



Saluti di  
Armando Albi-Marini  
e Luigi Vinci

PAGINE 3 e 4



La riforma del catasto  
dei fabbricati:  
considerazioni

PAGINA 5



Smart cities,  
due approcci  
per uno scopo  
comune

PAGINA 14

ISSN 2038-4742

numero **3**

maggio-settembre **2012**

Notiziario dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli

# Ingegneri NAPOLI



# SOMMARIO



Ingegneri  
Napoli

■  
maggio-settembre  
2012

Saluto di Armando Albi-Marini  
pag. 3

Saluto di Luigi Vinci  
pag. 4

## Catasto

La riforma del catasto dei fabbricati:  
considerazioni su unità immobiliari urbane  
in muratura ed in cemento armato  
pag. 5

## Urbanizzazione

Smart cities, due approcci  
per uno scopo comune  
pag. 14

## Idrodinamica

Sulla idrodinamica litoranea nel basso Lazio  
Seminario di studio "I processi costieri:  
la difesa e la gestione della spiaggia"  
Gaeta, Palazzo De Vio  
pag. 16



In copertina: l'isola di Nisida.

**maggio-settembre 2012**

Bimestrale di informazione a cura del Consiglio dell'Ordine

**Editore**

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli

**Direttore editoriale:** Luigi Vinci

**Direttore responsabile:** Luigi Vinci

**Redattori capo:** Edoardo Benassai,  
Pietro Ernesto De Felice, Mario Pasquino

Direzione, redazione e amministrazione  
80134 Napoli, Via del Chiostro, 9  
Tel. 081 5525604 – Fax 081 5522126  
www.ordineingegnerinapoli.it  
segreteria@ordineingegnerinapoli.it  
c/c postale n. 25296807

**Comitato di redazione:** Luigi Vinci, Paola Marone,  
Nicola Monda, Eduardo Pace, Marco Senese,  
Annibale de Cesbron de la Grennelais, Giovanni Esposito,  
Paola Astuto, Francesco Paolo Capone, Fabio De Felice,  
Renato Iovino, Andrea Lizza, Giovanni Manco,  
Salvatore Vecchione, Eduardo Sgro'

**Coordinamento di redazione:** Claudio Croce

**Progetto grafico e impaginazione:**  
doppiavoce

**Stampa:** Officine Grafiche Francesco Giannini & Figli s.p.a.  
Via Cisterna dell'Olio, 6/B – 80134 Napoli

Reg. Trib. di Napoli n. 2166 del 18/7/1970  
Spediz. in a.p. 45% – art. 2 comma 20/b – l. 662/96 Fil. di Napoli  
ISSN 2038-4742

I contenuti possono essere modificati per esigenze di spazio  
con il massimo rispetto del pensiero dell'autore. Le riproduzioni  
di articoli e immagini sono consentite citandone la fonte.  
L'editore resta a disposizione di ogni eventuale avente diritto  
per le competenze su testi e immagini.



Associato U.S.P.I.  
Unione Stampa Periodica Italiana

Tiratura: 13.000 copie  
Finito di stampare nel mese di ottobre 2012



## Tavola rotonda "Gestione e mitigazione dei rischi naturali"

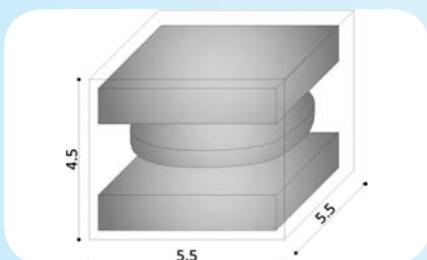
**pag. 27**



## Progettazione

### Linee guida per il progetto preliminare del P.R.P. di Castellammare di Stabia

**pag. 28**



## Sicurezza

### Sistemi innovativi magnetoelastici nel controllo strutturale passivo

**pag. 35**



## Recensione

### Lezioni e problemi di Scienza delle Costruzioni

**pag. 49**



## Prevenzione incendi

### Consegnato all'Agenzia Spaziale Italiana il Sistema Integrato per la Gestione del Rischio incendi boschivi "SIGRI"

**pag. 50**

# SALUTO DI ARMANDO ALBI-MARINI



Dopo oltre venticinque anni, ho deciso di rinunciare all'incarico di Direttore Responsabile del Notiziario dell'Ordine degli Ingegneri di Napoli.

In questi anni molte cose sono radicalmente cambiate.

All'inizio il giornale era lo strumento di diffusione delle notizie che potevano riguardare gli iscritti, mentre gli articoli di interesse culturale trovavano spazio nella "Rivista" che, anch'essa da me diretta, non aveva una costante cadenza periodica.

Tuttavia ebbero molto successo alcuni numeri speciali, monotematici, tra cui quello relativo al bradisismo di Pozzuoli che illustrava l'attività del Comitato Tecnico Scientifico per l'area Flegrea, presieduto dal compianto prof. Elio Giangreco, e del quale mi onoro di aver fatto parte.

Veniva in tale numero anche descritta la redazione della prima in assoluto "mappa di vulnerabilità" successivamente richiestaci dalla Prefettura di Parma in occasione del terremoto degli anni '80 che colpì l'Emilia Romagna.

Successivamente la rivista non fu più pubblicata e gli articoli di interesse scientifico furono accorpati nell'attuale Notiziario anche perché la maggior parte delle informazioni, che interessavano gli iscritti, venivano divulgate con frequenza via internet.

Nel lasciare l'incarico di Direttore responsabile non posso non ringraziare l'amico Presidente Gino Vinci, che mi succederà nella carica, nonché i Redattori Capo Benascai, De Felice e Pasquino e tutto il Comitato di Redazione che hanno svolto una preziosa opera in favore del Notiziario e di tutti gli iscritti all'Ordine.

Ringrazio anche tutti i collaboratori che operando nell'oscurità hanno reso sempre migliore il giornale sia per la qualità dei contenuti che per la veste grafica.

Auguro al mio successore ed a tutti i collaboratori, ai quali continuerò ad essere vicino, le migliori fortune per il Giornale e per il Nostro Ordine.

*Armando Albi-Marini*



## SALUTO DI LUIGI VINCI

Nell'assumere la direzione di Ingegneri Napoli, sento il dovere di ringraziare Armando Albi Marini, che per tanti anni lo ha diretto, confortato dalla collaborazione di colleghi e docenti universitari a lui vicini. Armando lascia per sua scelta, ed io che gli succedo sento un grave carico di responsabilità per cercare di tenere alto la qualità di un periodico che Lui sempre onorò e qualificò.

Al mio ringraziamento si unisce quello di tutto il consiglio direttivo dell'Ordine e di tanti colleghi che Lui volle tra i collaboratori della rivista ed io ho sempre conservato nella cerchia di quanti contribuiscono a rendere l'ordine degli ingegneri di Napoli tra i più efficienti e costruttivi d'Italia.

Armando tenne la direzione della rivista quando ancora l'ingegnere libero professionista era polivalente, in una società che offriva ampi spazi di lavoro, e ha seguito l'evoluzione della professione attraverso momenti belli e brutti, fino ai giorni attuali che vedono nascere una riforma radicale, ancora in divenire, ma che impone al libero professionista obbligo di aggiornamento costante su norme tecniche, innovazioni tecnologiche, specializzazioni sempre più spinte, il tutto in una società che attraversa una profonda crisi economica ed un'operatività dell'ingegnere non solo negli spazi tradizionali, ma anche in settori

fortemente influenzati dalle tecnologie informatizzate.

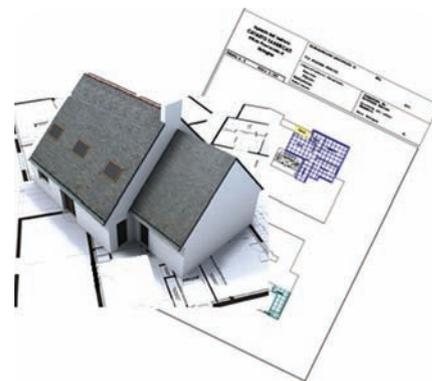
In questa occasione, Ingegneri Napoli deve parzialmente abbandonare il ruolo di organo di elevata cultura universitaria per prendere quello di servizio attivo per tutti gli iscritti, attento alle innovazioni tecniche e tecnologiche, osservatore delle evoluzioni di norme e leggi sia a livello nazionale che di Comunità Europea.

Mio obiettivo, anche in coerenza con quando vado a fare quale presidente della Scuola Superiore di Ingegneria del CNI, è rendere la rivista più presente negli studi di ingegneria quale supporto professionale, a partire da una periodicità che a breve spero di portare a mensile, raccogliendo in un solo strumento, tempestivo ed attento, tutte le fonti di osservazione delle specificità della professione e della giurisprudenza intensa che la coinvolge, senza rinunciare a temi propri della ricerca scientifica, col conforto di valenti professori universitari coinvolti nel comitato di redazione.

Tutti i colleghi del consiglio saranno chiamati a coprire ciascuno un settore particolare, in modo che ciascun numero sia il frutto di una intensa e produttiva collaborazione, alla quale tutti gli iscritti dell'ordine di Napoli sono chiamati.

*Luigi Vinci*

# LA RIFORMA DEL CATASTO DEI FABBRICATI: CONSIDERAZIONI SU UNITÀ IMMOBILIARI URBANE IN MURATURA ED IN CEMENTO ARMATO



Il Consiglio dei Ministri il 16 aprile 2012, come ufficialmente pubblicato sul sito del Governo Italiano "ha approvato il disegno di legge sulla delega fiscale per dare maggiore certezza al sistema tributario, migliorare i rapporti con i contribuenti e proseguire nel contrasto all'evasione fiscale.

Il disegno di legge sulla delega fiscale vuole correggere alcuni aspetti critici del sistema fiscale italiano per renderlo più equo, trasparente ed orientato alla crescita economica."

Il Capo I della legge delega riporta "Disposizioni generali rivolte all'equità e alla razionalità del sistema" e all'Art. 2 prevede "la revisione del catasto dei fabbricati", che sarà attuata in collaborazione con i Comuni e l'Agenzia del territorio, con l'obiettivo di attribuire a ciascuna unità immobiliare il relativo valore patrimoniale e la rendita.

Con la riforma si vuole ridefinire il classamento delle U.I.U. (unità immobiliari urbane) fabbricati in base non solo a valori ma anche a criteri più aggiornati: localizzazione, qualità dell'immobile e superficie in metri quadri.

Nello specifico, al comma 1 dell'Articolo di cui sopra si afferma che:

"il Governo è delegato ad attuare una revisione del catasto dei fabbricati attribuendo a ciascuna unità immobiliare il relativo valore patrimoniale e la rendita, applicando in particolare per le unità immobiliari urbane censite al catasto fabbricati i seguenti principi e criteri direttivi:

- a) prevedere procedure di collaborazione con i Comuni nel cui territorio sono collocati gli immobili;
- b) definire gli ambiti territoriali del mercato immobiliare di riferimento;
- c) operare con riferimento ai rispettivi valori medi ordinari espressi dal mercato nel triennio antecedente l'anno di entrata in vigore del decreto legislativo;
- d) rideterminare le definizioni delle destinazioni d'uso catastali ordinarie e speciali, tenendo conto delle mutate condizioni economiche e sociali e delle conseguenti diverse utilizzazioni degli immobili;
- e) determinare il valore patrimoniale medio ordinario secondo i seguenti parametri:
  - 1) per le unità immobiliari a destinazione catastale ordinaria mediante un processo estimativo che:
    - 1.1) utilizza il metro quadrato come unità di consistenza, specificando i criteri di calcolo della superficie dell'unità immobiliare;
    - 1.2) utilizza funzioni statistiche atte ad esprimere la relazione tra il valore di mercato, la localizzazione e le caratteristiche edilizie dei beni per ciascuna destinazione catastale e per ciascun ambito territoriale;
    - 1.3) qualora i valori non possono essere determinati sulla base delle funzioni statisti-

Andrea Tramontano

Lucia Fiorentino

Commissione "Stime immobiliari e Catasto"

“ La superficie catastale per un'unità immobiliare urbana con struttura in muratura portante dovrebbe essere raggugliata con coefficienti correttivi compresi fra 0,8 e 0,6 per poterla considerare alla stregua di U.I.U. in c.a. ”

- che di cui al presente numero, applica la metodologia di cui al successivo n. 2;
- 2) per le unità immobiliari a destinazione catastale speciale mediante un processo estimativo che:
    - 2.1) opera sulla base di procedimenti di stima diretta con l'applicazione di metodi standardizzati e di parametri di consistenza specifici, per ciascuna destinazione catastale speciale;
    - 2.2) qualora non sia possibile fare riferimento diretto ai valori di mercato, utilizza il criterio del costo per gli immobili a carattere prevalentemente strumentale, e il criterio reddituale per gli immobili per i quali la redditività costituisce l'aspetto prevalente;
  - f) determinare la rendita media ordinaria per le unità immobiliari mediante un processo estimativo che:
    - 1) utilizza funzioni statistiche atte ad esprimere la relazione tra i redditi da locazione medi, la localizzazione e le caratteristiche edilizie dei beni per ciascuna destinazione catastale e per ciascun ambito territoriale, qualora sussistano dati consolidati sul mercato delle locazioni;
    - 2) qualora non vi sia un consolidato mercato delle locazioni, mediante l'applicazione ai valori patrimoniali di specifici saggi di redditività desumibili dal mercato, nel triennio antecedente l'anno di entrata in vigore del decreto legislativo;
  - g) prevedere meccanismi di adeguamento periodico dei valori e delle rendite delle unità immobiliari urbane, in relazione alla modificazione dei parametri utilizzati per la definizione del valore patrimoniale e della rendita."

Soffermando l'attenzione sulla "ridefinizione" dei fabbricati in base alla superficie in metri quadri il quesito che ci si pone è quello dell'individuazione dei criteri di calcolo di tale superficie che, per il momento, restano non definiti nello specifico.

È possibile constatare che laddove si considerasse come superficie di riferimento quella catastale potrebbero crearsi delle *sperquazioni*, legate alla definizione stessa di superficie catastale.

In materia, il **D.P.R. del 23.03.1998, n. 138**, "Regolamento recante norme per la revisione generale delle zone censuarie, delle tariffe d'estimo delle unità immobiliari urbane e dei relativi criteri nonché delle commissioni censuarie in esecuzione dell'articolo 3, commi 154 e 155, della Legge 23 dicembre 1996, n. 662" che ha sostituito il **D.P.R. del 01.12.1949, n. 1142** suddivide le unità immobiliari in ordinarie e speciali.

Sono **ordinarie** le unità immobiliari a destinazione abitativa di tipo privato e locali destinati a funzioni complementari (gruppo R), le unità immobiliari a destinazione pubblica o di interesse collettivo" (gruppo P), le unità immobiliari a destinazione terziaria (gruppo T).

Nelle unità immobiliari **speciali** rientrano, invece, quelle destinate a funzioni pubbliche o di interesse collettivo (gruppo V) e quelle a destinazione terziaria produttiva e diversa (gruppo Z).

L'art.3 del CAPO II dello stesso Decreto precisa che "l'unità di consistenza delle unità immobiliari urbane a destinazione ordinaria indicate nel quadro generale, di cui all'allegato B, è il metro quadrato di superficie catastale". I criteri di determinazione di tale superficie sono descritti nell'allegato C "Norme tecniche per la determinazione della superficie catastale delle unità immobiliari a destinazione ordinaria (Gruppi R, P, T)".

Per i vari gruppi sono definiti diversi criteri specifici ad alcuni criteri generali.

Da questi ultimi si evince che:

- 1) nella determinazione della superficie catastale delle unità immobiliari a destinazione ordinaria, i muri interni e quelli perimetrali esterni vengono computati per intero fino ad uno spessore massimo di 50 cm, mentre i muri in comunione nella misura del 50 per cento fino ad uno spessore massimo di 25 cm.
- 2) la superficie dei locali principali e degli accessori, ovvero delle loro porzioni, aventi altezza utile inferiore a 1,50 m, non entra nel computo della superficie catastale.
- 3) la superficie degli elementi di collegamento verticale, quali scale, rampe, ascensori e simili, interni alle unità immobiliari sono computati in misura pari alla loro proiezione orizzontale, indipendentemente dal numero di piani collegati.
- 4) la superficie catastale, determinata secondo i criteri esposti di seguito, viene arrotondata al metro quadrato.

Nel computo della superficie catastale rientrano, quindi, le superfici delle murature interne e perimetrali.

Queste, però, possono differire di molto in spessore, in base al tipo di costruzione; basti pensare a fabbricati realizzati con strutture in muratura, in cemento armato, in ferro, ecc. I casi di studio, qui riportati, vogliono essere uno spunto di riflessione a tal proposito.

Vengono, quindi, analizzati tre appartamenti per i quali si ipotizza, a parità di superficie coperta, una differente tipologia di costruzione.

Nello specifico si considerano i casi di unità immobiliari urbane in muratura e unità immobiliari urbane in cemento armato.

Non sono stati considerati unità immobiliari urbane del tipo ordinarie ubicati in edifici con struttura in ferro in quanto poco presenti nel tessuto immobiliare nazionale. Nel calcolo delle superfici calpestabili si può considerare che gli spessori dei tom-pagni degli edifici in c.a. presentano

grandezze minori rispetto a quelli degli edifici in muratura e tale differenza può arrivare a **decine di metri quadri**.

Ciò significa che, a parità di superficie totale catastale/coperta (la superficie catastale e quella coperta possono ritenersi uguali), un appartamento realizzato in cemento armato può arrivare ad avere anche un vano in più rispetto a quello di pari superficie totale catastale ma realizzato in muratura.

I casi di studio proposti sono solo tre possibili esempi delle diverse **tipologie di fabbricati presenti sul mercato, che risultano effettivamente molto variegate**.

Per le tipologie di struttura oggetto di analisi si osserva una differenza fra le superfici calpestabili pari o superiore al 10% delle superfici catastali.

Si potrebbe, laddove si passi da strutture in muratura a strutture in cemento armato, ipotizzare di utilizzare un parametro moltiplicativo per le superfici catastali di U.I.U. poste in un edificio costruito in muratura portante, compreso tra 0,85 e 0,9.

È appena il caso di accennare che oltre alla differenza, in termini di spessore delle pareti, che sussiste fra strutture in muratura ed in cemento armato, le strutture in muratura sono caratterizzate, spesso, da una **bassa flessibilità** di distribuzione degli spazi interni e da altezze nette (circa 4-5 m non considerando la eventuale controsoffittatura) superiori rispetto ad unità immobiliari urbane in cemento armato (circa 2,8-3,2 m).

Ove si tenga conto di tali differenti caratteristiche intrinseche delle strutture in muratura e quelle in cemento armato si può ipotizzare, per comparare le due diverse situazioni, l'utilizzo di coefficienti correttivi variabili da 0,7 a 0,9.

Pertanto prendendo in considerazione le sole caratteristiche metriche e intrinseche (bassa flessibilità ed altezze nette) la superficie catastale per un'unità immobiliare urbana con struttura in muratura portante dovrebbe essere raggiunta con coefficienti corret-

tivi compresi fra 0,8 (0,9x0,9) e 0,6 (0,85x0,7) per poterla considerare alla stregua di U.I.U. in c.a.

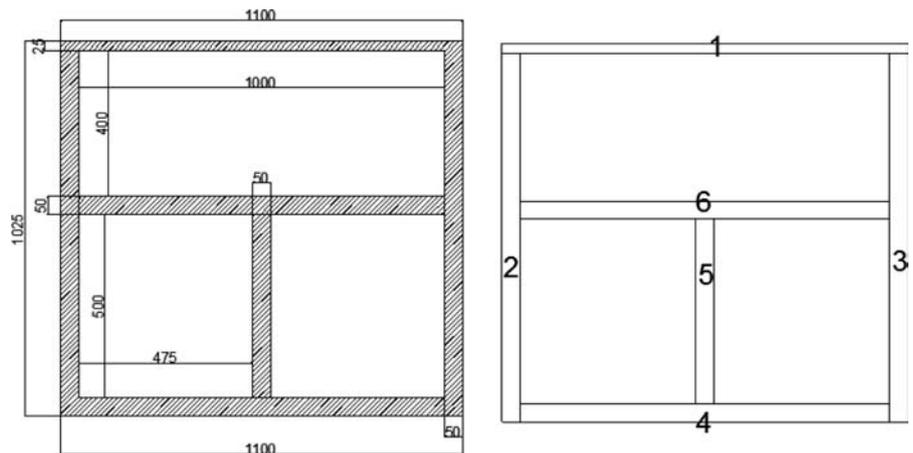
Resta, comunque, vasto l'insieme delle ulteriori caratteristiche da considerare per assicurare un'equità di valutazione, essendo particolarmente diversificate per carattere e com-

pietà le tecniche e le tecnologie costruttive.

Certamente nuovi spunti di riflessione saranno possibili quando il processo decisionale governativo arriverà a conclusione, entrando nello specifico della questione attraverso dettagliate definizioni, annotazioni ed obblighi.

## CASO 1

### Caso 1.1 – Muratura portante



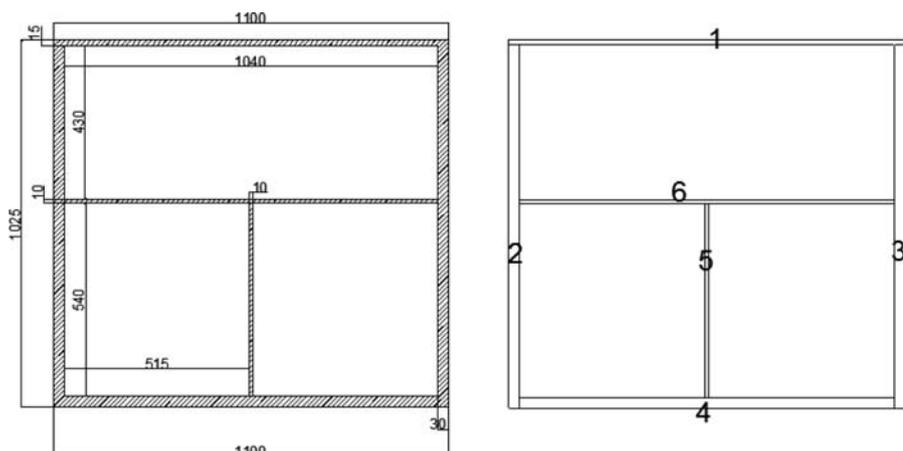
#### sup. tot in pianta delle pareti

parete	spessore - cm	lunghezza - cm	
1	25	1100	(parete esterna di confine)
2	50	1000	(parete esterna)
3	50	1000	(parete esterna)
4	50	1000	(parete esterna)
5	50	500	(parete interna)
6	50	1000	(parete interna)

parete	spessore - m	lunghezza - m	area mq
1	0,25	11	2,75
2	0,5	10	5
3	0,5	10	5
4	0,5	10	5
5	0,5	5	2,5
6	0,5	10	5
<b>Sup. tot</b>			<b>25,3</b>

<b>sup. catastale</b>	112,75 mq
<b>sup. calpestabile</b> (sup. catastale - sup. muratura)	87,5 mq
<b>% sup. calpestabile rispetto a sup. catastale</b>	77,6 %
<b>% sup. muratura rispetto a sup. catastale</b>	22,4 %

## Caso 1.2 – Cemento armato



### sup. tot in pianta delle pareti

parete	spessore - cm	lunghezza - cm	
1	15	1100	(parete esterna di confine)
2	30	1010	(parete esterna)
3	30	1010	(parete esterna)
4	30	1040	(parete esterna)
5	20	540	(parete interna)
6	20	1040	(parete interna)

parete	spessore - m	lunghezza - m	area mq
1	0,15	11	1,65
2	0,3	10,1	3,03
3	0,3	10,1	3,03
4	0,3	10,4	3,12
5	0,2	5,4	1,08
6	0,2	10,4	2,08
<b>Sup. tot</b>			<b>14,0</b>

<b>sup. catastale</b>	112,75 mq
<b>sup. calpestabile (sup. catastale - sup. muratura)</b>	98,8 mq
<b>% sup. calpestabile rispetto a sup. catastale</b>	87,6 %
<b>% sup. muratura rispetto a sup. catastale</b>	12,4 %

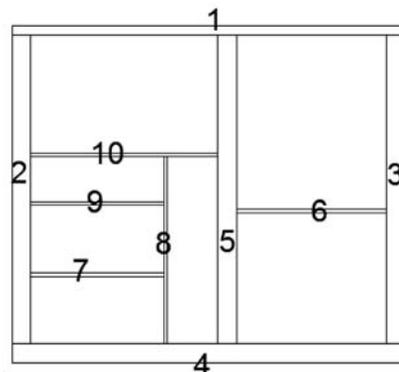
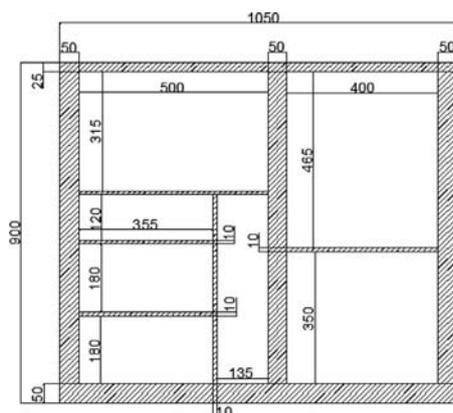
### Tabella riassuntiva

**differenza sup. calpestabile muratura e c.a.** **11,3 mq = 10 % della sup. catastale**

	MURATURA	C.A.	
<b>sup. catastale</b>	112,75	112,75	mq
<b>sup. calpestabile (sup. catastale - sup. muratura)</b>	87,5	98,8	mq
<b>% sup. calpestabile rispetto a sup. catastale</b>	77,6	87,6	%
<b>% sup. muratura rispetto a sup. catastale</b>	22,4	12,4	%

## CASO 2

### Caso 2.1 – Muratura portante



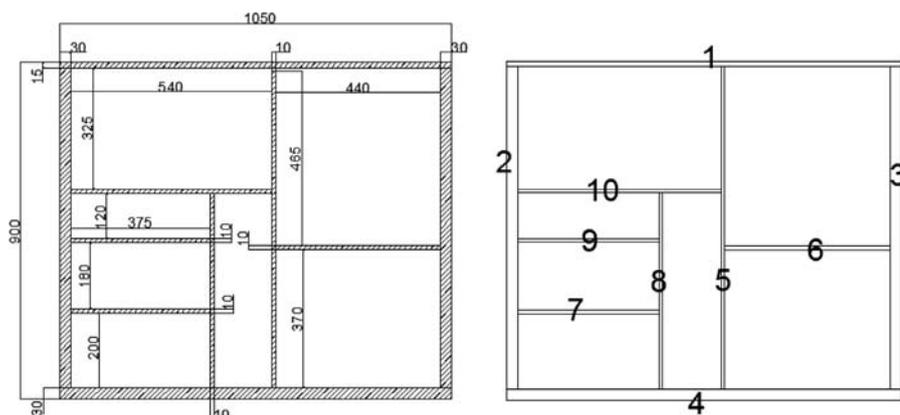
#### sup. tot in pianta delle pareti

parete	spessore - cm	lunghezza - cm	
1	25	1050	(parete esterna di confine)
2	50	825	(parete esterna)
3	50	825	(parete esterna)
4	50	1050	(parete esterna)
5	50	825	(parete interna)
6	10	400	(parete interna)
7	10	355	(parete interna)
8	10	500	(parete interna)
9	10	355	(parete interna)
10	10	500	(parete interna)

parete	spessore - m	lunghezza - m	area mq
1	0,25	10,50	2,625
2	0,5	8,25	4,125
3	0,5	8,25	4,125
4	0,5	10,50	5,25
5	0,5	8,25	4,125
6	0,1	4,00	0,4
7	0,1	3,55	0,355
8	0,1	5,00	0,5
9	0,1	3,55	0,355
10	0,1	5,00	0,5
<b>Sup. tot</b>			<b>22,4</b>

<b>sup. catastale</b>	94,5 mq
<b>sup. calpestabile</b> (sup. catastale - sup. muratura)	72,1 mq
<b>% sup. calpestabile rispetto a sup. catastale</b>	76,3 %
<b>% sup. muratura rispetto a sup. catastale</b>	23,7 %

## Caso 2.2 – Cemento armato



### sup. tot in pianta delle pareti

parete	spessore - cm	lunghezza - cm	
1	15	1050	(parete esterna di confine)
2	30	855	(parete esterna)
3	30	855	(parete esterna)
4	30	1050	(parete esterna)
5	10	855	(parete interna)
6	10	440	(parete interna)
7	10	375	(parete interna)
8	10	520	(parete interna)
9	10	375	(parete interna)
10	10	540	(parete interna)

parete	spessore - m	lunghezza - m	area mq
1	0,15	10,50	1,575
2	0,3	8,55	2,565
3	0,3	8,55	2,565
4	0,3	10,50	3,15
5	0,1	8,55	0,855
6	0,1	4,40	0,44
7	0,1	3,75	0,375
8	0,1	5,20	0,52
9	0,1	3,75	0,375
10	0,1	5,40	0,54
<b>Sup. tot</b>			<b>13,0</b>

sup. catastale	94,5 mq
sup. calpestabile (sup. catastale - sup. muratura)	81,5 mq
% sup. calpestabile rispetto a sup. catastale	86,3 %
% sup. muratura rispetto a sup. catastale	13,7 %

### Tabella riassuntiva

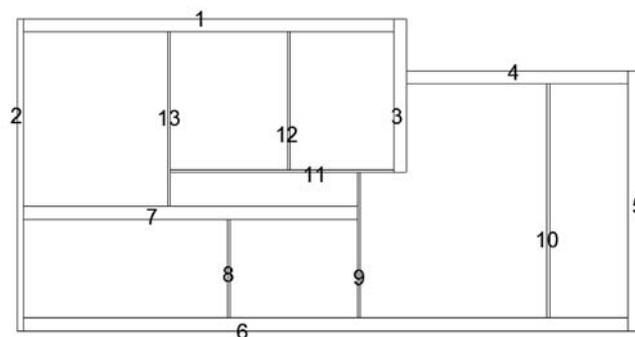
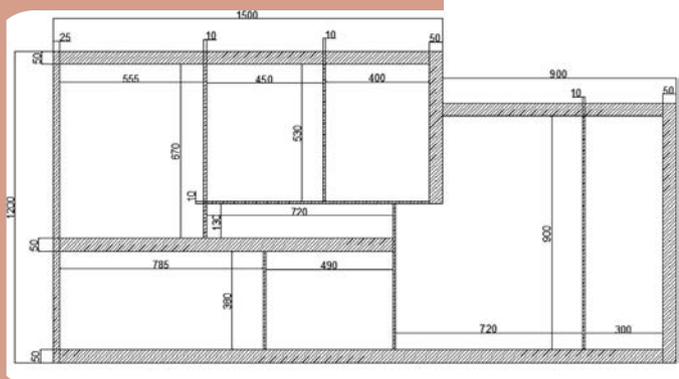
differenza sup. calpestabile muratura e c.a.

**9,4 mq** = 10 % della sup. catastale  
**MURATURA** **C.A.**

sup. catastale	94,5	94,5	mq
sup. calpestabile (sup. catastale - sup. muratura)	72,1	81,5	mq
% sup. calpestabile rispetto a sup. catastale	76,3	86,3	%
% sup. muratura rispetto a sup. catastale	23,7	13,7	%

## CASO 3

### Caso 3.1 – Muratura portante



#### sup. tot in pianta delle pareti

parete	spessore - cm	lunghezza - cm	
1	50	1425	(parete esterna)
2	25	1200	(parete esterna di confine)
3	50	590	(parete in parte interna ed in parte esterna)
4	50	850	(parete esterna)
5	50	1000	(parete esterna)
6	50	2325	(parete esterna)
7	50	1285	(parete interna)
8	10	380	(parete interna)
9	10	560	(parete interna)
10	10	900	(parete interna)
11	10	860	(parete interna)
12	10	530	(parete interna)
13	10	670	(parete interna)

parete	spessore - m	lunghezza - m	area mq
1	0,5	14,25	7,125
2	0,25	12,00	3
3	0,5	5,90	2,95
4	0,5	8,50	4,25
5	0,5	10,00	5
6	0,5	23,25	11,625
7	0,5	12,85	6,425
8	0,5	10,00	5
9	0,5	23,25	11,625
10	0,5	12,85	6,425
11	0,1	3,80	0,38
12	0,1	5,30	0,53
13	0,1	6,70	0,67

**Sup. tot 65,0**

**sup. catastale**

270 mq

**sup. calpestabile (sup. catastale - sup. muratura)**

205,0 mq

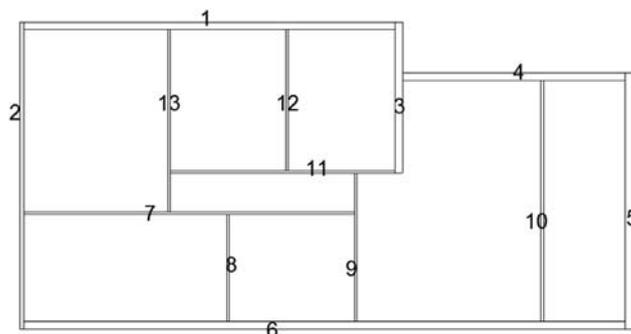
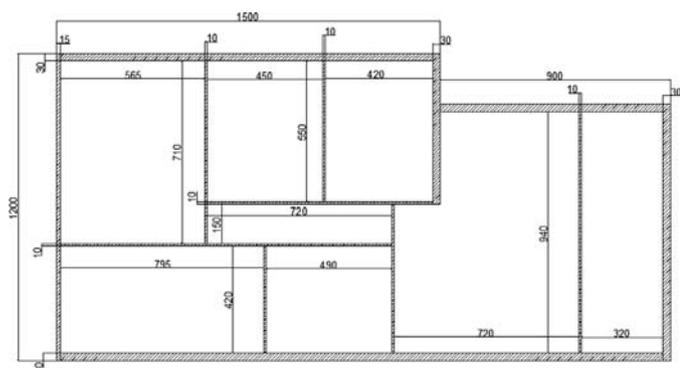
**% sup. calpestabile rispetto a sup. catastale**

75,9 %

**% sup. muratura rispetto a sup. catastale**

24,1 %

### Caso 3.2 – Cemento armato



#### sup. tot in pianta delle pareti

parete	spessore - cm	lunghezza - cm	
1	30	1455	(parete esterna)
2	15	1200	(parete esterna di confine)
3	30	590	(parete in parte interna ed in parte esterna)
4	30	870	(parete esterna)
5	30	1000	(parete esterna)
6	30	2355	(parete esterna)
7	10	1295	(parete interna)
8	10	420	(parete interna)
9	10	580	(parete interna)
10	10	940	(parete interna)
11	10	880	(parete interna)
12	10	550	(parete interna)
13	10	710	(parete interna)

parete	spessore - m	lunghezza - m	area mq
1	0,3	14,55	4,365
2	0,15	12,00	1,8
3	0,3	5,90	1,77
4	0,3	8,70	2,61
5	0,3	10,00	3
6	0,3	23,55	7,065
7	0,3	8,70	2,61
8	0,3	10,00	3
9	0,1	5,80	0,58
10	0,1	9,40	0,94
11	0,1	8,80	0,88
12	0,1	5,50	0,55
13	0,1	7,10	0,71

**Sup. tot 29,9**

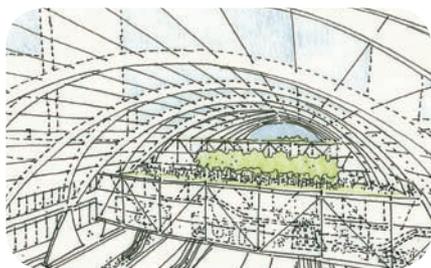
sup. catastale	270 mq
sup. calpestabile (sup. catastale - sup. muratura)	240,1 mq
% sup. calpestabile rispetto a sup. catastale	88,9 %
% sup. muratura rispetto a sup. catastale	11,1 %

#### Tabella riassuntiva

**differenza sup. calpestabile muratura e c.a.**

**35,1 mq = 13 % della sup. catastale**

	MURATURA	C.A.	
sup. catastale	270	270	mq
sup. calpestabile (sup. catastale - sup. muratura)	205,0	240,1	mq
% sup. calpestabile rispetto a sup. catastale	75,9	88,9	%
% sup. muratura rispetto a sup. catastale	24,1	11,1	%



## SMART CITIES, DUE APPROCCI PER UNO SCOPO COMUNE

Alfredo Cafasso Vitale

“ La nozione che sia più efficiente usare dei beni comuni, senza possederli, si sta facendo sempre più spazio ”

Nelle 600 città più importanti del mondo oggi abitano un miliardo e mezzo di persone, che rappresentano il 22% della popolazione globale e producono il 55% del PIL mondiale.

Questa popolazione risulta distribuita in 485 milioni di famiglie con una media di PIL pro capite pari a ventimila dollari. Le dinamiche della crescita però, secondo il Rapporto McKinsey, società di consulenza globale, con un focus speciale sui new media, raccontano una storia più complicata.

Nei prossimi 13 anni le prime 600 città del mondo non saranno più le stesse. La potenza economica si sposta rapidamente da Ovest verso Est.

Tra le quindici città a maggior incremento di PIL tra il 2007 ed il 2025 dieci sono cinesi.

Solo New York, tra le capitali occidentali, si mantiene tra le prime dieci, al terzo posto.

Tokio, con 35 milioni di persone e quasi 1200 miliardi di dollari di prodotto economico ha una dimensione ed un PIL comparabili ad alcune nazioni.

Il passo e la scala di questo cambiamento sono senza precedenti. Le città da sole dovranno spendere 7 volte l'attuale PIL mondiale nei prossimi 30 anni in infrastrutture urbane. Con 180.000 nuovi abitanti che vi si trasferiscono ogni giorno, il ventunesimo secolo sarà indubbiamente un secolo di urbanizzazione.

Un radicale cambiamento di paradigma nella modalità in cui la tecnologia è posta a servizio della sostenibilità è

richiesto da questa evoluzione della geografia economica.

La visione europea ed americana della smart city è dominata dalla preoccupazione di rendere intelligenti i grandi centri storici: aumentando la flessibilità dei trasporti e delle comunicazioni e l'efficacia dello smaltimento dei rifiuti, ottimizzando la distribuzione di acqua ed energia, promuovendo la bonifica e la riqualificazione di intere aree; tutto ciò alla luce delle opportunità offerte oggi dal digitale.

Nei Paesi emergenti si tende invece a costruire nuovi agglomerati sostenibili, interi centri pianificati con lo scopo diretto di tagliare al massimo le emissioni, grazie alle tecnologie più innovative per l'efficienza energetica.

I due approcci differiscono tra loro un po' come differiscono una persona che si avvicina ai new media essendo passato prima per altre modalità di comunicazione ed un nativo digitale. Sono approcci diversi, in qualche modo antitetici, ma con l'obiettivo comune di risparmiare al massimo le risorse sempre più scarse.

I dati e gli esempi oggi a nostra disposizione ci fanno pensare che l'approccio delle realtà emergenti sarà quello vincente, rendendo il potenziale spostamento dell'asse ad oriente non solo probabile ma inevitabile.

Mentre in una città come Londra è necessario sventrare tutto il sottosuolo urbano per costruire un nuovo tratto di metropolitana, che attraversi tutto il centro rendendo la vita più facile ad un milione e mezzo di persone, in In-

dia lungo la linea ferroviaria ad alta velocità tra Delhi e Mumbai, si stanno costruendo dal nulla, 24 nuove città verdi.

Mentre realtà come Stoccolma, Milano e la stessa Londra si preoccupano di decongestionare, centri cittadini già da anni intasati, introducendo biglietti di ingresso ai centri storici, per scoraggiare l'accesso, città emergenti delle economie orientali pianificano da subito l'impossibilità di accesso ai mezzi privati, affidando il trasporto a piccole ferrovie leggere e taxi elettrici.

I nuovi centri urbani nati dal nulla sono già progettati in maniera che i cittadini non debbano mai camminare più di dieci minuti per raggiungere i trasporti pubblici, parchi o centri commerciali.

Analoghe differenze si leggono nel consumo energetico. L'80% degli edifici che sta sorgendo a Songdo, in Korea, hanno una certificazione energetica Leed, puntando a tagliare i consumi energetici di più del 20% di città occidentali di dimensioni comparabili.

Reti intelligenti ed una ragnatela di sensori estesa al territorio urbano controlleranno l'illuminazione e la regolazione termica degli spazi pubblici, mentre contatori intelligenti e smart grids, reti di informazione che affiancano la rete di distribuzione elettrica, moduleranno il consumo domestico.

Ma come è possibile provare a contrastare questo spostamento che sembra inevitabile? Quali i passi ne-

cessari da intraprendere nelle città occidentali?

I cittadini cominciano già a mostrare di avere in maggiore considerazione i servizi rispetto alle cose: questa attitudine va promossa e sviluppata nelle generazioni future.

Un altro cambiamento concerne l'efficienza. La gente si sta sempre più rendendo conto dell'alto costo di acquisto e mantenimento di alcuni beni e del potenziale impatto negativo sull'equilibrio della Terra che ciò comporta. La nozione che sia più efficiente usare dei beni comuni, senza possederli, si sta facendo sempre più spazio.

Questa presa di coscienza va incentivata, rendendo più chiaro quanto questo approccio ci porti ad una maggior libertà di scelta e spostamento.

Nelle realtà orientali nate dal nulla questi concetti sono integrati nella progettazione stessa dei nuovi centri.

Nelle nostre realtà occidentali, dove le scelte smart sono limitate dal preesistente, e secoli di cultura economica basati sul possesso hanno stratificato il presente, questo cambio paradigmatico è indispensabile se si vuole provare a contrastare lo spostamento dell'asse verso oriente. Le ICT possono non solo essere strumento, ma perno centrale di questo processo.

Certo questo cambio paradigmatico non può essere delegato all'economia di mercato che promuove il possesso, ma va promosso da governi e competenze accademiche e professionali che operino in una logica di etica pubblica, verso la promozione del bene comune.



# SULLA IDRODINAMICA LITORANEA NEL BASSO LAZIO

Seminario di studio “I processi costieri: la difesa e la gestione della spiaggia”  
Gaeta, Palazzo De Vio

Edoardo Benassai  
Università di Napoli Federico II

“ Per contenere il fenomeno dell’erosione lungo il litorale di Terracina è necessario ricorrere ad uno studio e ad un progetto unitario tendente a rimodellare le aste dei canali Sisto e Portatore in modo da essere facilmente removibili ”

## 1. La costa: generalità

Il litorale laziale è caratterizzato da una successione di coste basse e sabbiose, talora acquitrinose limitate da promontori anche assai elevati sul mare come capo Linaro, capo d’Anzio, monte Circeo e il promontorio di Gaeta.

Come risulta dalla letteratura (studio del regime delle spiagge laziali-Studio Volta), e come risulta da indagini eseguite in loco e su foto satellitari (Figura 1) il litorale del basso Lazio che si estende da Capo d’Anzio al fiume Garigliano è caratterizzato nel tratto tra capo d’Anzio e Torre Astura da una costa alta facilmente erodibile poggiante su formazioni più consistenti affioranti a Torre Astura; segue quindi una costa bassa più ampia e falcata, orlata da una serie di lagune costiere fino a Monte Circeo, costituito in gran parte da calcari del Lias, di arenarie e calcari argillosi dell’eo-cene.

Il solo corso d’acqua di una certa importanza in questo tratto è il fiume Astura, che però avendo il suo bacino nei tufi basaltici e leucitici dei vulcani laziali e nella sabbia del quaternario antico, è ricco di torbide.

Oltre il Circeo il piede della piattaforma continentale si allarga enormemente, raggiungendo una profondità di circa 20 km con affioramenti rocciosi intorno ai 20 m. Quindi si restringe velocemente per raggiungere il minimo in corrispondenza del promontorio di Gaeta (circa 12 km

ma con pendenze elevatissime sotto-costa.

Dopo monte Circeo e fino a Terracina, è presente una profonda falcata in spiaggia sottile interrotta solo dalle lievi prominente dei fiumi Sisto e Portatore (Badino).

Procedendo verso sud, superata Terracina ove la costa bassa è in erosione...; segue una seconda più profonda falcatura su una costa bassa e già paludosa fino a Sperlonga, oltre la quale la costa torna ad essere rocciosa, anche se intercalata da lidi sabbiosi, fino al promontorio di Gaeta.

L’alternarsi delle zone rocciose e sabbiose tra Terracina e Gaeta è evidenziato in Figura 2.

Oltre quest’ultimo si delinea un’ampia ansa litoranea comprendente gli abitati di Formia e Minturno, la cui falcatura è interrotta dal promontorio di Scauri, cui segue una costa bassa fino al Garigliano, interrotta solo dal breve saliente di monte d’Argento. In questo tratto la piattaforma costiera è molto regolare e si estende per circa 16-18 km.”

### 1.1. I fondali e gli habitat

I fondali a ridosso della linea di riva sono prevalentemente sabbiosi.

Isolati affioramenti di rocce a qualche decina di metri di profondità dalla superficie dell’acqua danno luogo ad alcuni tratti di fondali rocciosi.

Dalla riva, fino alla profondità di 10-12 m il fondo del mare è caratterizzato dalla presenza di sabbie fini ben



Figura 1. Litorale del basso Lazio da Anzio alla foce del Garigliano.

calibrate; mentre a partire da questa profondità iniziano le praterie di posidonia che si estendono fino alla profondità di 22-24 m.

Trattasi di una vasta area nell'ambito della quale sono stati individuati due **siti di importanza comunitaria** in ambito marino. Il primo, identificato come IT6000014, riguarda i fondali che si estendono tra Terracina e Lago Lungo il secondo identificato come IT6000013 riguarda i fondali che si estendono tra Terracina e Monte Circeo: entrambi sono caratterizzati dalla presenza di Praterie di Posidonia (*Posidonia oceanica*).

La *Posidonia oceanica* è una fanerogama marina presente esclusivamente lungo le coste del Mediterraneo. Colonizza ampie aree dei fondali mediterranei formando delle vere e proprie praterie sommerse.

L'unità strutturale delle praterie di Posidonia è il fascio formato da un gruppo di foglie riunite che si dipartono dai rizomi (che si estendono sia verticalmente che orizzontalmente), il loro intreccio costituisce una formazione chiamata "matte".

Il "margine superiore" delle praterie, il limite minimo di profondità dove è possibile trovare le piante, è situato a profondità estremamente variabile secondo la zona e può giungere a pochissimi metri di profondità. Il "margine inferiore", cioè la massima profondità raggiunta dalla prateria, può spingersi fino a -40 m s.l.m. in acque particolarmente limpide.

Il ruolo che questa pianta svolge nel contesto dell'ambiente marino litorale del Mediterraneo è sempre più chiaro grazie alla gran mole di lavori scientifici effettuati in questi ultimi anni.

Figura 2. Dal Circeo al promontorio di Gaeta. In colori diversi sono riportati i tratti di costa rocciosi e quelli sabbiosi.



Le praterie di Posidonia costituiscono una delle componenti fondamentali dell'equilibrio e della ricchezza dell'ambiente litorale costiero. L'elevato rendimento dell'apparato fotosintetico di questa pianta e le ampie superfici ricoperte dalle praterie fanno sì che questa fanerogama contribuisca in maniera notevole all'ossigenazione delle acque.

Le oltre 400 specie diverse di alghe e il migliaio di specie animali che popolano le praterie fanno sì che la diversità ecologica di questo ambiente sia elevatissima. Qui, inoltre, trovano rifugio stadi giovanili di numerose specie di invertebrati e pesci.

La diminuzione della produzione di foglie all'interno di una prateria, causata da uno stato di sofferenza della Posidonia, è in grado di causare ripercussioni sull'intero sistema costiero: impoverimento quantitativo all'interno delle catene alimentari e alterazioni fisiche di alcuni substrati sedimentati che inducono modificazioni qualitative dei popolamenti. Le praterie inoltre possono rappresentare un fattore di stabilità dei fondi mobili e delle rive. Le onde e le correnti ortogonali alla costa vengono ammortizzate dall'azione frenante delle "matte" e delle foglie, spesse e alte, e il sedimento in transito viene trattenuto in parte dalle foglie e dal sistema dei rizomi. L'efficacia della protezione offerta al litorale dalle praterie di Posidonia è dimostrata dalle conseguenze a catena che possono venire innescate dalla loro scomparsa: instabilità ed erosione dei fondi, erosione o impinguamento delle spiagge, insabbiamento dei porti, ecc. Per la particolare sensibilità di questa biocenosi alle alterazioni delle caratteristiche ambientali e per il fatto che rappresenta il popolamento vegetale più esteso e comune del piano infralitorale mediterraneo,

dove l'impatto delle fonti inquinanti è più intenso, le praterie di Posidonia vengono normalmente utilizzate quale indicatore biologico.

Sulla base dei dati disponibili e delle perimetrazioni delle suddette aree protette si evince che Monte S. Angelo si ritrova in posizione pressoché centrale rispetto alle due aree a maggior concentrazione di Posidonia di cui ai siti identificati come IT6000013 e IT6000014, i cui limiti rispetto alla costa sono di circa 1 km. Negli ultimi anni sono stati rilevati fenomeni di regressione e di diradamento della prateria le cui cause sono correlate alla pesca a strascico costiera, illegale in quanto condotta entro le tre miglia dalla costa, all'inquinamento delle acque, alla realizzazione di opere lungo la costa che possono causare l'erosione o il ricoprimento delle praterie.

Il secondo SIC, IT6040022, interessa la costa rocciosa tra Sperlonga e Gaeta. Ha un'estensione di circa 233 ha e un'altezza media di 71 m s.l.m. Si caratterizza per la presenza di rapaci rupicoli (*Falco peregrinus*) e specie vegetali rare o rarissime per il Lazio.

## 2. Cenni storici<sup>1</sup>

Fra le città dei Latini sul mare vi è Ostia, priva di porto a causa dei depositi alluvionali del Tevere, ingrossato da numerosi affluenti. Pertanto le navi, correndo pericolo, ormeggiano al largo, ma la prospettiva dell'utilità ha di certo il sopravvento: infatti il gran numero degli scafi minori che ricevono il carico e danno in cambio altre merci rende celere la partenza, prima di raggiungere il fiume oppure, alleggerite parzialmente del carico, le imbarcazioni entrano navigando nel Tevere e risalgono fino a Roma per 190 stadi...

---

<sup>1</sup> Strabone nel libro V di "Geografia"; traduzione dal greco di Anna Maria Biraschi nel testo pubblicato dalla RCS Rizzoli libri S.p.A. nel 2007 come sesta edizione.

Viene poi Anzium, città anch'essa priva di porto; sorge su un sito roccioso e dista da Ostia circa 560 stadi. Oggi essa offre a quelli che governano soggiorno per il loro tempo libero e sollievo dalle occupazioni politiche, allorché ne hanno l'opportunità: per questo nella città sono state costruite abitazioni lussuose, adatte a tali soggiorni. Precedentemente gli Anziati possedevano navi e partecipavano con i Tirreni ad atti di pirateria, sebbene fossero già soggetti ai romani...

Fra Ostia e Antium c'è Lavinium che possiede un santuario ad Afrodite comune a tutti i Latini.

Poi c'è Laurentum. Al di là di questa città c'è Ardea ... a 70 stadi dal mare...

A 290 stadi da Antium c'è il Monte Circeo, che sorge come un'isola sul mare e sulle paludi. Dicono anche che sia ricco di erbe, adattandolo così a quanto si racconta di Circe. Vi è un piccolo insediamento, un santuario di Circe e un altare di Atena; viene anche mostrata una tazza che, a quanto dicono, sarebbe appartenuta ad Odisseo. In mezzo c'è il fiume Stura e, all'imboccatura, un ancoraggio. Poi la costa è tutta esposta al vento di Libeccio e non presenta che un piccolo porto, al Circeo.

Nell'entroterra si trova la pianura Pomentina. Il territorio vicino era in origine abitato dagli Ausoni, che occupavano anche la Campania e, dopo, dagli Oschi, a questi apparteneva una parte della Campania, ma ora appartiene tutta al Lazio fino a Sinuessa.

Dopo il Circeo, a cento stadi, c'è Terracina, prima chiama Trachine per la sua reale configurazione. Di fronte ad essa c'è una grande palude formata da due fiumi: il maggiore si chiama Utente. Là per la prima volta la Via Appia, che va da Roma fino a Brentesion e che è la più percorsa,

raggiunge il mare: di queste città costiere essa non tocca che Terracina, successivamente Formiae, Minturnae, Sinuessa.

### 3. Studi precedenti

Un importante riferimento per la programmazione e la progettazione degli interventi sul litorale e per la manutenzione dello stesso è dato dagli studi precedenti<sup>2</sup>.

È stato infatti evidenziato come la stabilità del litorale ed in particolare della duna costiera abbia fortemente risentito dei grandi lavori di bonifica eseguiti nel corso della prima metà del secolo scorso, quindi della pressione esercitata dallo sviluppo del processo di urbanizzazione ed in fine dalle opere marittime realizzate lungo la costa ed in particolare delle scogliere e dei pennelli che sarebbero dovuti servire a proteggere e ad ampliare gli arenili mediante ripascimenti morbidi.

Nella sintesi dello studio morfologico vengono dettagliatamente elencate alcune importanti caratteristiche della dinamica evolutiva del tratto di costa compreso tra il promontorio del Circeo ed il porto di Terracina, che vengono di seguito riportate:

- *il tratto di costa è stato alimentato nei secoli scorsi essenzialmente dai corsi d'acqua che sfociavano lungo il litorale dopo un difficile percorso tra le piante acquitrinose dell'agro pontino;*
- *la realizzazione delle bonifiche, con la separazione delle acque basse da quelle medie e alte e la costruzione di traverse ed impianti di sollevamento ha reso difficile l'alimentazione delle spiagge dall'entroterra;*
- *lo sviluppo del tessuto urbano di S. Felice Circeo e Terracina ha completamente privato il litorale*

---

2 Alcuni anni fa è stato effettuato un approfondito studio morfologico e morfodinamico della costa compresa tra Capo Circeo e Monte S. Angelo dalle società "MODIMAR s.r.l." e "SEACON s.r.l." su commissione dell'Amministrazione Comunale di Terracina.

- dell'apparato dunale e retro duna-  
le che lo alimentava;
- il litorale è caratterizzato da un trasporto solido netto diretto verso Terracina (levante) a partire dalla foce di Rio Torto, mentre ad Ovest della stessa foce si individua un sia pur debole richiamo di sedimenti verso ponente;
  - il trasporto solido prima degli anni '60 assumeva valori dell'ordine dei 10.000-20.000 m<sup>3</sup>/anno con valori massimi a metà dell'arco di costa compreso tra Porto Badino e la foce del fiume Sisto;
  - nel periodo successivo anche a causa dei notevoli volumi di ripascimento il trasporto solido netto è aumentato raggiungendo valori massimi di 38.000 m<sup>3</sup>/anno a Porto Badino;
  - in prossimità di Terracina si determina una perdita verso gli alti fondali prospicienti il porto valutata attualmente pari a circa 10.000 m<sup>3</sup>/anno; la perdita risulta dello stesso valore anche prima del 1979, mentre dopo gli interventi degli anni '80 fino agli inizi del nuovo millennio si era ridotta a circa 4.000 m<sup>3</sup>/anno;
  - la mancata alimentazione naturale del litorale ha innescato fenomeni erosivi, a partire dalla foce del Rio Torto, che non sono stati fermati dalla realizzazione di scogliere a gettata che inseguivano il fenomeno erosivo;
  - i recenti massicci ripascimenti artificiali operati fra Terracina e la foce del fiume Sisto a partire dagli anni '80 hanno aumentato notevolmente il trasporto solido netto per la ridistribuzione naturale del sedimento, determinando una zona di inversione di flussi subito ad est della foce del fiume Sisto;
  - attualmente la zona ad ovest delle scogliere miste di S. Felice Circeo risulta pressoché sclerotizzata, la zona di circa 4,0 km a cavallo di foce Sisto risulta soggetta a fenomeni erosivi, mentre la zona più orientale fino a Porto Badino risulta in accrescimento;

- il litorale di Riviera Circe tra il Porto di Terracina e Porto Badino risultava in accrescimento fino agli inizi del nuovo millennio, a seguito della redistribuzione del sedimento versato artificialmente lungo tutta l'unità fisiografica, mentre attualmente presenta forti fenomeni erosivi lungo tutto il semi arco di costa più occidentale e particolarmente in prossimità di Porto Badino.

Nello studio morfodinamico viene confermato che il trasporto solido litoraneo, nel tratto di costa tra Capo Circeo e Terracina, è quasi sempre diretto verso Terracina; il risultato del calcolo stima in circa 34.000 mc/anno il valore massimo del trasporto solido netto a circa 500 m a Ovest del fiume Portatore (Porto Badino) e a circa 31.000 mc/anno il valore massimo del trasporto solido netto a circa 600 m a Est del fiume Portatore; in prossimità di Terracina si determina una perdita verso gli alti fondali prospicienti il porto valutata attualmente pari a circa 10.000 m<sup>3</sup>/anno.

#### 4. Modelli di calcolo per la valutazione della idrodinamica sottocosta

Per la valutazione della idrodinamica costiera si è implementato un modello di calcolo numerico appositamente studiato in questa occasione.

Dopo aver suddiviso il settore di traversia in tre subsettori (da 110°N a 150°N; da 160° a 200°N; da 210°N a 240°N) sono state considerate le tre direzioni bisettrici di ciascuno di essi..Per il calcolo delle celerità del moto ondoso, e quindi della radiation stress, si è adoperato un modello bidimensionale, alle differenze finite, basato sul principio di conservazione dell'azione d'onda (capace di analizzare pienamente il fenomeno della rifrazione), che tiene conto anche del frangimento e di fenomeni di dissipazione dell'energia. I dati di input sull'altezza media d'onda in relazione alla direzione di provenienza sono

Dir [°N]	H [m]	Durata [mesi]	Altezza media relativa al setto in oggetto		Durata totale degli eventi compresi nel setto in oggetto		Coefficiente $D_{tot}^* \times$ $H_{med}^*$
			Hmed [m]	Hmed* (Hmed/H)	Dtot [mesi]	Dtot* (Dtot/ $\Sigma$ Dtot)	
110	1.21	0.17					
120	1.74	0.37					
<b>130</b>	<b>1.88</b>	<b>0.14</b>	1.769684	0.941321	0.95	0.19833	0.186692
140	1.95	0.13					
150	2.25	0.14					
160	2.23	0.14					
170	2.2	0.15					
<b>180</b>	<b>2.29</b>	<b>0.2</b>	2.361682	1.031302	1.07	0.223382	0.230374
190	2.46	0.29					
200	2.46	0.29					
210	0.66	0.36					
220	2.62	0.83					
<b>230</b>	<b>1.74</b>	<b>1.51</b>	1.83426	1.054172	2.77	0.578288	0.609615
240	0.59	0.07					

stati tratti dallo studio morfodinamico in "MODIMAR & SEACON, ..." dove sono riportate le statistiche degli eventi ondosi al largo (Tabella I). Per determinare le velocità delle correnti si è adoperato un modello bidimensionale alle differenze finite che tenga conto del campo di radiation stress generato dalla propagazione delle

onde, determinando la media integrale della velocità lungo la verticale. Si è ipotizzata per il fondale una scabrezza costante tipica di un fondale sabbioso ed un profilo verticale di velocità parabolico. Volendo analizzare le sole velocità lungo costa, si sono poste al contorno del dominio di calcolo condizioni di flusso nullo.

Tabella 1. Statistiche degli eventi ondosi al largo.

Figura 3a. Intensità delle correnti litoranee. Inversione ad ovest di Terracina. Carta generale - onde da 130°.





Figura 3b. Intensità delle correnti litoranee. Inversione a ovest di Terracina. Particolare di Figura 3a – onde da 130°.

È da precisare inoltre che in questo caso, vista la forte irregolarità della costa nei pressi di Terracina, un modello monodimensionale del trasporto di sedimenti non sarebbe stato idoneo ad analizzare correttamente i fenomeni idrodinamici. Infine per il calcolo del flusso medio durante l'anno si è provveduto ad effettuare una media pesata tra i campi di velocità generati dal moto ondoso proveniente dalle tre direzioni considerate corretti in modo da considerare nella media anche l'effetto degli eventi ondosi da direzioni non analizzate, tramite co-

efficienti idonei a tener conto delle diverse altezze d'onda (coefficienti correttivi  $H_{med}^*$ ) e delle durate degli eventi (pesi della media  $D_{tot}^*$ ). Sono evidenziati i dati dei fenomeni ondosi analizzati nelle simulazioni. Lo spazio non consente di entrare in maggiori dettagli.

### 5. Risultati della simulazione tra Capo Circeo e Gaeta

Fenomeni di correnti dirette verso largo si notano in corrispondenza

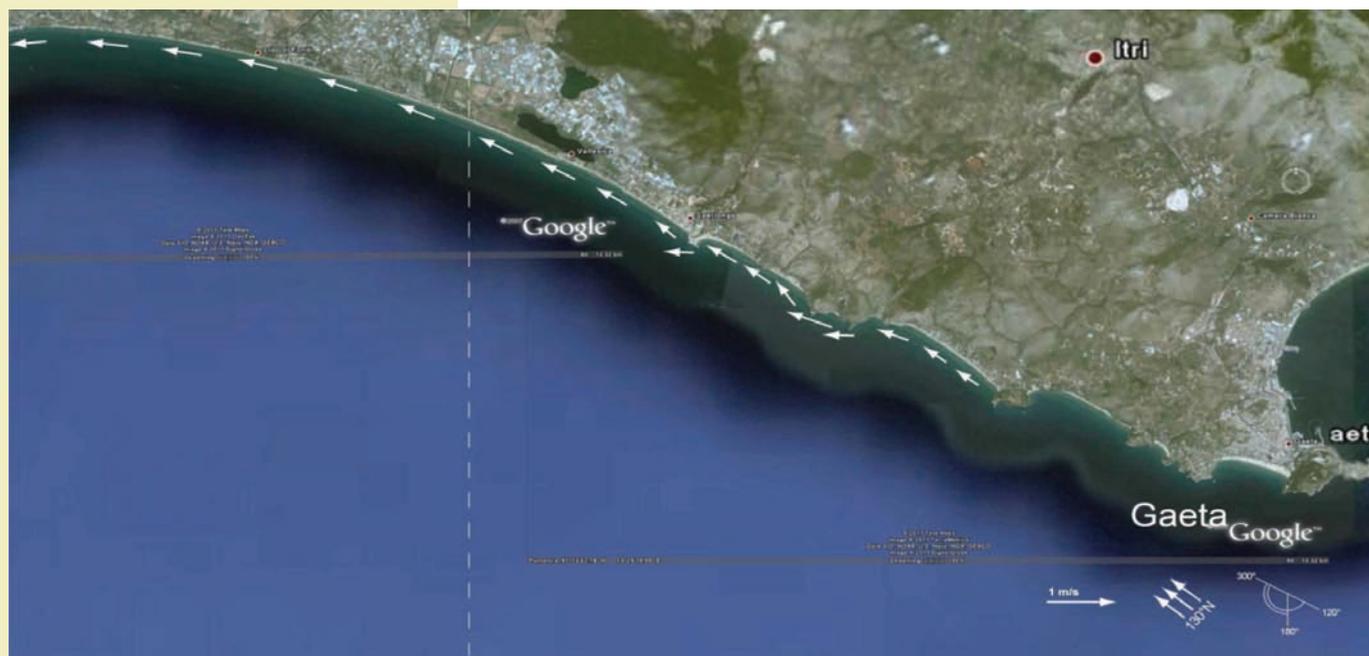


Figura 3c. Risultati del modello di trasporto litoraneo. Particolare di Figura 3a – onde da 130°.



delle scogliere a nord-est di Capo Circeo la cui conformazione e distribuzione se da un lato ha permesso di ben conservare le sabbie intrappolate o riversate per ripascimento, per contro, a causa della eccessiva sporgenza rispetto alla linea naturale di costa e per il loro andamento tendente a deviare verso il largo il flusso, hanno a hanno favorito, insieme ad altre cause, il processo di erosione lungo il tratto di costa immediatamente successivo fino alla foce del fiume Sisto.

Per definire gli interventi da adottare in questo tratto di costa per ridurre l'erosione è necessario approfondire

lo studio idrodinamico locale, giacché opere in avanzamento su tale tratto di costa, anche se di modeste dimensioni, potrebbero avere effetti negativi sul tratto di costa successivo, già in avanzato stato di erosione, immediatamente a Est della foce del fiume Sisto, per alcuni chilometri.

I lunghi pennelli parzialmente soffolti a Est della foce del fiume Sisto, eccessivamente pronunciati rispetto alla linea di costa, si sono dimostrati inadeguati a fronteggiare l'erosione, mentre i piccoli pennelli a Ovest del Fiume sito si sono dimostrati più efficaci.

Un forte arretramento dell'arenile si nota immediatamente ad Est della

Figura 4a. Risultati del modello di trasporto litoraneo. Inversione ad est e ad ovest di Terracina. Carta generale – onde da 180°.

Figura 4b. Intensità delle correnti litoranee. Inversione a est e ad ovest di Terracina. Particolare di Figura 4a – onde da 180°.





Figura 4c. Intensità delle correnti litoranee. Particolare di Figura 4a – onde da 180°.

foce del Fiume Portatore, che si protrae per diverse centinaia di metri verso Terracina.

Tale intenso processo di erosione deriva sostanzialmente dal gioco delle correnti che si genera naturalmente in prossimità della foce del fiume, dove si registra per l'appunto una zona di inversione con fenomeni tra Scirocco e Mezzogiorno con forti flussi diretti verso il largo, in combinazione con gli effetti determinanti dalla conformazione dell'asta del canale e dal flusso in uscita da esso. Inoltre, con moto ondoso da mezzogiorno, si registra una seconda zona d'inversione nei pressi del litorale di Fondi.

Con fenomeni ondosi da Libeccio il flusso è generalmente diretto verso est nel tratto di costa compreso tra Terracina e Capo Circeo, mentre si registra un'inversione del senso di percorrenza nel restante tratto di costa.

Da quanto detto emerge che per contenere il fenomeno dell'erosione lungo il litorale di Terracina è necessario ricorrere ad uno studio e ad un progetto unitario tendente a rimodellare le aste dei canali Sisto e Portatore in modo da essere facilmente removibili, le cui dimensioni possano essere stabilizzate e accresciute, per potersi adattare ad eventuali modifiche dell'equilibrio

Figura 5a. Intensità delle correnti litoranee. Inversione ad ovest di Sperlonga. Carta generale – onde da 230°.





idraulico e morfodinamico del litorale, allorché i risultati dei monitoraggi ne dimostrino la validità e l'efficienza; unitamente ad un'accurata campagna di rilevamenti per permettere di procedere allo studio progettuale con simulazioni aderenti alla realtà. Passando al litorale a sud inefficaci si sono altresì dimostrati i lunghi pennelli in scogliera, parzialmente soffolti, realizzati sul litorale di Fondi, tra Rio Freso e Canale, in località S. Antonio, ad Est di Monte S. Angelo, che sarebbero dovuti servire a contenere l'erosione generata dall'intenso flusso

che in tale tratto è orientato da Ovest verso Est con qualsiasi fenomeno tra Scirocco e Libeccio. Anche in questo caso le modifiche da apportare alle opere eseguite devono essere oggetto di approfondito studio locale, unitamente alle opere da realizzare presso il porto di Terracina per contenere il suo insabbiamento, senza compromettere l'ordinario andamento delle correnti e quindi del deflusso dei sedimenti. Per il resto lungo la costa alta tra Sperlonga e Gaeta, si notano fenomeni rilevanti di erosione permanente, men-

Figura 5b. Intensità delle correnti litoranee. Particolare di Figura 5a – onde da 230°.

Figura 5c. Intensità delle correnti litoranee. Inversione a ovest di Sperlonga. Particolare di Figura 5a – onde da 230°.





Figura 6. Intensità delle correnti litoranee medie tenendo conto di tutte le direzioni.

tre si evidenzia un grande accumulo di sabbia in corrispondenza del lato Est del promontorio di Sperlonga, dovuto evidentemente alle opere portuali lì realizzate.

Le profondità dei fondali in corrispondenza del promontorio di Gaeta sono tali da portare al pressoché totale disperdimento del flusso dei sedimenti in mare aperto, mentre la conformazione dei fondali in corrispondenza di Capo Circeo, unitamente alle opere marittime realizzate dall'uomo portano ad una forte riduzione del flusso dei sedimenti, che in buona parte appare disperso verso il largo.

Queste particolari condizioni di dispersione del flusso detritico in corrispondenza del Promontorio di Gaeta e di Capo Circeo permettono di definire con buona approssimazione il tratto di costa tra essi delimitato come una unità fisiografica.

Se analizzata in senso trasversale l'unità fisiografica comprende, a partire dal mare, una parte sommersa, la spiaggia e un cordone dunale costiero formato dall'accumulo lungo costa di particelle di origine biogenica tra-

sportate al mare via fiume e depositate dal vento.

Nella rada di Gaeta non si riscontrano significativi fenomeni di trasporto solido litoraneo longitudinale, per lo meno fin oltre il porto di Formia dove lungo la costa fino a monte d'Argento si riscontrano intensi fenomeni di erosione per contenere i quali sono state realizzate scogliere di protezione dal moto ondoso che è particolarmente intenso tra Scirocco e Mezzogiorno.

Nella rada di Gaeta il trasporto solido costiero così come le correnti è generalmente diretto da Est verso Ovest ed è alimentato principalmente dai fiumi Volturno e Garigliano.

Il flusso detritico tuttavia devia verso il largo a mano a mano che ci si sposta verso il promontorio di Gaeta. Intensi fenomeni di erosione si riscontrano lungo il lido di Gianola, tra il porto di Formia e Monte D'Argento, ove esistono scogliere di protezione dal moto ondoso.

*PS: Si ringrazia l'allievo De Mille per la collaborazione prestata.*

# TAVOLA ROTONDA "GESTIONE E MITIGAZIONE DEI RISCHI NATURALI"



Il giorno quattro maggio, davanti ad un attenta e interessata platea di Professionisti, si è tenuto presso l'aula Scipione Bobbio della Facoltà di Ingegneria, a conclusione del Corso sulla "Gestione e Mitigazione dei Rischi Naturali" una Tavola Rotonda con la partecipazione di noti studiosi del rischio idrogeologico e sismico.

Dopo i saluti delle Autorità accademiche, del Preside della Facoltà di Ingegneria, Prof. Ing. Pietro Salatino, del Prof. Ing. Massimo D'Apuzzo, Presidente del Polo delle Scienze e delle Tecnologie, del Prof. Ing. Francesco Pirozzi, Presidente del Corso di laurea in Ingegneria Ambiente e Territorio, del Prof. Ing. Claudio Mancuso, Direttore del Dipartimento di Ingegneria Idraulica Geotecnica ed Ambientale, del Sen. Vincenzo De Luca, segretario della Commissione Ambiente del Senato e dell'Ing. Luigi Vinci, Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli, ha introdotto il dibattito l'assessore ai LL.PP. della Regione Campania il Prof. Ing. Edoardo Cosenza che ha fatto una ampia, esauriente e puntuale relazione sugli impegni già intrapresi ed in corso di attuazione del suo assessorato in merito ai rischi Idrogeologici del Territorio Campano.

Successivamente con la sapiente regia del Prof. Ing. Giuseppe De Martino è iniziata la Tavola Rotonda con la partecipazione vivace e attenta di valenti Relatori quali il Dott. Flavio Cioffi, Commissario Arcadis della Regione Campania, del Prof. Geol. Roberto De Riso, del Prof. Gianfranco Urciuoli, del Prof. Ing. Luciano Picarelli e del Prof. Ing. Pasquale Versace e del Geol. Lucio Amato, Direttore Tecnico della Tecno In S.p.A.

È stato approfondito e dibattuto il tema della sicurezza del Territorio, del patrimonio edilizio e delle attività antropiche insediate nelle zone a rischio che rappresenta la sfida del terzo millennio per l'Ingegneria Civile ed Ambientale.

A conclusione della Tavola Rotonda il prof. Ing. Gianfranco Urciuoli, Coordinatore del Corso, ha sintetizzato affermando che poiché ovunque nel mondo ci sono terremoti, alluvioni e frane che mietono vittime ed infliggono danni incalcolabili che non sono più sostenibili, l'unico antidoto per contrastare tali fenomeni naturali resta solo e soltanto la prevenzione, cioè la messa in sicurezza del territorio mediante il suo uso razionale.

Sergio Burattini  
Ingegnere





# LINEE GUIDA PER IL PROGETTO PRELIMINARE DEL P.R.P. DI CASTELLAMMARE DI STABIA

## Biagina Di Benedetto

Architetto,  
funzionario Autorità Portuale di Napoli

## Carmine Raimondo Tesaurò

Ingegnere,  
funzionario Autorità Portuale di Napoli

## Nunzio Marrone

Ingegnere libero professionista

“ È stata ipotizzata una trasformazione dell'area del porto di Castellammare di Stabia destinata alla cantieristica, da sviluppare in due fasi ”

### Abstract

The context where is the Harbor Castellammare is a particular value in terms of environmental, landscape and culture. In fact it is situated in a strategic position between the Sorrento peninsula and the Vesuvius area, in direct connection with the facility of its Historic town center and the environmental system of Mountains Lattari. In 2006 that port was included within the jurisdiction of the Naples Port Authority. Its strategic location provides a central resource within the system of ports in the Gulf of Naples, and for the consistency of the existing port infrastructure. In fact, a further characteristic that distinguishes the port of Castellammare is the close relationship between the port facility and the historic city center, with some important both in terms of pre-existing economic and functional under the architectural and cultural heritage. As an important archaeological excavations of Stabiae, like the old architectural or Spa, Corderie, landscapes such as Mount Faito, make-up a heritage area of particular interest that leads us to consider the port of Castellammare as an intermodal hub strategy for coastal tourism. So, the proposed PRP has not been developed as a simple program of marine works and infrastructure, but as an articulate and complex process of planning and management, especially in relation to the territory in which they operate and to establish relationships, defining the scope

of action and effectiveness of PRP in relation to productivity, flexibility and sustainable development of a port. The intrinsic ability, now obscured by disuse, it passes first to the redefinition of shipbuilding there present, but in strong decline in production and orders. So, the preliminary design of the proposed PRP from these consciousnesses, to investigate, as part of plans and programs already in place and the harbor area, the possibilities and critical for a revival of the port, under a systemic plan of the port of Naples to be carried out in synergy with the port of Naples.

\* \* \*

Il porto di Castellammare di Stabia attualmente è dotato di un piano regolatore portuale risalente al 1961, ovviamente non più rispondente alle nuove norme in materia portuale definite dalla legge 84/1994 e, ormai non adeguato, non solo ai mutamenti già avvenuti nel tempo, ma soprattutto allo sviluppo dei traffici marittimi e delle relative funzioni portuali connesse che, nell'ambito di un mutato ruolo nazionale ed internazionale, i porti stanno assumendo. Tale porto nel 2006 è stato inserito all'interno della circoscrizione dell'Autorità Portuale di Napoli [1, 2].

Le soluzioni individuate per la proposta di PRP tengono conto dello stato di fatto del porto, delle sue trasfor-



Figura 1. Porto di Castellammare di Stabia.

mazioni storiche, del suo inscindibile rapporto con la città ed il territorio circostante, al fine di promuoverne uno sviluppo sostenibile all'intero del delicato sistema vesuviano costiero [2] (Figura 1).

Lo scalo stabiese per gran parte della sua conformazione attuale conserva l'impianto costruito nel 1723, che successivamente ampliato in epoca Borbonica per funzioni militari, divenne il secondo porto commerciale del regno. A questa epoca risale anche la costruzione del Cantiere Navale, che separava il porto mercantile dal porto militare (Figura 2).

Cessate le esigenze militari, tutto il bacino del porto militare fu completamente colmato e la nuova area, così ottenuta, andò ad ampliare l'esistente Cantiere Navale [2, 3].

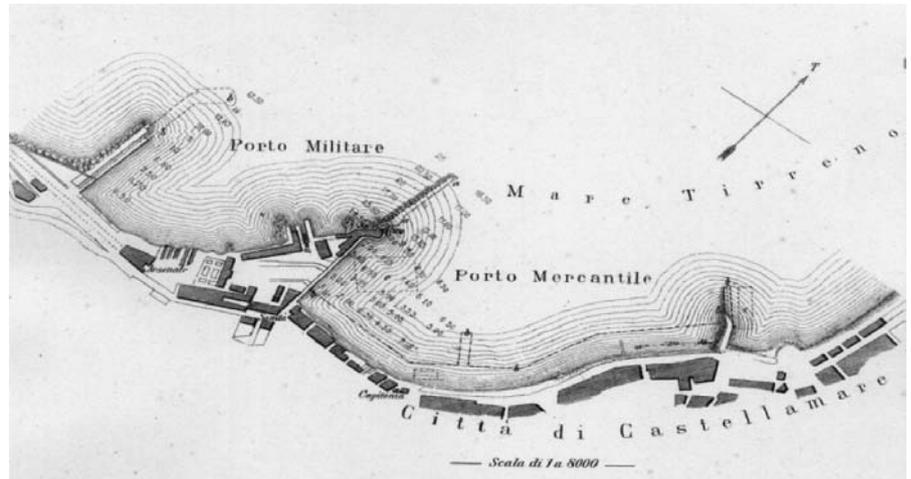
L'attività cantieristica è attualmente gestita dalla società Fincantieri, con notevoli difficoltà dettate sia dalla crisi europea che dal 2009 interessa il comparto della cantieristica, sia dalla presenza di uno scalo di varo di tipo tradizionale che peraltro condiziona in maniera significativa le altre attività portuali (Figura 3).

Fino a qualche decennio fa lo scalo era sede di notevoli traffici commerciali e turistici, quest'ultimi incentivati

anche dalla presenza delle sorgenti termali poste a poche centinaia di metri in linea d'aria dalla zona portuale. Invece, a partire dagli anni '80 si è verificata una progressiva perdita delle funzioni commerciali come scalo merci che ha portato alla dismissione delle attività dei Magazzini Generali e dei Monopoli di Stato, riguardanti il mercato del grano e del sale. Tale dismissione, all'origine delle gravi condizioni di degrado in cui versano gran parte dei manufatti e degli spazi di tale zona, ha determinato un notevole impatto ambientale in uno dei tratti più belli della costa vesuviana. La crisi dei traffici commerciali nel porto di Castellammare di Stabia è da imputare non soltanto alla generale crisi economica internazionale ma anche ad una scarsa competitività rispetto ad altri porti dovuta ad una inadeguatezza degli spazi disponibili per lo stoccaggio delle merci, ad una difficile accessibilità veicolare alle aree portuali, a notevoli inconvenienti ambientali che gli impianti (in special modo i silos granari) provocavano al retrostante centro cittadino [1, 4].

L'attività principale attualmente presente nel porto di Castellammare di Stabia è costituita dalla nautica da

Figura 2. Porto di Castellammare di Stabia nel 1700.



diporto, che attualmente conta circa 1.000 posti barca. Airo traffico presente è relativo alle Autostrade del Mare, dirette prevalentemente a Sorrento e all'isola di Capri. Esiste una residuale attività commerciale riguardante il trasporto di merce alla rinfusa e il rifornimento di acqua per le isole.

Il contesto territoriale in cui si inserisce il porto di Castellammare di Stabia è di particolare pregio dal punto di vista ambientale, paesaggistico e culturale. Infatti esso è situato in posizione strategica tra la Penisola Sorrentina e l'area vesuviana, in diretta connessione con l'impianto storico del suo centro abitato e il sistema ambientale dei Monti Lattari.

Per la sua posizione strategica costituisce una risorsa centrale all'interno del sistema dei porti del golfo di Napoli, anche per la consistenza delle infrastrutture portuali già esistenti. Inoltre, un'ulteriore peculiarità che contraddistingue il porto di Castellammare è la stretta relazione tra l'impianto portuale e il centro storico della città, con alcune preesistenze importanti sia sotto il profilo economico-funzionale che sotto quello architettonico-culturale. Importanti testimonianze archeologiche come gli scavi di Stabiae, architettoniche come le vecchie Terme o le Corderie, paesaggistiche come il Monte Faito, compongono un patrimonio territoriale di particolare interesse che induce a considerare il porto di

Castellammare di Stabia come nodo intermodale strategico per il turismo costiero [5-7, 13, 17, 19, 20].

In questo contesto l'elaborazione della proposta di PRP ha seguito una metodologia che ha accompagnato all'analisi ed alle scelte sempre una valutazione teorica, basata su verifiche continue sia degli assunti conoscitivi che delle scelte selezionate, prima di definire una soluzione progettuale, univoca ma ben calibrata, seguendo attentamente sia le norme specifiche della legge 84/1994 (in particolare dell'art. 5) e sia le successive "Linee guida" del 2004 [8].

Pertanto, la proposta di PRP non è stata elaborata come semplice programma di opere marittime e infrastrutturali, ma come un articolato e complesso processo di pianificazione e gestione, soprattutto in rapporto al territorio in cui operano ed alle relazioni che instaurano, definendo l'ambito di azione e di efficacia del PRP rispetto alla produttività, flessibilità e sviluppo sostenibile di un porto [2, 9-12].

Il problema che si è posto non è stato tanto quello di un porto in piena attività bisognoso di aree ed infrastrutture per la sua espansione ed il suo sviluppo, ma di un porto, oggi, sottoutilizzato, con commistioni d'uso, ma con grandi potenzialità per svolgere un ruolo significativo ed importante nel sistema del golfo di Napoli [14, 15]. Questa capacità intrinseca, oggi offuscata dal disuso, passa innanzitutto per la ridefinizione dell'attività



Figura 3. Cantieri Navali della Fincantieri.

cantieristica ivi presente ma in forte calo produttivo e di commesse. Dalla possibilità di ridare nuova produttività a questa antica, consolidata e consistente attività (anche sotto il profilo occupazionale), anche attraverso riconversioni o diversificazioni produttive, orientate prevalentemente verso il comparto delle riparazioni navali, passa gran parte delle possibilità di rilancio del porto, insieme alla localizzazione di nuove funzioni.

Dunque, il progetto preliminare di PRP proposto parte da queste consapevolezze, per indagare, nell'ambito dei piani e dei programmi già in atto sul porto e nell'area, le possibilità e le criticità per un rilancio dello scalo, nell'ambito di un piano sistemico dei porti napoletani, da svolgere in sinergia con il porto di Napoli [16, 18].

I contenuti della proposta di PRP sono sinteticamente di seguito individuati:

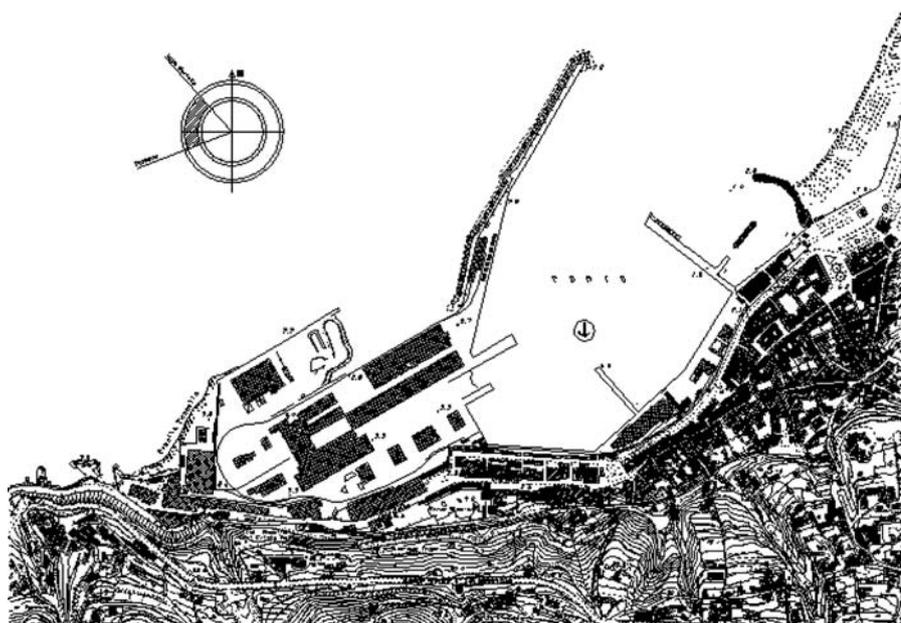


Figura 4. Stato attuale del porto di Castellammare di Stabia.

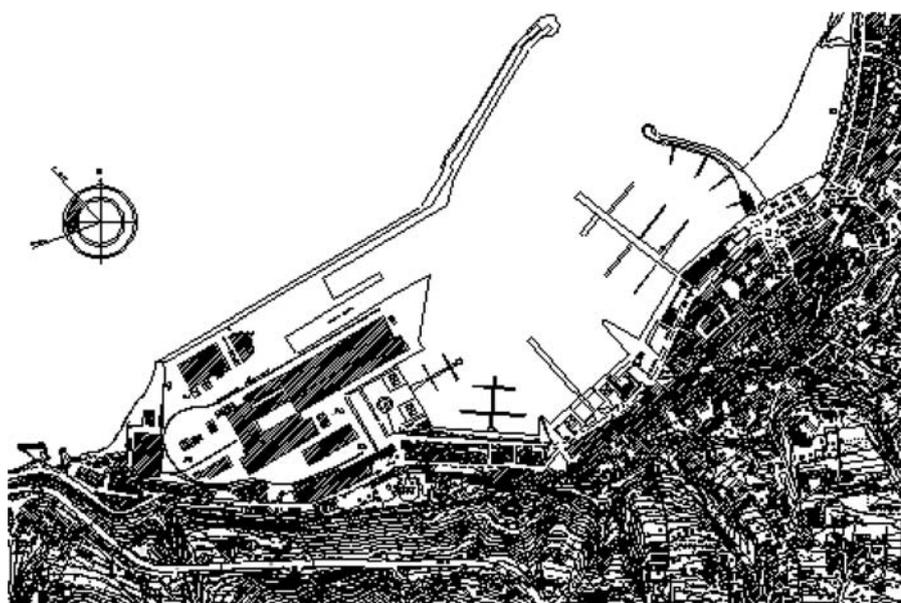


Figura 5. Esempio di layout del porto di Castellammare di Stabia.



- 11) ridefinizione dei margini del porto verso la città anche con soluzioni di continuità e di interconnessione tra città e mare, definendo una soluzione dell'intero waterfront;
- 12) potenziamento e connessione del sistema infrastrutturale mare-ferro-gomma, a cominciare da un più adeguato sistema di accesso della viabilità e dal riutilizzo del sistema su ferro già esistente per connessioni di tipo metropolitano.

Nelle Figure 4 e 5 vengono mostrate rispettivamente, la planimetria dello stato attuale del porto di Castellammare di Stabia (Figura 4) e la planimetria di un esempio di ipotesi di layout del porto di Castellammare di Stabia (Figura 5).

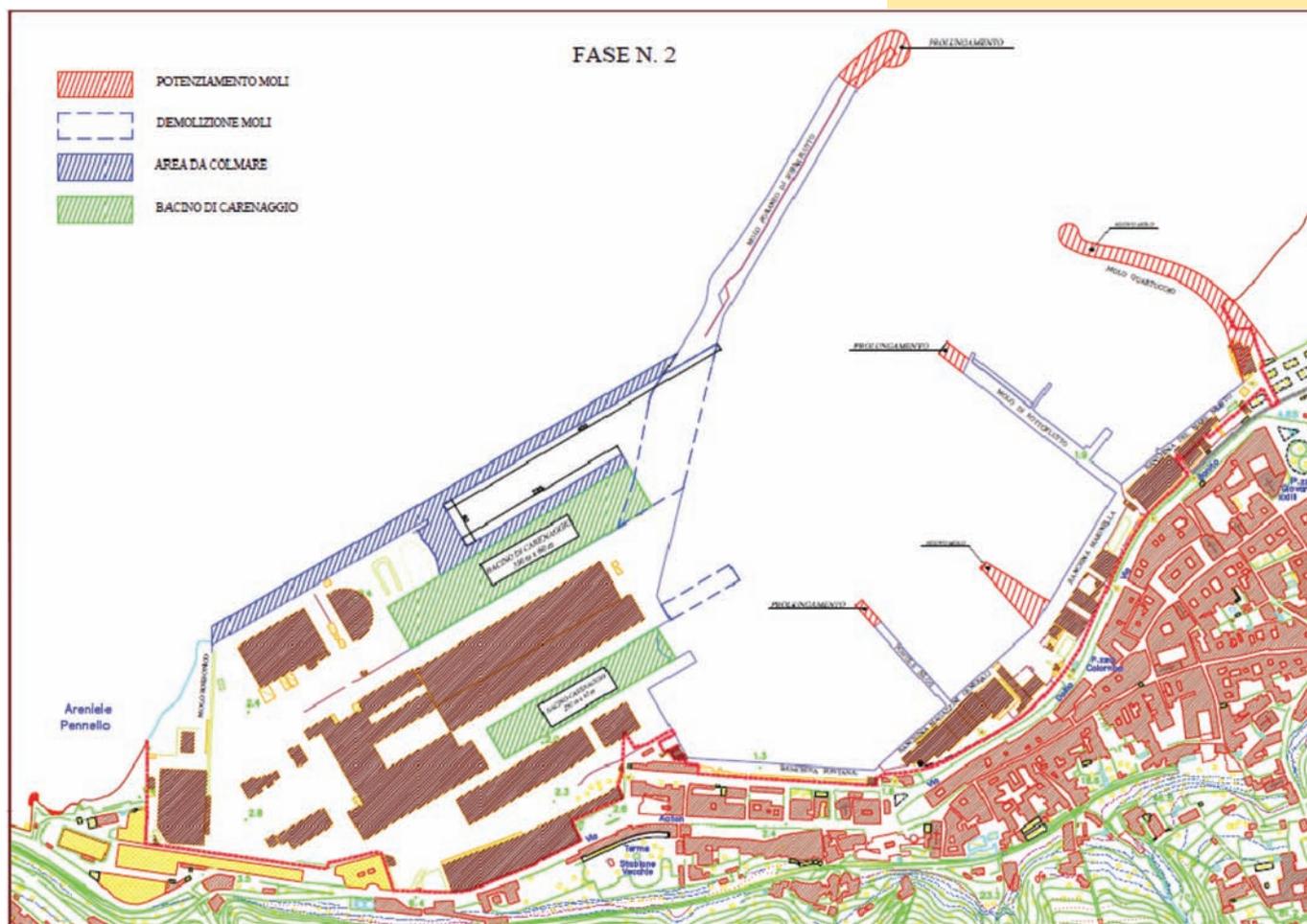
Nelle planimetrie allegata è stata ipotizzata una trasformazione dell'area

del porto di Castellammare di Stabia destinata alla cantieristica, da sviluppare in due fasi.

Nella prima fase (Figura 6), al fine di non pregiudicare l'attuale operatività del cantiere, verrà lasciato inalterato lo scalo di alaggio presente. Nel contempo, all'interno del bacino portuale, saranno realizzati un nuovo bacino di dimensioni 350 m x 60 m, da destinare principalmente alla riparazione di grandi imbarcazioni, e una nuova banchina di allestimento di lunghezza pari a 400 metri. Tale intervento prevede anche la parziale demolizione del molo foraneo.

Nella seconda fase (Figura 7), si opererà una trasformazione del predetto scalo di alaggio, che sarà sostituito da un bacino di dimensioni 250 m x 45 m, da destinato essenzialmente alla costruzione di nuove imbarcazioni.

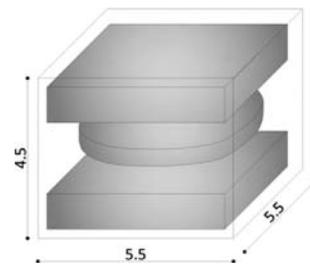
Figura 7. Fase n. 2.



## Bibliografia

1. LOGICA Campania (Regione Campania) (2004), *"Studio di Fattibilità sul porto di Castellammare di Stabia"*;
2. DOS – *"Documento Operazione Strategica-Città di Castellammare di Stabia (2008)"*;
3. Regione Campania, Comune di Castellammare di Stabia, Autorità Portuale di Napoli, Fincantieri (2008), *"Piano di interventi per l'ulteriore sviluppo dei cantieri navali di Castellammare di Stabia"*;
4. Regione Campania, Comune di Castellammare di Stabia, Autorità Portuale di Napoli (2006), *"Protocollo di intesa sottoscritto per il rilancio dello scalo stabiese"*;
5. Regione Campania – Assessorato ai Trasporti (2002), *"Linee programmatiche per lo sviluppo integrato della portualità turistica"*;
6. Regione Campania (2005), *"Ipotesi per il nuovo polo crocieristico di Castellammare di Stabia"*;
7. Autorità Portuale di Napoli, Comune di Castellammare di Stabia, Capitaneria di Porto di Castellammare di Stabia, Agenti Marittimi (8.10.2008), *"Workshop sul settore crocieristico/diportistico dell'hinterland napoletano"*;
8. Consiglio Superiore Lavori Pubblici (2004), *"Linee guida per la redazione dei Piani Regolatori Portuali"*;
9. Edoardo Benassai (2009), *"Principi generali di impianto e di sviluppo portuale"*;
10. Edoardo Benassai (2006), *"La tradizione e l'innovazione delle dighe marittime"*;
11. Valerio Milani (2008), *"Idraulica Marittima"*;
12. Ugo Tomasicchio (1998), *"Manuale di Ingegneria portuale e marittima"*;
13. Leopoldo Franco, Renato Marconi (2003), *"Porti Turistici: guida alla progettazione e costruzione dei marina"*;
14. Autorità Portuale di Napoli, Città di Castellammare di Stabia, Soprintendenza B.A.P. e P.S.A.E. di Napoli e Provincia, Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Campania, (16.09.2009), *"Protocollo d'intesa per l'attuazione e l'elaborazione degli interventi inseriti nel Programma Integrato Urbano del Comune di Castellammare di Stabia nell'ambito della gestione dei fondi strutturali dell'asse VI PO FESR 2007/12 Obiettivo Operativo 6.1"*;
15. Autorità Portuale di Napoli (2008), *"Progetto sul distretto nautico torrese-stabiese riguardante interventi infrastrutturali per la nautica e la cantieristica"*;
16. Autorità Portuale di Napoli (2009), *"Linee guida per lo sviluppo del porto di Castellammare di Stabia"*;
17. Programma operativo interregionale POIn – FESR (Programmazione 2007-2013), *"Turismo e Beni Culturali- La Baia di Napoli"*;
18. Regione Campania – Nucleo Valutazione e Verifica degli Investimenti Pubblici (NVIP), *"Elementi di Valutazione per i Grandi Progetti"*;
19. Piano Territoriale di Coordinamento Provincia di Napoli (2008), *"Parte III Disposizioni Programmatiche – Indirizzi Programmatici Operativi"*;
20. Regione Campania - Piano Territoriale Regionale (2003), *"Strumenti di Pianificazione Paesistica"*.

# SISTEMI INNOVATIVI MAGNETOELASTICI NEL CONTROLLO STRUTTURALE PASSIVO



*Il presente lavoro si inserisce nell'ambito dell'attività del gruppo di ricerca coordinato dal Prof. Ing. Mario Pasquino e dal Dott. Ing. Donato Cancellara relativo alle problematiche connesse alla vulnerabilità ed all'isolamento delle strutture in zona sismica,*

*Invero, l'intera attività di ricerca teorico-sperimentale è stata svolta con il particolare apporto del Prof. Luciano Lanotte, Ordinario di Fisica Generale, da tempo attento alla possibilità d'utilizzo di materiali innovativi per la realizzazione di dispositivi efficaci nella mitigazione degli effetti connessi alle vibrazioni di sistemi elastici.*

## Introduzione al controllo strutturale passivo

Nel mondo sono ormai più di 5.000 le strutture protette con l'isolamento sismico (dissipazione d'energia, "shock transmitter" e dispositivi in leghe a memoria di forma) ed il loro numero è in continua crescita. L'uso delle tecniche suddette è ovunque influenzato, in modo determinante, dalle caratteristiche della normativa applicata, oltre che dall'esperienza acquisita durante violenti terremoti. Per numero di strutture protette l'Italia è quinta, con 43 edifici isolati già completati in settembre 2006 (oltre a 47 protetti da altri moderni sistemi antisismici), ma il numero delle realizzazioni è cresciuto significativamente nell'ultimo lustro e, soprattutto, sono parecchie quelle ora in costruzione o in fase di progetto: ciò si deve in massima parte alla nuova normativa sismica.

L'uso delle moderne tecnologie ha permesso di pervenire ad un ventaglio di soluzioni sino a pochi decen-

ni fa impensabile, grazie ai significativi progressi compiuti nel campo della ricerca di materiali sempre più performanti. Molto spesso i dispositivi impiegati non sono dei meri dissipatori d'energia – che sfruttano l'isteresi plastica o di altri materiali – ma si basano sul controllo *attivo* delle vibrazioni: sono coadiuvati dalla presenza di sensori i quali, captate oscillazioni anomale o comunque al di là di un certo valore di soglia, innescano il funzionamento di un complesso di altri sistemi attuatori, capaci di produrre oscillazioni in opposizione di fase o di irrigidire localmente la struttura nei punti richiesti. Si intuisce che i campi di forza che devono generarsi nel controllo attivo necessitano, per funzionare, di energia *dall'esterno* e quindi in definitiva di costi aggiuntivi rispetto a quelli di progettazione e installazione. Non è questo il caso del controllo *passivo* delle vibrazioni, controllo che si esplica grazie alle modifiche addotte da appositi dispositivi a determinate caratteristi-

**Enrico Ricciardi**  
Dottorando di ricerca  
in Ingegneria delle Costruzioni  
Dipartimento di Ingegneria Strutturale  
Università degli Studi di Napoli Federico II

“ I magnetoelastici possono essere utilmente utilizzati anche in ambito monumentale, al fine di isolare opere d'arte di particolare pregio esposte, ad esempio, all'interno di musei ”

che strutturali (rigidezza, smorzamento) senza l'ausilio di energie esterne. In particolare, il controllo strutturale passivo si sostanzia in tre diverse modalità applicative:

- a) Sistemi di Isolamento alla Base (BIS – Base Isolation System);
- b) Dissipazione Supplementare Passiva (PSD – Passive Supplemental Dumping);
- c) Masse Accordate:
  - c<sub>1</sub>) Smorzatori a Massa Accordata (TMD – Tuned Mass Dumpers)
  - c<sub>2</sub>) Smorzatori a Massa Liquida (LMD – Liquid Mass Dumpers)

### Modello teorico alla base degli innovativi dispositivi magnetoelastici

Gli innovativi dispositivi in materiale composito elastomagnetico oggetto di studio – ascrivibili alla categoria di cui al suddetto punto b), in virtù della loro considerevole capacità dissipativa – si prestano ad esser utilizzati nell'ambito della protezione sismica delle strutture, consentendo di affidare ad essi la principale aliquota di energia sismica di ingresso da dover dissipare, sgravando la struttura dall'intrinseca dissipazione legata alla sua deformazione plastica e quindi al suo danneggiamento. I dispositivi si pongono in luce con caratteristiche innovative: coniugano infatti elevati effetti dissipativi interni da attrito con la presenza di campi di forza che si modificano automaticamente, senza il bisogno di energia dall'esterno, determinando dissimmetrie tra la fase di compressione e quella di trazione e dissipando così l'energia assoluta associata ai modi vibrazionali armonici fondamentali, i più deleteri a causa del fenomeno della risonanza. In altre parole, i dispositivi si comportano da filtri, tali da modificare il segnale in ingresso (*forzante*) e ricondurlo ad una frequenza ben lontana da quelle dei modi principali di vibrazione della struttura.

### Principi di funzionamento di forze magnetiche permanenti nell'attenuazione delle vibrazioni

Si consideri il semplice caso di due magneti permanenti, a forma di parallelepipedo, posizionati con le facce aventi maggiore superficie su piani paralleli ed in opposizione di polarità (Figura 1). L'altro magnete sarà soggetto a una forza magnetica  $dF$  su ciascun suo proprio elementino infinitesimo di volume  $d\Sigma dx$ , forza esprimibile dalla relazione:

$$dF = \nabla(\mu \bullet B) = \frac{\partial}{\partial x}(\mu_x B_x) \mathbf{i} = \mu_x \frac{\partial B_x}{\partial x} \mathbf{i} = M_r d\Sigma dx \frac{\partial B_x}{\partial x} \mathbf{i} \quad (a)$$

in cui  $\mu$  è il momento di dipolo magnetico,  $\mathbf{i}$  è il versore dell'asse  $x_0$  e  $M_r$  è il valore di magnetizzazione residua del magnete permanente che è soggetto alla forza.

Operando il calcolo integrale si osserva, nel caso di specie, che la forza  $F_x$  risultante ha solo una componente scalare:

$$F_x = M_{rx} \int d\Sigma \frac{\partial B_x}{\partial x} dx = M_{rx} \Sigma \int_{x^*}^{x^*+d} \left( \frac{1}{\Sigma} \int_{\Sigma} \frac{\partial B_x}{\partial x} d\Sigma \right) dx \quad (b)$$

La quantità in parentesi tonda è il valor medio assunto da  $\partial B_x(x,y,z)/\partial x$  su una superficie eguale a  $\Sigma$  e parallela alle facce polarizzate dei magneti, ad una qualsivoglia distanza dal magnete inducente compresa tra  $x^*$  e  $x^*+d$ .

Nel seguito il valor medio su  $\Sigma$  della derivata parziale di  $B_x$  sarà indicato con la notazione  $\langle \partial B_x / \partial x \rangle_{\Sigma}$ . Il comportamento di  $\langle \partial B_x / \partial x \rangle_{\Sigma}$ , per qualsiasi asse  $x$  fissato, è stato calcolato attraverso una simulazione numerica, adattando il mo-

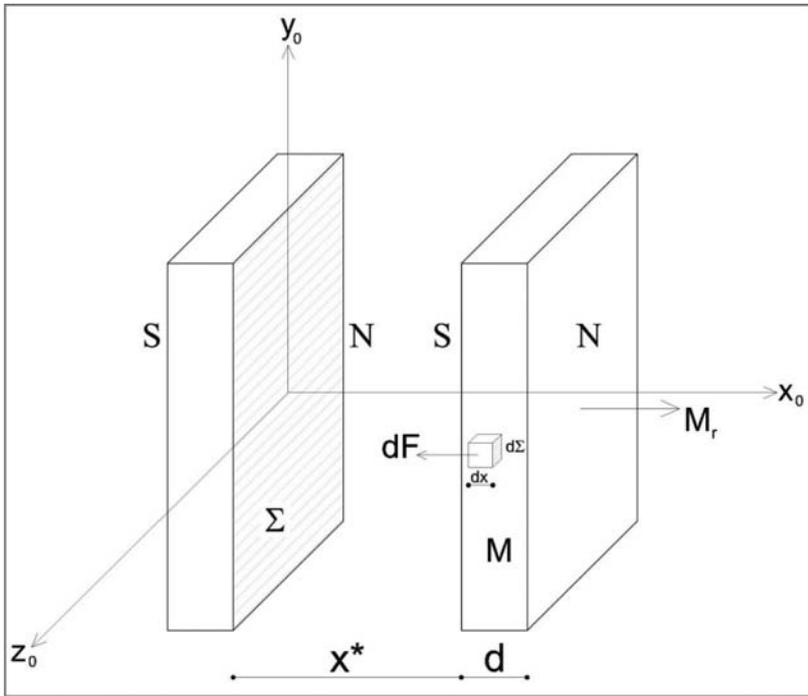


Figura 1. Magneti in attrazione.

dello computazionale in modo che i valori teorici soddisfacessero alle condizioni sperimentali al contorno ottenute per  $y = 0, \pm D/2$  e  $z = 0, \pm D/2$ .

Il comportamento semisperimentale di  $\langle \partial B_x / \partial x \rangle_\Sigma$  è mostrato in Figura 2: dalla curva ivi rappresentata è agevole ricavare la componente scalare della forza magnetica risultante  $F_x$ , seguendo l'equazione (b) e la definizione di  $\langle \partial B_x / \partial x \rangle_\Sigma$ :

$$F_x = -M_r \Sigma [\langle \partial B_x / \partial x \rangle_\Sigma (x^* + d) - \langle \partial B_x / \partial x \rangle_\Sigma (x^*)] \quad (c)$$

Tenendo conto del fatto che nelle condizioni sperimentali prese in esame, con  $d = 10 \text{ mm}$  e  $M_r = 2 \cdot 10^5 \text{ A/m}$ , la curva ottenuta è quella illustrata in Figura 3.

È evidente che quando i magneti sono posti a una distanza media di circa 40 mm, si prevede un comportamento quasi lineare dell'intensità delle forze ma-

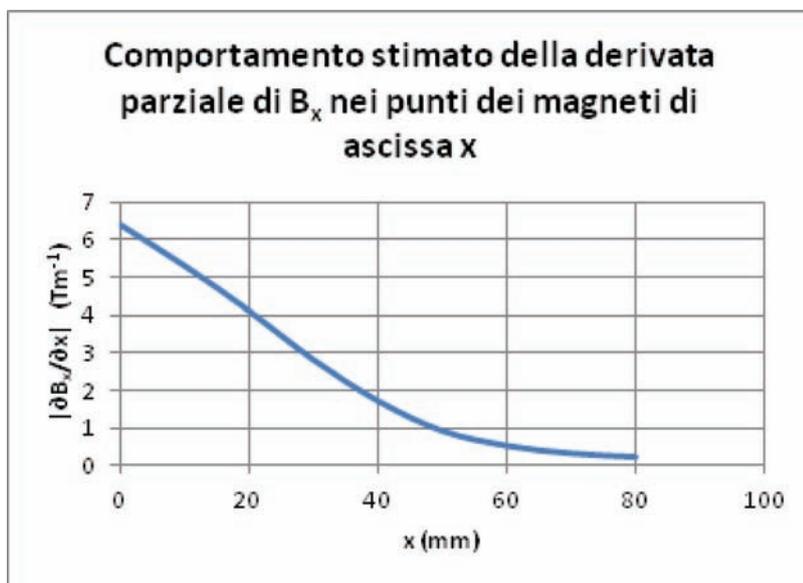
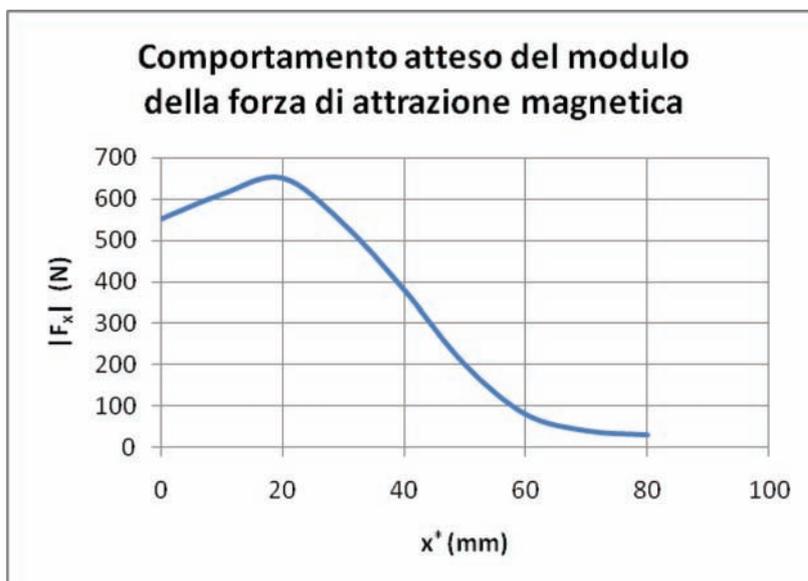


Figura 2. Andamento della derivata parziale di  $B_x$  rispetto ad  $x$ .

Figura 3. Andamento di  $|F_x|$  in funzione di  $x^*$ .



gnetiche: nella configurazione polare di Figura 1, l'attrazione tra i magneti aumenta al diminuire della loro mutua distanza.

Quando i magneti sono integrati in una struttura meccanica, la stessa azione normale a  $\Sigma$  produce una deformazione di compressione maggiore che in dilatazione. In altre parole, se la struttura è soggetta a una vibrazione capace di produrre un'oscillazione d'ampiezza  $\Delta x^*$  tra i magneti, questa oscillazione è più favorita nella fase di contrazione di quanto sia ostacolata in dilatazione: un comportamento *marcatamente asimmetrico*. Per ampiezze di oscillazione intorno ai 10 mm, l'azione asimmetrica dei magneti aumenta quasi linearmente con l'intensità dell'ampiezza.

I nuovi elementi attenuatori sono stati realizzati servendosi di magneti permanenti (parallelepipedi aventi base quadrata di lato 50 mm e altezza 10 mm), capaci di generare, alla distanza cui sono posti, campi magnetici di qualche decimo di Tesla; tra i due magneti permanenti, inoltre, è posto un disco di ferro dolce (cilindro retto a base circolare, diametro 50 mm e altezza 5 mm) onde rafforzare il campo reciproco stesso.

Concepiti in modo da amplificare l'effetto delle azioni magnetiche, i

dispositivi sono stati realizzati servendosi di magneti permanenti (parallelepipedi aventi base quadrata di lato 50 mm e altezza 10 mm), capaci di generare, alla distanza cui sono posti, campi magnetici di qualche decimo di Tesla; tra i due magneti permanenti, inoltre, è posto un disco di ferro dolce (cilindro retto a base circolare, diametro 50 mm e altezza 5 mm) onde rafforzare il campo reciproco stesso. Le parti magnetiche sono immerse in una matrice siliconica, sicché il dispositivo, in definitiva, si presenta come un prisma retto a base quadrata di lato 5.5 cm, e altezza 4.5 cm (Figura 4).

I magneti permanenti sostituiscono i componenti rigidi nei classici dissipatori a multistrato metallo rigido + lamine viscoelastiche: i campi asimmetrici ed auto-attivati dalle deformazioni che si introducono, sono dovuti a forze d'attrazione e repulsione magnetiche.

L'involucro in silicone è costituito per l'80% in volume da resina ESSIL 291 e per il restante 20% da un reticolante, il catalizzatore ESSIL 292. Dati i volumi coinvolti, si è previsto un tempo di presa e solidificazione di 48 ore.

La colata in fase liquida dei reagenti siliconici è stata effettuata in una piccola teca in *teflon* a pareti smontabili (Figure 5a e 5b) ancora-

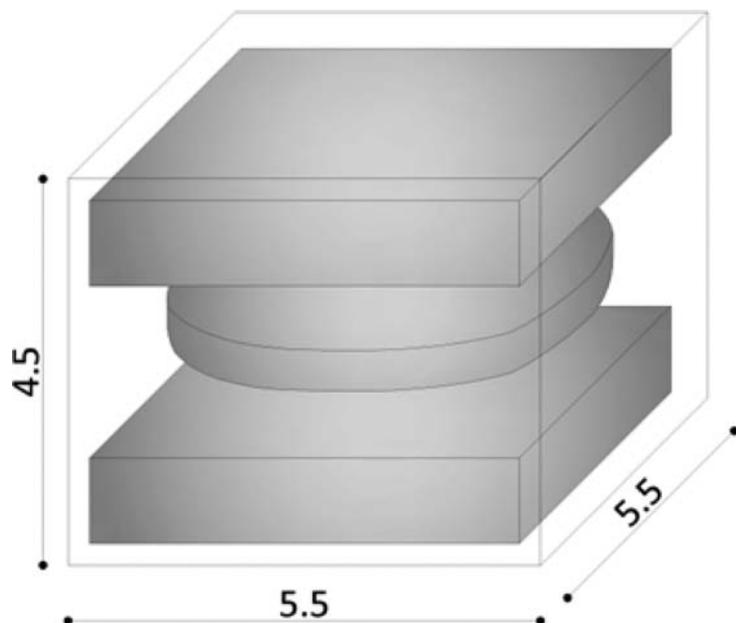


Figura 4. Caratteristiche dimensionali del dispositivo realizzato.

te le une alle altre a mezzo di viti, per favorire un agevole disarmo del prototipo.

I nuovi dispositivi arricchirebbero il ventaglio delle modalità di dissipazione energetica con caratteristiche innovative, *assenti* nei dispositivi attualmente in commercio (Figura 6).

- a) direttamente l'uno sull'altro;
- b) con l'interposizione di attenuatori in solo silicone;
- c) con l'interposizione di attenuatori compositi non magnetici;
- d) con l'interposizione di attenuatori compositi magnetici.

### Illustrazione dell'apparato sperimentale e finalità della sperimentazione

Il semplice sistema meccanico predefinito per l'indagine sperimentale (ved. Figura 7) risulta costituito da due mattoni pieni (dimensioni cm 5.5 x 12.0 x 25.0) di cui il sovrastante è la esemplificazione di un corpo pesante, quello sottostante rappresenta una struttura di base che trasmette (o riceve) le oscillazioni al (dal) corpo pesante.

L'impiego degli attenuatori è concepito, quindi, come mezzo di trasduzione tra i due corpi (struttura sovrastante e di base) delle oscillazioni che possono andare dall'alto verso il basamento o viceversa. Nella pratica sperimentale il sistema meccanico è stato provato in quattro distinte configurazioni, sovrapponendo i due mattoni:

### Configurazioni sperimentali oggetto di studio

Le componenti d'onda caratterizzanti un qualunque sisma sono essenzialmente due, le onde longitudinali e quelle sussultorie: una prima diversificazione delle tipologie delle prove, infatti, è quella che distingue la doppia possibile configurazione dello shaker, che può essere disposto, rispetto al piano di posa, ortogonalmente o parallelamente a questo, sottoponendo dunque il sistema alle due tipologie d'onda.

Assume importanza fondamentale la diversa disposizione che possono trovare il punto di rilevazione delle caratteristiche d'onda (i.e. il punto in cui è disposto l'accelerometro) e la modalità con cui lo shaker imprime l'oscillazione (per contatto puntuale col mattone superiore o con quello inferiore, a mezzo di un piatto su cui giace il sistema, o, ancora, servendosi di una

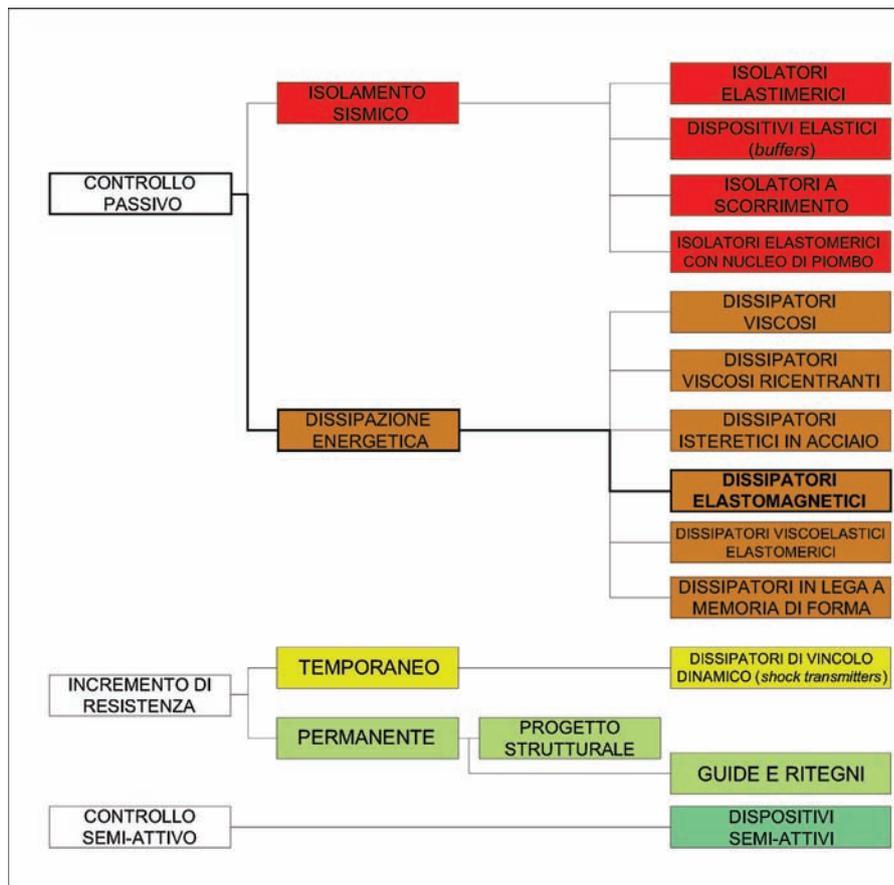


Figura 5a.



Figura 5b.

Figura 6. Quadro d'insieme.



molla), nonché se a costituire oggetto di studio sia la trasmissione delle sollecitazioni dal corpo costituente il basamento verso quello sorretto o viceversa.

Operativamente, le prove possono essere così raggruppate:

- a) prove a regime vibrazionale continuo longitudinale (Figure 8a e 8b);
- b) prove a regime vibrazionale continuo sussultorio (Figure 9a e 9b).

Ciascuna delle prove di cui ai due punti appena elencati, è stata effet-

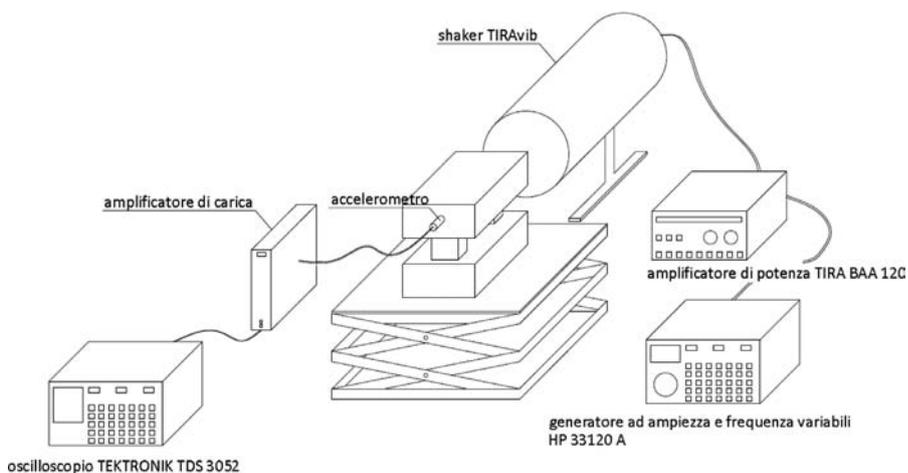


Figura 7. Apparato sperimentale.

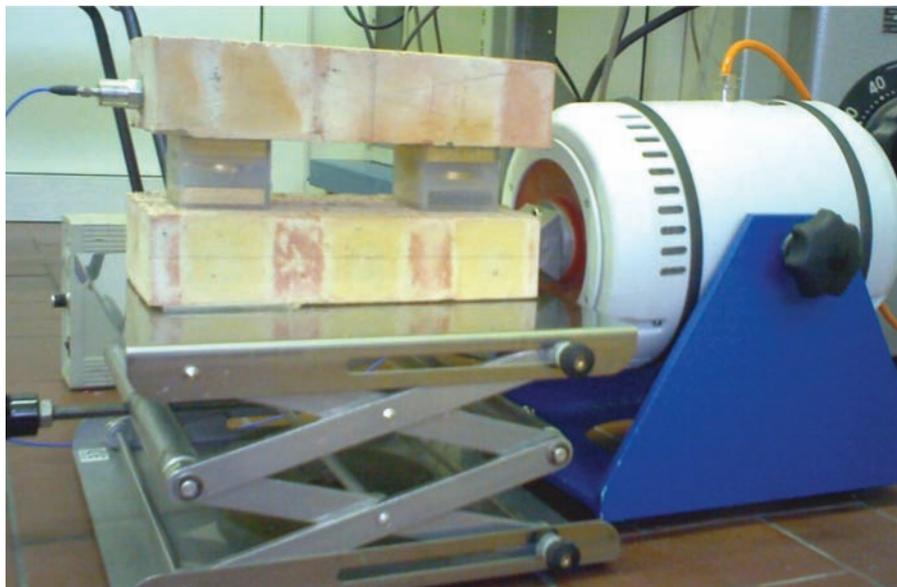


Figura 8a. Sollecitazioni longitudinali impresso al mattone di base.

tuata sollecitando il laterizio di basamento e registrando gli spostamenti del mattone sovrastante e viceversa (sollecitazione sul mattone sovrastante e rilevazione delle vibrazioni del mattone di basamento), in quattro diverse condizioni di trasduzione delle oscillazioni tra i due corpi del semplice sistema meccanico preso in esame:

- 1) assenza di qualunque attenuatore;
- 2) utilizzo di attenuatori interamente siliconici;
- 3) utilizzo di attenuatori compositi;
- 4) utilizzo di attenuatori compositi magnetici.

In totale, quindi, sono state studiate  $2(a,b) \times 4(1,2,3,4) = 8$  diverse configurazioni.



Figura 8b. Sollecitazioni longitudinali impresso al mattone superiore.



Figura 9a. Sollecitazioni sussultorie imprresse alla base.



Figura 9b. Sollecitazioni sussultorie imprresse al laterizio superiore.

### RISULTATI SPERIMENTALI PREMINENTI

#### Prove a regime vibrazionale longitudinale: sollecitazione imprpressa al mattone di base

In Figura 10a è riportato l'andamento delle ampiezze di oscillazione in funzione delle frequenza eccitanti. La massima ampiezza di oscillazione è ottenuta in assenza di attenuatori (55.80 mV a 11.00 Hz) e appaiono fortemente evidenti i decrementi dei valori del picco massimo di risonanza che si ottengono utilizzando attenuatori siliconici (38.40 mV a 11.00 Hz) o magnetici (47.10 mV a 11.00 Hz) cui corrispondono, quindi, abbattimenti dell'ampiezza di picco rispettivamente del 31.18% e del 15.59%. È evidente che la presenza di forze magnetiche di richiamo perfettamente simmetriche rispetto agli scorrimenti da taglio non comporti miglioramenti rilevanti rispetto al caso di utilizzo di attenuatori che sfruttino le soli frizioni interne per assorbire le vibrazioni nelle condizioni sperimentali di trasmissione delle oscillazioni ondulatorie orizzontali dal basamento al blocco sovrastante. La frequenza di

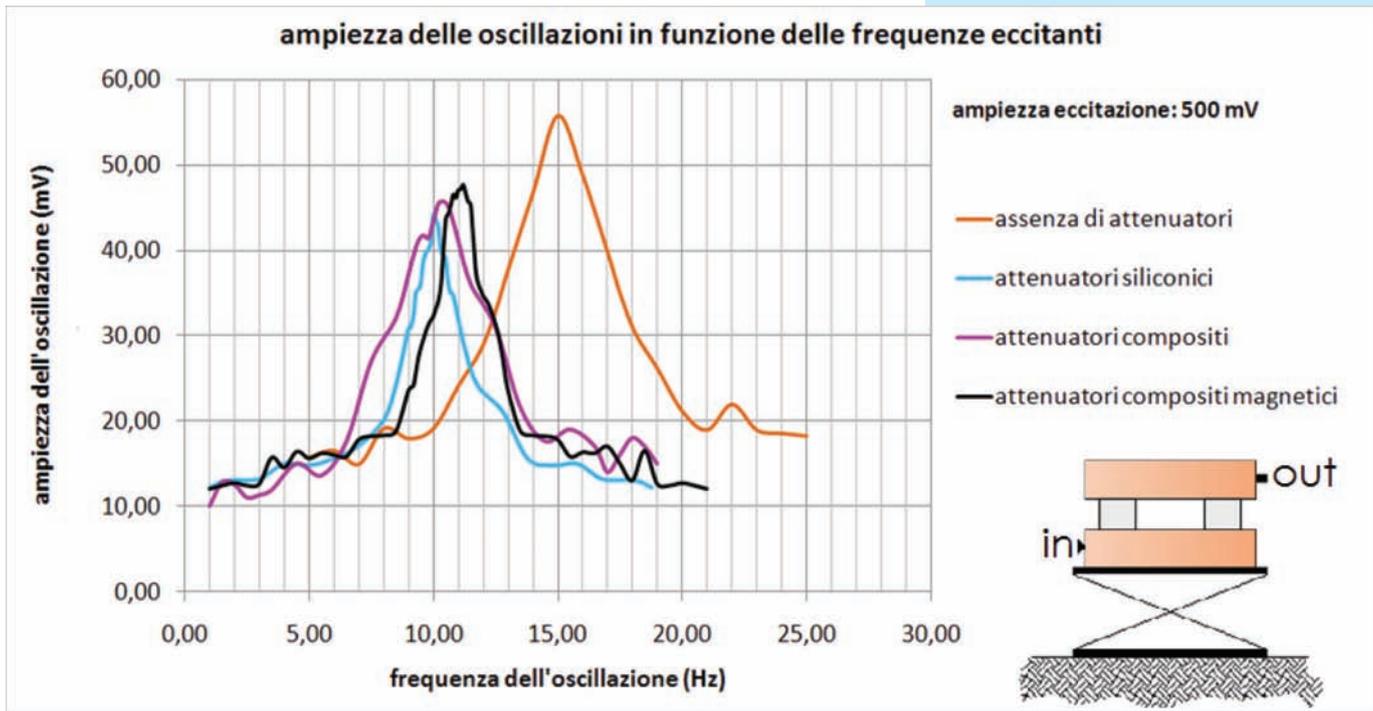
oscillazione spontanea è altrettanto (se non meglio) ridotta da attenuatori interamente siliconici o compositi, e valga lo stesso per l'ampiezza di vibrazione.

#### Prove a regime vibrazionale longitudinale: sollecitazione imprpressa al mattone superiore

L'andamento del diagramma ampiezza-frequenza è riportato in Figura 10b.

Le massime ampiezze sono raggiunte in assenza di attenuatori (39 mV) e con gli attenuatori compositi (38.8 mV) rispettivamente a 24.0 e 21.8 Hz: l'utilizzo degli attenuatori compositi ha soltanto traslato verso sinistra – e dunque verso frequenze più basse – il picco di massima ampiezza, senza ridurlo, portandolo tra l'altro, verso frequenze più vicine all'intervallo d'azione delle onde sismiche.

Con l'utilizzo degli attenuatori compositi magnetici i vantaggi appaiono molto significativi: allo scostamento verso frequenze più alte del picco di massima ampiezza d'oscillazione si accompagna, infatti, un marcato

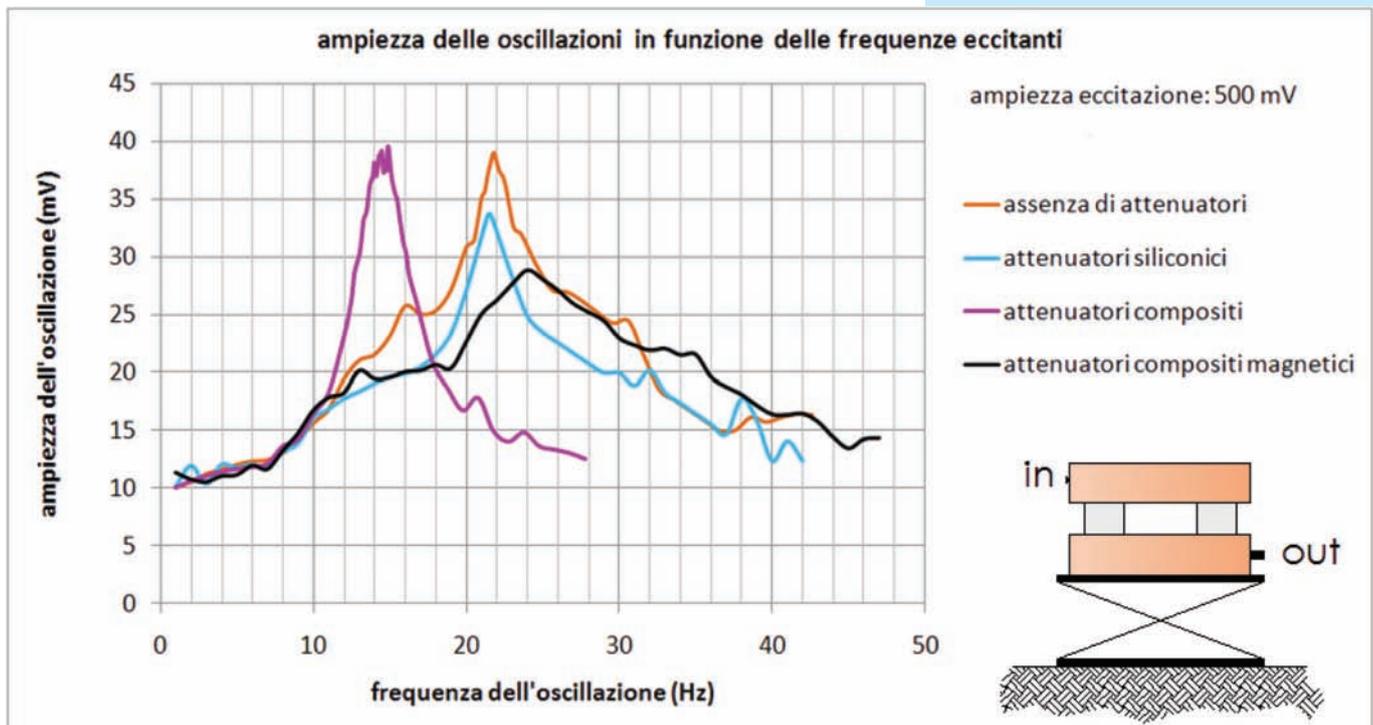


abbattimento del valore dell'ampiezza massima stessa, che cala da 39 mV a 28.9 mV (con un decremento del 26%). Nel caso, dunque, che la struttura sia soggetta a sollecitazioni di varia natura (vento, motori, etc.) le

onde orizzontali trasmesse alle strutture sorreggenti sono effettivamente attenuate dalle azioni magnetiche di richiamo, in misura maggiore che se si utilizzassero attenuatori basati sulle sole frizioni interne.

Figura 10a.

Figura 10b.



### Prove a regime vibrazionale sussultorio: sollecitazione impressa al mattone portante

Nel grafico riportato in Figura 10c è riportato l'andamento dell'ampiezza dell'oscillazione in funzione della frequenza sollecitante, nel caso di vibrazioni forzate impresse al laterizio portante. Si noti innanzitutto come siano quasi sovrapponibili del tutto le curve arancio e celeste (rispettivamente rappresentative dell'assenza di qualsiasi dispositivo di attenuazione e dell'uso di attenuatori puramente siliconici) e la profonda diversità dell'andamento delle curve nera e viola. Si osserva uno scostamento notevolissimo del picco di risonanza fondamentale (dagli 8.2 Hz e 7.8 Hz dei casi (a) e (b) ai 32.0 Hz e 38.0 Hz dei casi (c) e (d)), nonché un robusto abbattimento dell'ampiezza dell'oscillazione in corrispondenza del valore di picco medesimo, che dai 41.2 mV del caso (a) crolla al valore di 30.8 mV grazie all'utilizzo dei magnetoelastici, con un decremento del 25.3% (un decremento analogo a quello registrato in condizioni di studio della propagazione verso il mattone di base, delle onde longitudinali impresse al corpo pesante). Si noti, inoltre, come siano introdotti dall'attenuatore composito magnetico più modi vibrazionali, con una corrispondente redistribuzione delle energie ed abbattimento del modo fondamentale: questo effetto appare strettamente legato all'azione asimmetrica introdotta dalle forze di natura magnetica e già previste in principio.

### Prove a regime vibrazionale sussultorio: sollecitazione impressa al mattone superiore

Balza repentinamente all'occhio (Figura 10d) la grande distanza tra l'andamento della curva arancio, rappresentativa della trasmissione delle oscillazioni in assenza di attenuatori, e le altre tre curve, la azzurra, la viola e la nera, cui corrispon-

donò, invece, l'utilizzo ai attenuatori siliconici, compositi e magnetici rispettivamente. È evidente che l'utilizzo degli attenuatori dà profondo giovamento al sistema, e l'abbattimento delle oscillazioni è reso ancor più interessante se si sottolinea un aspetto: l'ampiezza dell'oscillazione eccitante. Si è detto in principio, infatti, che lo shaker è comandato a mezzo di un generatore ad ampiezza e frequenza variabili; nelle prove precedentemente analizzate, si è fissata l'ampiezza dell'oscillazione pari a 500 mV e si sono tracciati i diagrammi in cui sono riportate le ampiezze delle oscillazioni in funzione delle frequenze eccitanti.

### Possibilità applicative in campo strutturale

Una prima interessante possibilità applicativa è data dall'inserimento dei dispositivi elastomagnetici all'interno dei sistemi controventanti, secondo lo schema proposto, ad esempio, in Figura 11. In essa è schematicamente rappresentata una porzione d'un edificio intelaiato, relativamente al generico piano  $i$ -esimo, soggetto ai tagli di piano  $V_i$  e  $V_{i+1}$ . Il dispositivo è ricondotto al modello di Kelvin-Voigt, caratterizzato dalla rigidezza  $K$  e dal coefficiente di smorzamento  $\xi$ . Al fine di consentire un comportamento simmetrico della dissipazione energetica, ad opera degli elastomagnetici, nei due possibili versi relativamente alla direzione di giacitura delle travi di piano, vengono inseriti due dispositivi, a destra e a sinistra del nodo superiore o inferiore del controvento.

Gli elastomagnetici, inoltre, potrebbero essere utilmente impiegati nei giunti sismici tra due strutture contigue al fine di ridurre, se non di eliminare, gli effetti del *martellamento strutturale*. È particolarmente ricorrente, infatti, riscontrare l'inadeguatezza dei giunti sismici "classici" nelle verifiche agli stati limite, qualora si considerino le due strutture oscillanti in opposizione di fase.

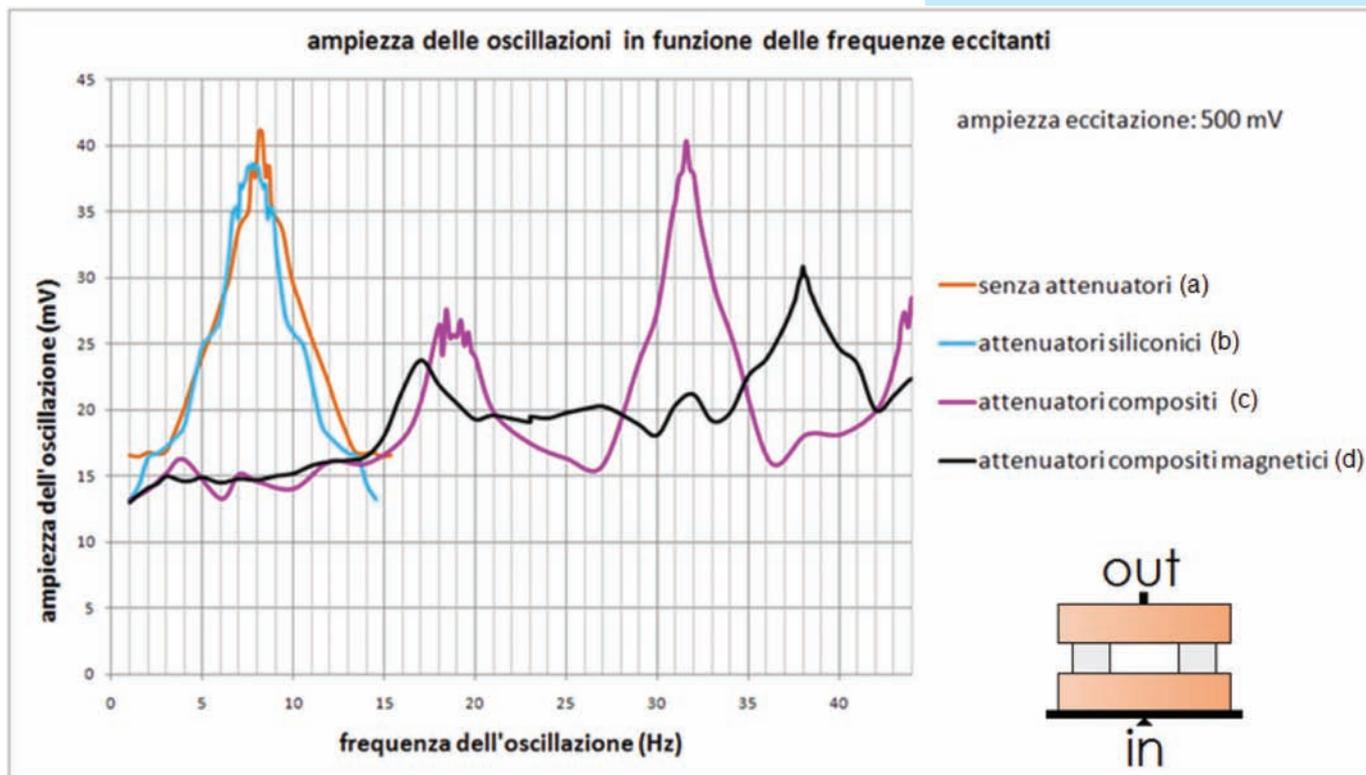


Figura 10c.

Figura 10d.

Il termine martellamento definisce l'urto che ha luogo tra due edifici posti a breve distanza nel corso dell'evento sismico. L'urto ripetuto dà luogo ad un danneggiamento locale.

In Figura 11 sono riportate due tipiche mutue posizioni in cui possono trovarsi due edifici contigui, interposti ad una distanza reciproca dell'ordine del mezzo metro, e caratterizzati

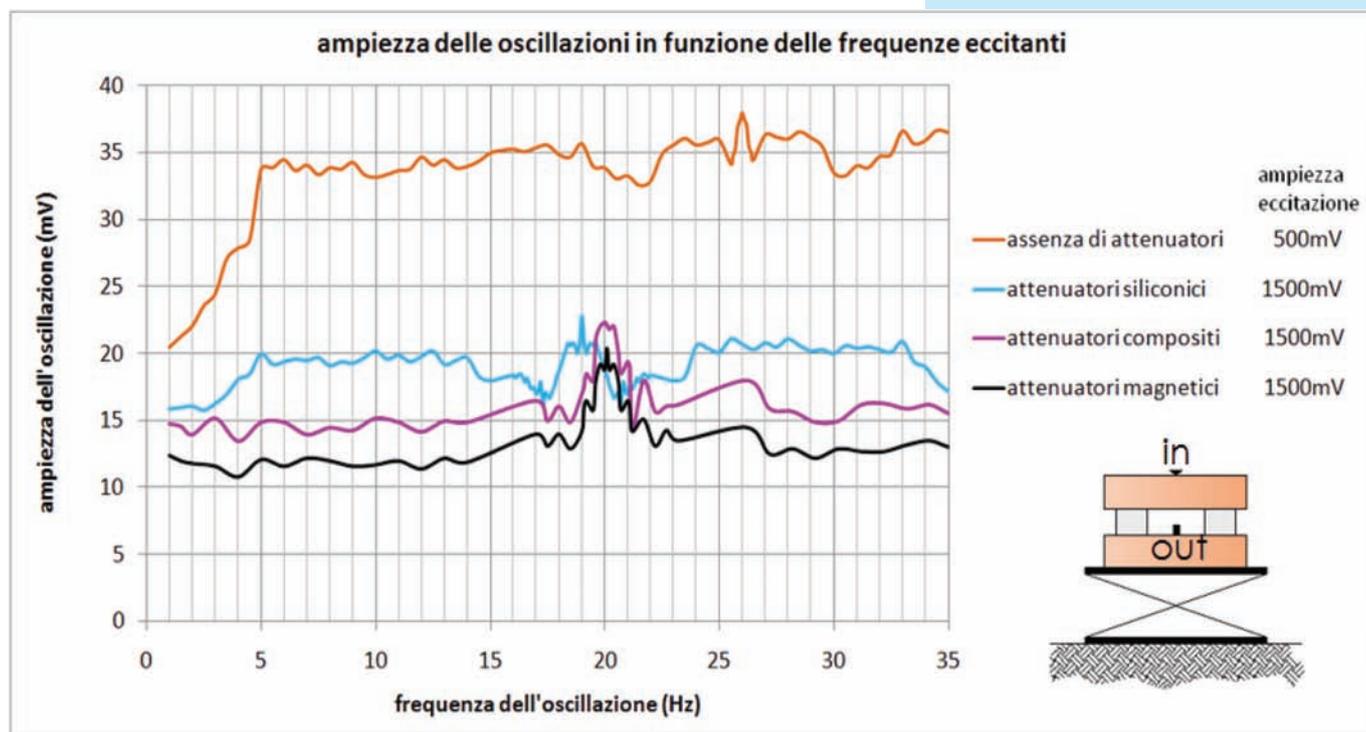
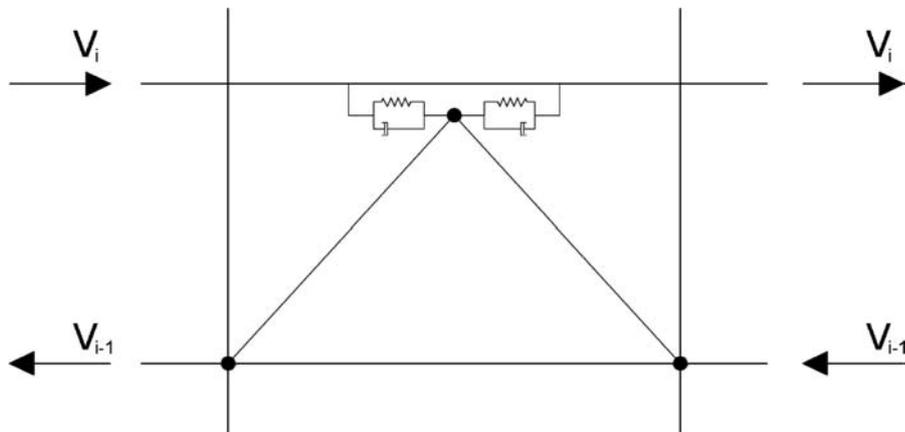


Figura 11. Schema di controvento.



da un diverso sviluppo in elevazione. Il caso evidentemente più ostico, sia pur non maggiormente frequente, è il 11a. I due edifici, infatti, non soltanto hanno una diversa altezza complessiva in valore assoluto, ma gli orizzontamenti sono sfalsati, sicché le travi di piano dell'uno si trovano ad una quota intermedia rispetto a quella delle omologhe dell'altro edificio. Le caratteristiche globali delle due strutture, pertanto, sono profondamente diverse; in particolare, i periodi di oscillazione sono sensibilmente diversi, e i due edifici tenderanno ad oscillare in *opposizione di fase*, così da innescarsi pericolosi fenomeni di martellamento strutturale: l'urto ripetuto dà luogo al danneggiamento localizzato delle parti a contatto, dando vita, inoltre, ad una coppia ribaltante marcatamente aggressiva verso le strutture perimetrali (cfr. Figura 13).

Ai fini di scongiurare i fortissimi danni che derivano dalle problematiche

appena descritte, già il D.M.LL.PP. 16.01.1996 (*Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*) stabiliva che "Nel caso in cui due edifici formino organismi distaccati, essi devono essere forniti di giunto tecnico di dimensione non minore di  $d(h) = h/100$  ove  $d(h)$  è la distanza fra due punti affacciati, posti alla quota  $h$  a partire dallo spiccato delle strutture in elevazione". Tale limitazione, tuttavia, non teneva conto in nessun modo delle caratteristiche sismiche del sito, introdotte dal più recente DM 14.01.2008, in cui "in ogni caso la distanza tra due punti che si fronteggiano non può essere inferiore ad  $1/100$  della quota dei punti considerati misurata a partire dal piano di fondazione, moltiplicata per  $a_g \cdot S/0.5/g \leq 1$ " (avendo indicato con  $a_g$  l'accelerazione al suolo, con  $S$  la categoria di sottosuolo e con  $g$  l'accelerazione di gravità); qualora non si eseguano calcoli specifici, lo spostamento massimo di una co-

Figura 12a.

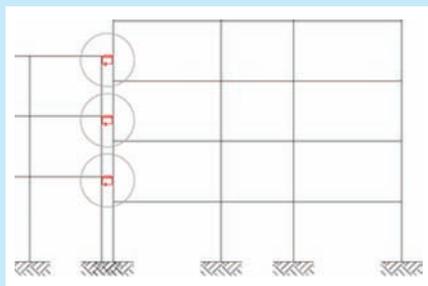


Figura 12b.

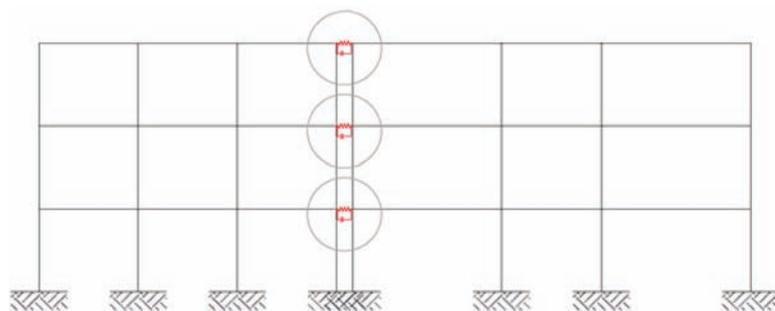




Figura 13. Danneggiamento in via XX Settembre, a L'Aquila, per inadeguatezza del giunto sismico.

struzione non isolata alla base, può essere stimato in  $1/100$  dell'altezza della costruzione, moltiplicata per  $a_g \cdot S/0.5/g$ .

Nelle zone sismiche è necessario valutare attentamente tutte le possibili azioni agenti, anche in funzione della tipologia e geometria della costruzione, e predisporre tutti gli accorgimenti necessari ad assicurarne il buon funzionamento. In presenza di eventi sismici, infatti, possono insorgere spostamenti asincroni delle fondazioni, qualora queste non fossero mutualmente collegate. Inoltre, la risposta sismica di costruzioni irregolari in pianta o in elevazione può essere agevolmente modificata inserendo giunti finalizzati a regolarizzare la struttura in pianta e limitare gli spostamenti orizzontali nelle zone d'angolo.

I magnetoelastici possono essere utilmente disposti, in numero elevato, proprio nel giunto sismico; la loro forma prismatica e la felice circostanza che li vedrebbe disposti in un'intercapedine già *naturalmente* confinante per le sue caratteristiche, renderebbero agevole ed economica la loro posa in opera.

Certamente da rimarcare, infine, la possibilità applicativa di tali dispositivi in ambito monumentale, al fine di isolare opere d'arte di particolare pregio esposte, ad esempio, all'interno di musei; in casi del genere, infatti, sebbene si disponga di una struttura adeguatamente progettata ai fini antisismici, non può dirsi a priori lo stesso per le opere al suo interno presenti, che necessitano, pertanto, di interventi mirati e puntuali.

## Bibliografia

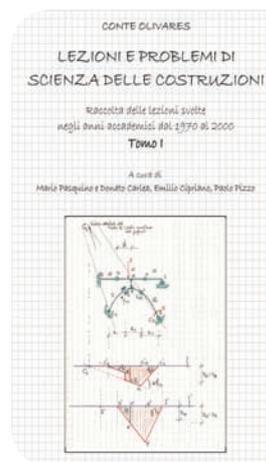
1. Giovanni Ausanio, Vincenzo Iannotti, Enrico Ricciardi, Luciano Lanotte, Cornelia Hison, Evangelos Hristoforou, Potentiality of a novel elastomagnetic attenuator for vibration control, *Sens. Actuators A: Phys* (2010).
2. G. Ausanio, A.C. Barone, V. Iannotti, C. Luponio Jr., L. Lanotte, Mechanical vibration sensor based on elastomagnetic composite, *Sens. Actuators A: Phys.* 129 (2006) 25-28.
3. G. Ausanio, C. Hison, C. Luponio Jr., V. Iannotti, L. Lanotte, A novel elastomagnetic composite for vibration attenuation, *J. Magn. Mater.* 316 (2007) e579-e582.
4. L. Lanotte, G. Ausanio, C. Hison, V. Iannotti, C. Luponio, C. Luponio Jr., State of the art and development trends of novel nanostructured elastomagnetic composites, *J. Optoelectron. Adv. Mater.* 6 (2004) 523-532.
5. G. Ausanio, C. Campana, C. Hison, V. Iannotti, L. Lanotte, Linearity of the direct elastomagnetic effect: evaluation and limits, *Smart Mater. Struct.* 16 (2007) 570-574.
6. D. Cancellara, M. Pasquino. "A case study of Performance Based Design according to EC8: Fixed-Base vs. Base-Isolated RC frame structures". *Ingegneria Sismica*, Anno XXVI, n.2, Patron editore, Bologna, 2009. (ISSN 0393-1420).
7. D. Cancellara, E. Brancati, M. Pasquino. "Sistemi di isolamento alla base per edifici in c.a. in presenza di irregolarità strutturale". *Ingegneri Napoli, Notiziario dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli*, n. 3, Maggio-Settembre 2009.
8. D. Cancellara, A. de Majo, M. Modano e M. Pasquino. "Prove sperimentali in situ per la caratterizzazione dinamica di una struttura e relativa sottostruttura con controllo sismico passivo". *Atti del XIX Congresso AIMETA, Associazione Italiana di Meccanica Teorica ed Applicata, Ancona, 14-17 Settembre 2009* (ISBN: 978-88-96378-08-3, CD-ROM).
9. D. Cancellara, M. Pasquino. "Edificio in c.a. con sistema di isolamento misto alla base (HDRB e FS in parallelo): analisi dinamiche lineari e non lineari a confronto". In corso di pubblicazione su *Ingegneria Sismica*, Anno XXVII, n.2, Patron editore, Bologna, 2010. (ISSN 0393-1420).

I rappresentanti dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli al Congresso di Rimini.



# Lezioni e problemi di Scienza delle Costruzioni

Recensione



Nel dare alle stampe questa raccolta di "Lezioni e Problemi di Scienza delle Costruzioni", abbiamo ritenuto di conservare il carattere amanuense dello scritto per coniugare la finalità divulgativa con il rispetto per il passato: tale raccolta costituisce invero il precipitato storico di quanto veniva svolto nelle esercitazioni a complemento dei corsi, in particolare di quelli per allievi civili dal 1970 al 2000. E far rivivere la storia significa richiamare alla mente i protagonisti.

Molte generazioni di ingegneri che hanno studiato a Napoli rammenteranno l'impareggiabile didattica nelle lezioni di teoria delle esercitazioni del professore Mario Locascio; così come serberanno il ricordo del rigore logico e della capacità di approfondimento con cui le problematiche scientifiche venivano affrontate dagli allora assistenti: il mai dimenticato Manfredi Romano, Alessandro Baratta, Paolo Belli, Luciano Nunziante, attualmente (dal 1980) ordinari di Scienza delle Costruzioni.

Dopo il brillante successo ottenuto dalla scuola napoletana – che ha visto la vittoria contemporanea di sei allievi nel concorso a cattedra – il testimone delle lezioni di teoria delle esercitazioni è stato raccolto da Mario Migliore e Mario Pasquino, affiancati da più giovani e altrettanto validi colleghi: Luciano Rosati, Nicola Auciello, Michele Brigante, Giorgio Frunzio, Antonio Ecolano (a quest'ultimo, scomparso in ancor giovane età, va il nostro pensiero: Ciao, Antonio).

La tradizione della scuola napoletana continua, nella Facoltà di Architettura, con Francesco Marotti de Sciarra e Federico Guarracino, e, nella Facoltà di Ingegneria, con Fabio De Angelis, Mariano Modano, Antonio Gesualdo, Paolo Pizzo, Donato Cancellara, Antonia De Majo, Generoso Falciano e Marcello Fulgione, tutti stimati didatti, ciascuno dei quali, con il proprio qualificato contributo, consente l'evoluzione della disciplina.

Un ringraziamento particolare per aver voluto aderire a questa iniziativa va al provveditore alle OO.PP. di Lazio, Abruzzo e Sardegna, ingegnere Donato Carlea, il quale ha fornito un'antologia molto valida di problemi, da lui elaborata durante l'anno in cui seguiva il corso di Scienza delle costruzioni (1974-75); e all'ingegnere Emilio Cipriano, funzionario del Comune di Napoli, il quale ha messo a disposizione una "biblioteca" di quaderni, che raccolgono una serie di significativi esercizi sviluppati in più anni accademici.

A Luciano Rosati, l'onere e l'onore di proseguire la storia della nostra prestigiosa scuola.

È doveroso altresì tributare gratitudine al Professore Luigi Adriani, il quale ha saputo ricoprire brillantemente il delicato ruolo che era stato di un Maestro come Vincenzo Franciosi, da un destino ingeneroso troppo presto sottratto all'affetto e alla riconoscenza dei suoi allievi.

*Mario Pasquino*

Conte Olivares: Lezioni e problemi di Scienza delle Costruzioni a cura di Mario Pasquino, Donato Carlea, Emilio Cipriano, Paolo Pizzo



## CONSEGNATO ALL'AGENZIA SPAZIALE ITALIANA IL SISTEMA INTEGRATO PER LA GESTIONE DEL RISCHIO INCENDI BOSCHIVI "SIGRI"

F. Ferrucci, R. Aurigemma

“ La grande innovazione portata dal progetto SIGRI è la capacità integrata di individuazione e localizzazione di incendi e fronti di fuoco, previsione della propagazione del fuoco, valutazione della vulnerabilità e dei suoi cambiamenti, valutazione dei danni da incendio e quantificazione del rischio di incendio con l'uso di sole informazioni di EO a varie risoluzioni ”

Il progetto pilota SIGRI (Sistema Integrato per la Gestione del Rischio incendi boschivi), è stato sviluppato su commissione dell'Agenzia Spaziale Italiana e sviluppato dal consorzio guidato dalla SAM scarl, con la supervisione del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, per l'assistenza in tutte le fasi della lotta antincendio: la conoscenza e la prevenzione, l'allarme, la valutazione dei danni, e il sostegno alla riabilitazione. L'intrinseca natura 'globale' dei sistemi di osservazione della Terra, con sensori attivi e passivi in orbita, che operano ad alta risoluzione temporale (fino a pochi minuti) e ad alta risoluzione spaziale (metri), prospetta un'altrettanto vocazione 'globale' del progetto SIGRI.

Il fenomeno degli incendi boschivi è molto diffuso nella regione mediterranea, colpendo Spagna, Portogallo, Francia, Italia, Grecia, Cipro, Croazia, Turchia, nonché, in misura minore, Marocco, Algeria e Libano. In tutti i paesi di cui sopra, gli incendi sono per più del 90% dovuti a fattori antropici, con una ulteriore discriminazione tra volontari (circa due terzi), e non volontari.

In Italia, gli incendi boschivi avvengono prevalentemente in estate, quando le temperature elevate, i caldi venti meridionali e la scarsità di piogge aumentano la vulnerabilità della vegetazione nelle aree a rischio di incendio. Gli incendi invernali sugli Appennini e sulle Alpi, rappresentano circa il 20% delle aree bruciate annuali.

Negli ultimi dieci anni, l'entità annua delle aree bruciate è rimasta pressoché costante, con un massimo eccezionale nel periodo luglio-agosto 2007: il catalogo nazionale ufficiale presenta 10.639 incendi boschivi che hanno interessato una superficie totale di 227.729 ettari, con una media di oltre 21 ettari per incendio, più del doppio di quella di solito osservata in una stagione.

Infatti, nelle tre ultime stagioni con incendi oltre la media, il catalogo restituisce una media di circa 10 ettari per incendio nel 2001 (7.134 incendi contro 76.427 ettari), 2004 (6.428 incendi contro 60.176 ettari) e nel 2010 (4.884 vs 46.537 ha). Il maggior numero di incendi in Italia negli ultimi tre decenni, è stato registrato nel 1997 (11 612 ha), mentre si dovrebbe risalire al 1981 per trovare un totale superiore per superfici bruciate (229 850 ha).

Osservando che gli incendi selvaggi hanno portato l'Italia a perdere circa il 12% del suo patrimonio forestale in soli 30 anni, queste cifre sono rilevanti rispetto ai dati Europei, dove le superfici totali bruciate negli stessi anni erano 288.890 ettari (2001), 189.765 ha (2004), 575.531 ettari (nel 2007, con il totale sostanzialmente diviso tra l'Italia e la Grecia) e 253.664 ettari (2010). Queste cifre indicano che l'equilibrio tra i risultati conseguiti e gli sforzi profusi in tecnologia (bombardamento aereo d'acqua), organizzazione (strategie per l'attacco e la difesa dal fuoco) e delle politiche

(dal 2000 in poi, nuove leggi destinate alle responsabilità amministrative dei proprietari alla manutenzione, alla punizione dei reati sugli incendi) rimane insoddisfacente.

Attualmente oltre il 95% degli incendi giornalieri su tutto il territorio italiano viene spento entro 3 ore dalla segnalazione - e gli avvisi arrivano in genere entro pochi minuti, grazie alla densità della rete stradale nel territorio nazionale e alla diffusione capillare dei telefoni cellulari - i miglioramenti attesi in termini di efficienza antincendio possono essere limitati. Tuttavia un miglioramento di solo il 2% nei dati di cui sopra - o una diminuzione del 30% del dato relativo al tempo di spegnimento - può avere un impatto di costo doppio rispetto a quello attualmente a carico della Pubblica Amministrazione, rendendo lo sforzo non sostenibile. Lo sviluppo di sistemi intelligenti può favorire un significativo miglioramento della efficacia e della tempestività delle misure di prevenzione: tale scelta è quella dal progetto SIGRI, con un approccio di miglioramento di tipo "multi-scala".

Finanziato dall'Agencia Spaziale Italiana nell'ambito del programma "Rischi Naturali di origine Antropica" del Piano Spaziale Nazionale, ad un raggruppamento che vede la partecipazione della capofila SAM scarl, della Euro.soft srl e della IES Consulting srl, oltre che dell'Università della Calabria e del Centro di Ricerca Progetto San Marco (dell'Università La Sapienza di Roma), SIGRI ("Sistema Integrato per la gestione del rischio incendi boschivi") è stato concepito come strumento di supporto alla l'applicazione della legge nazionale italiana 353/2000 sulla lotta degli incendi boschivi, e come sistema di supporto decisionale tematico, geografico, ed in tempo reale, da utilizzare a livello centrale presso la Protezione Civile italiana. Il sistema è concepito per operare sia in modo routinario (su tutto il territorio nazionale, con scala spaziale inferiore) sia su richiesta, effettuando facilmente operazioni di zoom-in/-out tra le scale comunali e quella nazionale,

sfruttando la natura globale dei dati di Osservazione della Terra.

La grande innovazione portata dal progetto SIGRI rispetto al know-how nel telerilevamento degli incendi, è la capacità integrata di individuazione e localizzazione di incendi e fronti di fuoco, previsione della propagazione del fuoco, valutandone l'esaurimento della copertura vegetale e la ricrescita, valutazione della vulnerabilità e dei suoi cambiamenti, valutazione dei danni da incendio e quantificazione del rischio di incendio con l'uso di sole informazioni di EO a varie risoluzioni.

Le metodologie di elaborazione coinvolte nei prodotti offerti da SIGRI sono di tre tipi:

- I metodi esistenti sono stati testati in tre province ben differenziate in climatologia, copertura vegetale e tipo / frequenza degli incendi (una nel nord Italia, Liguria, una nel sud Italia, Calabria, e una nelle isole, Sardegna), e quindi validati sul campo.
- Metodi esistenti meritevoli di ulteriori sviluppi per migliorare la loro base scientifica, sono stati sottoposti alla validazione / calibrazione, e / o ottimizzazione relativamente alle piattaforme tecnologiche su cui sono stati sviluppati.
- Sono state svolte attività di ricerca innovative, su metodi contestuali e multi-temporali per la mappatura delle aree incendiate ad alta risoluzione spaziale, utilizzando dati EO attivi e passivi.

SIGRI sfrutta sinergicamente i dati SAR (COSMO-SkyMed, Envisat-ASAR, ALOS-PALSAR) e quelli multispettrali (MSG-SEVIRI, MODIS a bordo Terra e Aqua, SPOT4-HRVIR, SPOT5-HRG, Landsat 5 TM, IRS-P6 LISS-III e AWiFS, QuickBird, IKONOS, Kompsat-2, GeoEye e WorldView-2), forniti in modo permanente o su richiesta da ben 20 payloads satellitari. Questa scelta coniuga all'alta risoluzione temporale per usi tattici in tempo reale, l'alta risoluzione spaziale per le applicazioni strategiche e "legislative", attraverso

funzioni di modellazione diretta e inversa di sostegno alla conoscenza, prevenzione, previsione ed aspetti legali del fenomeno incendi.

L'insieme delle funzioni di SIGRI è automatizzato, lavorando in modo supervisionato (per le funzioni tattiche), in modo parzialmente supervisionato (funzioni strategiche). Qui di seguito, forniamo un elenco sintetico delle principali funzioni di SIGRI, all'interno del loro quadro operativo tipico, insieme ad alcuni esempi-chiave dei relativi prodotti forniti.

### Funzionalità tattiche

La modalità operativa "tattica" si applica durante l'incendio: i prodotti generati si caratterizzano per l'alta frequenza di aggiornamento e la capacità di fornire supporto alle attività di rilevazione, gestione e monitoraggio degli eventi incendiari. **L'Hot-Spot Detection Service** di SIGRI si basa sull'analisi contestuale e multi-temporale di due canali MIR e TIR del sensore SEVIRI a bordo del satellite geostazionario Meteosat Second Generation orbitante a 0° di longitudine sul Golfo di Guinea. In questi canali, l'impronta

media dei pixel in Italia è di circa 15 km<sup>2</sup>. Durante un anno di calibrazione e validazione, i risultati sono stati confrontati quantitativamente, due volte al giorno, con i risultati di un'analisi contestuale a tre canali fatta sui sensori MODIS a bordo delle piattaforme polari Terra e Aqua, in orbita terrestre bassa (LEO).

I 15 minuti di rivisitazione di SEVIRI offrono grandi vantaggi operativi, in confronto a qualsiasi altro payload LEO, e compensano lo svantaggio intrinseco della bassa risoluzione geometrica.

In una prospettiva a medio termine la risoluzione temporale, spaziale e spettrale di SEVIRI potranno avere ulteriori miglioramenti con la messa in orbita del prossimo Sentinel 4 (> 2017) a bordo di Meteosat di terza Generazione, aumentando la risoluzione spaziale ad 1km<sup>2</sup> a tassi invariati acquisizione di 15 e 5 minuti (il secondo, in modalità di scansione rapida solo sull'emisfero nord).

Un'altra importante funzione per affrontare il rischio di incendio in tempo quasi reale, e per consentire la messa in campo di misure di prevenzione a breve termine, è il calcolo di un indice di "Probabilità di Incendio" modi-

Figura 1. Un'istantanea del portale SIGRI con la visualizzazione degli hot-spot (punti bianchi) rilevati e localizzati con MSG - SEVIRI, nel luglio 2011 in Calabria e in Sardegna.



ficato (o MFPI, una evoluzione della FPI originale dato in Burgan et al., 1998), per tener conto della **“vulnerabilità dinamica”** della vegetazione in aree a rischio di incendio in funzione di stress indotto dal cambiamento integrato di parametri igro-termici del terreno. La mappa di vulnerabilità dinamica viene fornita con frequenza giornaliera.

### Funzionalità strategiche

Questa modalità di funzionamento si applica per lo più al di fuori della stagione incendi ed i prodotti generati sono orientati a contribuire alla pianificazione e gestione del territorio per il contrasto dei futuri eventi incendiari: mappe di rischio, di pericolo geospaziali e mappe temporali, mappe di rigenerazione della vegetazione.

La mappa di **pericolosità “temporale”** è una mappa tematica della distribuzione nel tempo del pericolo di incendio. Il pericolo è calcolato per ciascuna unità di area per ciascun mese dell’anno (stagione incendi) e per fasce orarie. La mappa rappre-

senta la riproducibilità temporale degli eventi incendiari calcolata su base statistica in funzione degli Hot Spot verificatisi in un periodo di osservazione pluriennale.

La mappa di **pericolosità “geospaziale”** è invece un tematismo del pericolo incendi calcolato in funzione della ripetitività degli eventi incendiari e di fattori territoriali oggettivi. Essa è ottenuta in funzione della ripetizione di eventi incendiari, rilevati da satellite (APF), e parametri quali tipo di vegetazione, elevazione, pendenza, esposizione, zona climatica, vicinanza alle strade.

La mappa di **rischio** è definita come il valore, raggruppato in classi di rischio (su cinque livelli), della convoluzione tra pericolosità, vulnerabilità e valore esposto, in cui si tiene quindi conto della propensione di un elemento ad essere danneggiato, in base alle sue caratteristiche (carico di incendio), nonché del valore esposto, inteso come il valore delle risorse naturali, esposte al pericolo.

La copertura vegetale e le mappe di **ricrescita** vegetale post-incendio, sono mappate per mezzo di un’analisi mul-

Figura 2. Incendio nel sud-ovest della Sardegna 11 luglio 2011 rilevato e mappato con due tecniche automatizzate in SIGRI. Le linee continue sono i contorni dell’area incendiata determinata con dati EO, la linea tratteggiata sottile è il rilievo GPS fatto in autunno. Minimizzare il tempo del rilievo è essenziale per la corretta ricostruzione della forma del fuoco, sia da dallo spazio / aereo che da terra.

A sinistra: immagine singola (“contestuale”) Visibile-Near Infrared ottenuta in automatico. Procedura MyME-2/Modified su un’immagine ad altissima risoluzione WorldView-2 acquisita il 18 agosto, 38 giorni dopo l’incendio. A destra: due immagini (“change detection”) Synthetic Aperture Radar ottenute in automatico dalla Procedura SIGRI, su una coppia di COSMO-SkyMed StripMap scene Himage acquisite il 22 giugno (diciannove giorni prima del fuoco) e il 27 luglio (dieci giorni dopo).

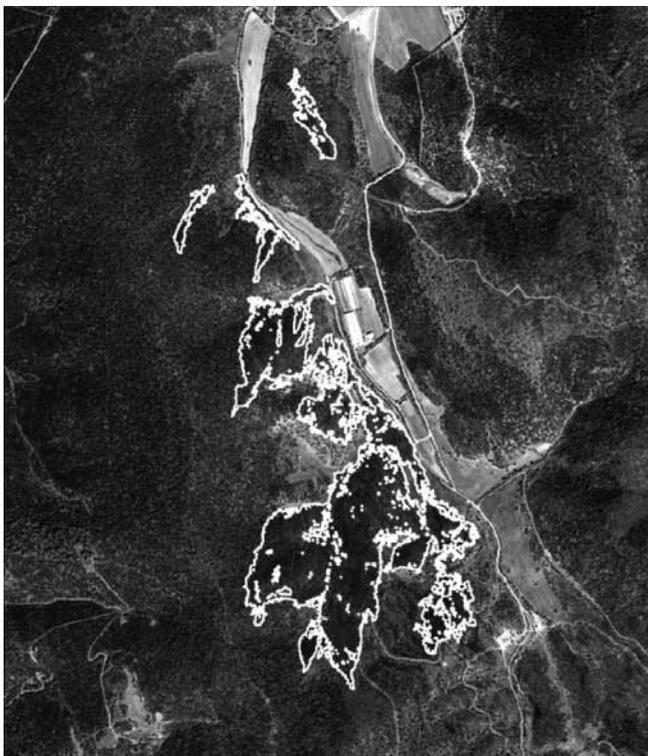
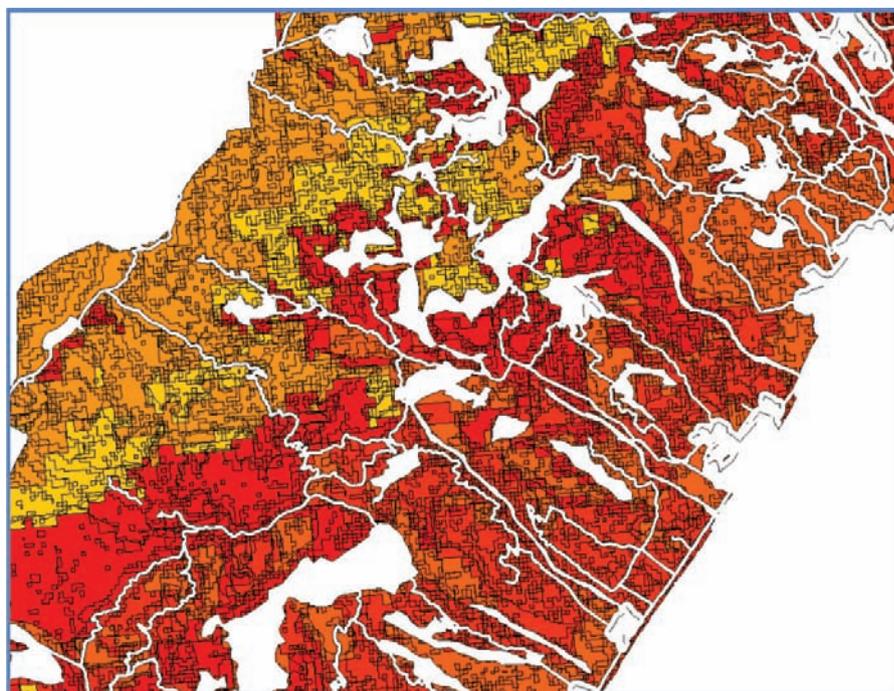


Figura 3. Dettaglio mappa di pericolosità (Calabria).



ti-temporale e contestuale effettuata ad alta risoluzione tra il visibile e lo SWIR. I payload sfruttati HRVIR HRG, LISS-III e AWiFS, prevedono mappatura nominale a scala tra 1:25.000 e 1:50.000, e tipicamente un anno o un semestre di rivisitazione.

La mappatura delle **aree bruciate da SAR** ad alta risoluzione ha lo scopo di fornire l'accesso all'analisi di aree colpite da frequente copertura nuvolosa, che riduce al minimo l'efficacia della visione multispettrale ad altissima risoluzione. Anche se la visione SAR non consente discriminazioni tra i cambiamenti (in riflettanza, coerenza e polarizzazione) dovuti o meno agli incendi, la disponibilità di grandi serie SAR ha permesso di ottenere risultati promettenti e di impostare una procedura automatica nel sistema SIGRI.

La catena di generazione che includeva in una prima versione rilasciata nel 2010 solo dati ASAR e PALSAR è centrata sulla costellazione COSMO-SkyMed, che permette frequenze globali di rivisitazione che soddisfano il bisogno di osservazione strategica, e potrebbe anche essere utilizzata per informazioni di supporto alla gestione

delle crisi. La procedura di SIGRI per la mappatura degli incendi da coppie SAR, prevede il preliminare rilevamento e la localizzazione dell'incendio con mezzi non-SAR, o la disponibilità di sequenze ScanSAR-Wide. La discriminazione in riflettanza e in polarizzazione sono entrambe effettuate in modo automatico. In riferimento alla coerenza, a lunghezze d'onda molto brevi (in banda X, ad esempio), il parametro cruciale è la baseline, nonché la sua stabilità.

La **simulazione della propagazione** del fuoco sfrutta il modello degli Automi Cellulari (AC), una scelta dettata dalla necessità di ottenere la modellazione quantitativa dei tempi di propagazione del fuoco, in tutte le direzioni. Gli Automi Cellulari sono basati su un modello discreto digitale della superficie terrestre, che include i parametri fisici e geometrici che interessano gli incendi. Preliminarmente viene effettuata una parametrizzazione relativa alle dimensioni ed agli attributi funzionali (tipo di biomi, massa di chioma, parametri di combustione tipici, tra gli altri) ottenuti anch'essi da dati EO. La velocità di aggiornamento della simu-

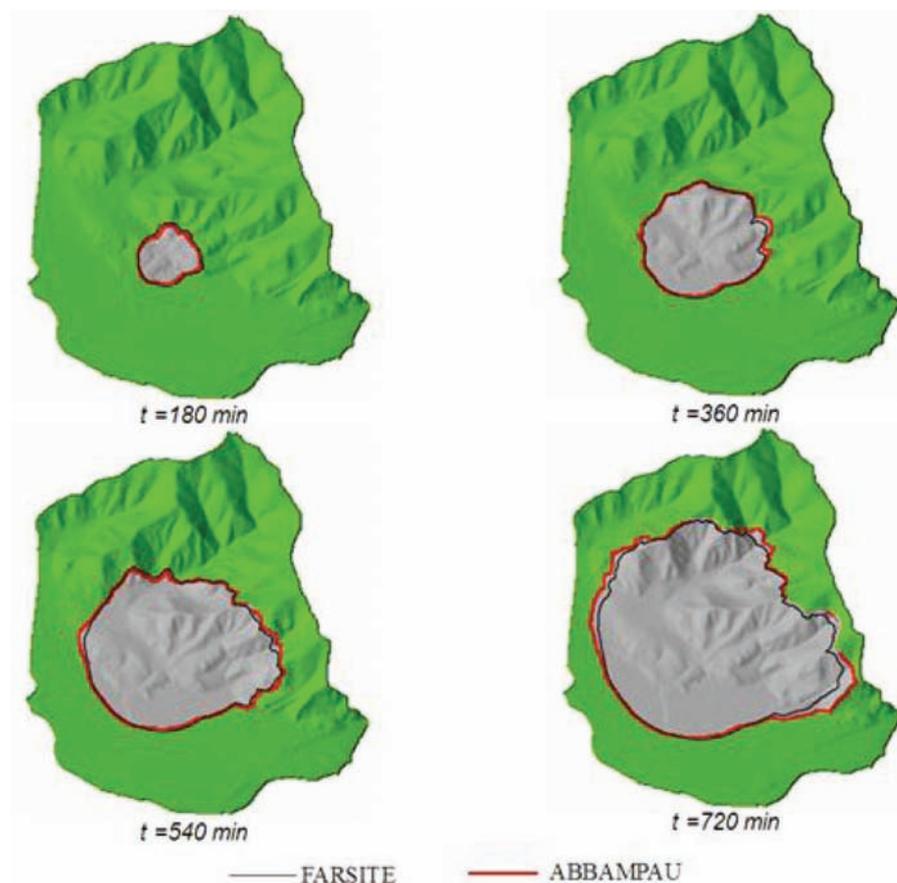


Figura 4. Propagazione Simulata di un fronte di fuoco in un ambiente 3D, attraverso il codice CALFIRE® (linea bianca) ed il codice FARSITE vettoriale. Parametrizzazione: 6 metri (diagonale), cellule esagonali, vento trascurabile (5 km / h), sorgente di combustione puntiforme a  $T_0=0$  min.

lazione è condizionata da quella dei dati Igro-Termo-anemometrici (HTA), compresa tra 15 minuti e un'ora per la maggior parte dei Paesi UE. La discretizzazione tipica del terreno è tra i 5 e i 10 metri, mentre per i dati HTA varia tipicamente tra 1 e 10 chilometri.

La simulazione della propagazione del fuoco dipende da molte informazioni quantitative che di solito non sono disponibili al momento e nel luogo di un incendio. Di conseguenza, ad oggi, non è adatto per operazioni in tempo reale: l'utilizzo migliore è per simulazioni ed analisi preliminari delle misure di prevenzione e definizione delle strategie di contrasto al fuoco – oppure per la ricostruzione di eventi passati rilevanti per l'analisi territoriale. L'algoritmo attualmente in uso (CALFIRE®, 2011) è uno sviluppo di un precedente modello AC (Trunfio et al., 2011).

### Funzionalità legislative

SIGRI offre un supporto all'applicazione della legge italiana 353/2000, che regola la gestione del rischio di incendi boschivi. Tutti i Comuni in Italia sono tenuti dalla legge a creare e aggiornare con frequenza annuale un inventario geografico delle **aree bruciate a scala catastale**. Le aree incendiate subiscono l'interdizione alla costruzione, e / o al cambio di uso del suolo, e / o alla caccia o al reimpianto, per un periodo compreso tra 5 e 15 anni. La compatibilità con le mappe catastali, richiede la mappatura in scala nominale tra 1/5000 e 1/2000, che può essere fatta da aereo: tuttavia, la frequenza dei rilievi da aereo è tipicamente annuale, in primavera, il che significa che la verifica delle aree incendiate, per la maggior parte dei casi, sarebbe impossibile per la rigenerazione

Figura 5. Area percorsa dal fuoco ad alta risoluzione.



della vegetazione, o la modifica del terreno per vari motivi. Ciò richiede l'impiego del dato satellitare dopo ogni incendio, cosa idealmente possibile con il mix di tecniche previste in SIGRI.

Le tecniche più efficaci di telerilevamento passivo per le aree incendiate, contano su dati ottici EO ad alta ed altissima risoluzione, tra rosso, vicino infrarosso (NIR) e nell'infrarosso (SWIR). SIGRI sfrutta una tecnica brevettata (MyME-2) che separa la variazione di riflettanza dovuta a danni sulla vegetazione da quella dovuta ad altri fattori. Tale mappatura dallo

spazio si applica, con modificazioni, sia ai dati NIR-SWIR a risoluzione decametrica sia a quelli V-NIR a risoluzione metrica. Ci si è riferiti alle classi Corine Land Cover 22 (colture permanenti), 244 (aree agro-forestali), 311 (boschi di latifoglie), 312 (foreste di conifere), 313 (bosco misto), 32 (arbusti o erbacee) e 333 (aree con vegetazione rada), che costituiscono la grande maggioranza degli obiettivi della legge 353/2000.

Il sistema completo SIGRI è stato testato con successo presso la sede di Matera dell'Agenzia Spaziale Italiana e consegnato il 31 agosto 2012.

