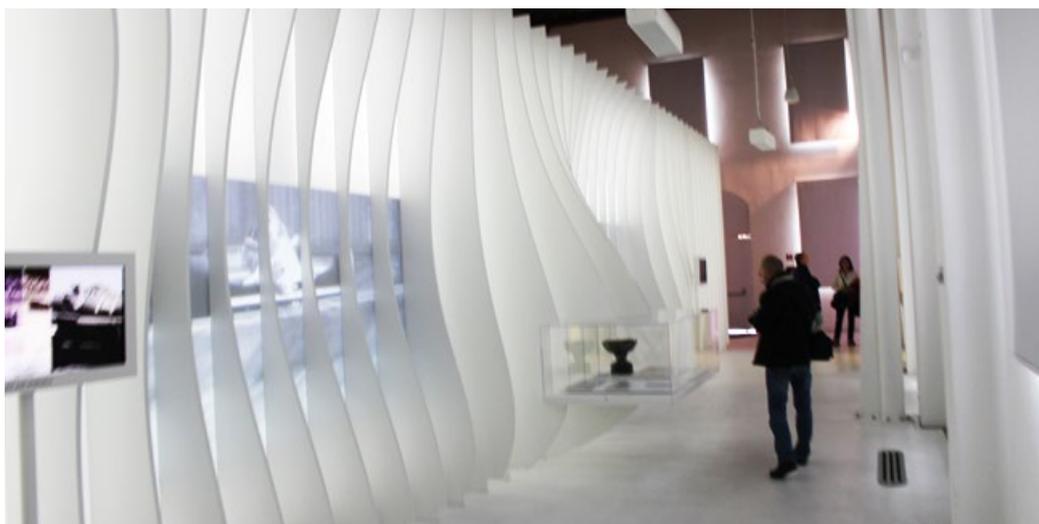




*La supercar LaFerrari.*

costruttivo offre un isolamento termico di circa  $0.22 \text{ W/mq}^*\text{K}$  ed acustico di circa 42 dB. Il secondo elemento architettonico che caratterizza il nuovo padiglione espositivo è senza dubbio la facciata vetrata del prospetto sud-ovest. Una membrana trasparente, pensata come una barriera osmotica tra interno ed esterno, o tra nuovo ed esistente, che mantiene in costante collegamento i visitatori della galleria con la

di questi tiranti in acciaio, con l'ottimo risultato di contemperare una elevata permeabilità visiva ad una forte neutralità tecnologica. Le vetrate della facciata sono realizzate per mezzo di vetro-camera con ridotto fattore solare ( $g=0.27$ ), una trasmittanza termica di  $1.4 \text{ W/mq}^*\text{K}$  ed un isolamento acustico pari a 42 dB. Un ulteriore contributo alla schermatura delle facciate è affidato a *brise-soleil* in profilati



*Vista interna della Casa natale di Enzo Ferrari.*

“casa natale”. Anche in questo caso la soluzione costruttiva ha preso spunto dal campo nautico: si tratta dell'applicazione strutturale di cavi pre-tesi, normalmente usati sugli yacht da regata, che servono a irrigidire gli alberi maestri, sollecitati da forti carichi con intensità estremamente variabile. L'intera facciata in vetro, inclinata verso la galleria di circa  $12^\circ$ , è sostenuta esclusivamente grazie all'ausilio

estrusi di alluminio, anche in questo caso con una evidente citazione automobilistica, come a ricordare le lamelle di un radiatore d'auto. Senza dubbio si tratta di un'opera, nel suo complesso, estremamente affascinante, in grado di emozionare e trasportare qualsiasi visitatore in una delle storie più appassionanti dell'ultimo secolo, una di quelle storie che danno lustro al nostro Paese.

*A sinistra:  
Vista Aerea del MEF.*



*Vista interna del MEF –  
nuovo padiglione.*

**S**i è effettuata nel pomeriggio di venerdì 21 marzo 2014 la visita alla “Umbracuscinetti” di Foligno (Perugia). Tale visita è stata organizzata dai coordinatori dalla Commissione “Meccanica ed Acustica”, Dott. Ing. Lamberto Fornari (Coordinatore della sez. Meccanica) e dalla Dott. Ing. Antonella Badolato (Coordinatrice della sez. Acustica) dell’Ordine degli Ingegneri della provincia di Perugia.

I partecipanti, oltre trenta ingegneri, all’arrivo in azienda sono stati accolti da Michele Maccheroni, responsabile della sicurezza, che nella sala convegni ha presentato ed illustrato le molteplici attività della società, facente parte

## VISITA ALLA “UMBRA CUSCINETTI”



*Lamberto Fornari.*

*Il gruppo di ingegneri in visita.*

della Umbracuscinetti Group.

La “Umbracuscinetti” S.p.a. opera nel settore della meccanica di precisione, con applicazioni nel mercato aeronautico ed industriale.

La progettazione e la produzione riguardano prevalentemente cuscinetti, sfere ed anche attuatori e sfere di viti a ricircolazione di sfere, estendendosi fino alla realizzazione di speciali viti, alcune delle quali raggiungono anche i 14 metri di lunghezza.

La maggior parte della produzione riguarda componenti di aerei, ma si allarga anche al settore delle fonti energetiche rinnovabili, con parti di pale eoliche.

Di assoluto prestigio i clienti dell’azienda, tra i quali spiccano decisamente, British Airways, Air France, Lufthansa, Boeing ed anche altre importanti compagnie; Michele Maccheroni ha evidenziato che anche particolari congegni dei celebri aerei militari “Tornado” sono stati realizzati da questa fabbrica.

Nello stabilimento (che due anni or sono ha celebrato i 40 anni di attività) lavorano circa 700 persone, parte dei quali, impegnati anche nel sociale come volontari della Caritas locale.

L’azienda costituisce un indotto significativo per la città di Foligno e si distingue per l’attenzione verso la sicurezza sul lavoro oltre che per la qualità dei prodotti realizzati.

I tecnici, nel corso della visita ai vari reparti

produttivi dell’azienda, hanno rivolto numerose domande, trovando risposte esaurienti dai responsabili presenti.

Al termine della visita aziendale, il Coordinatore della sezione Meccanica e la Coordinatrice della sezione Acustica, a nome dell’ordine degli

*Immagine della presentazione in sala congressi.*



*Immagini aeree  
dell'Umbra Cuscinetti"  
di Foligno (Perugia).*



Ingegneri della provincia di Perugia e della Fondazione, hanno ringraziato il personale di "Umbra Cuscinetti" e Michele Maccheroni, per la disponibilità dimostrata, e hanno auspicato future collaborazioni, compiacendosi per l'eccellenza dimostrata nel mercato di riferimento.

La Commissione Meccanica ed Acustica ha in programmazione numerose ed intense attività ed iniziative, tra le quali: La visita al Parco della Musica a Roma, alla "Galleria del vento" presso il Dipartimento di Ingegneria della Università di Perugia, Tavole rotonde sulla "Atex e sulla Valutazione dei rischi riguardanti l'utilizzo sia delle macchine utensili, sia i macchinari in generale", comunicazioni sulla produzione ed eventuale utilizzo di combustibili da alghe, e due seminari, nell'ambito della formazione permanente continua, il 26 giugno 2014 sul tema "Il disegno industriale" ed il 22 ottobre 2014.

*Il Consiglio dell'Ordine degli Ingegneri di Perugia, rappresentando il cordoglio di tutta la categoria, esprime il più profondo rammarico per la recente scomparsa del collega Ing. Valter Baldaccini, fondatore e amministratore delegato di Umbra Cuscinetti. La nostra comunità perde un uomo coraggioso, illuminato e lungimirante che con il proprio lavoro, improntato sulla professionalità, spirito di squadra e sull'importanza dei valori etici e cristiani, ha contribuito a realizzare in Umbria una realtà leader mondiale nella realizzazione di componenti per il settore aeronautico.*