



I punti
da cui partire
per affrontare
il problema dei rifiuti

PAGINA 3



Vulnerabilità sismica
di edifici scolastici
in muratura
di Torre del Greco

PAGINA 17



La sostenibilità
ambientale
e il ruolo
dell'ingegnere

PAGINA 62

ISSN 2038-4742

numero 4

novembre-dicembre 2010

Notiziario dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli

Ingegneri NAPOLI



POSTE ITALIANE S.P.A. - SPED. IN ABB. POST. - D.L. 353/2003 (CONV. IN L. 27.02.2004, N. 46) ART. 1, COMMA 1, DCB (NA)

SOMMARIO



Ingegneri Napoli

novembre-dicembre
2010

Ambiente

I punti da cui partire per affrontare
il problema dei rifiuti

Una proposta concreta

pag. 3

Normativa

Acquisizione del consenso per le infrastrutture
e qualità progettuale: una proposta
di partecipazione democratica

pag. 5

Prevenzione

Previsione e prevenzione delle catastrofi

pag. 15

Sicurezza

Vulnerabilità sismica di edifici scolastici
in muratura di Torre del Greco / Parte prima

Gli edifici e i metodi di indagine esaminati

pag. 17



In copertina: inaugurato a S. Giorgio a Cremano il nuovo centro sociale giovanile col teatro intitolato a Siani. Nella foto, l'agorà su solaio di copertura del teatro e l'accesso ai laboratori giovanili, con sullo sfondo il Vesuvio.

novembre-dicembre 2010

Bimestrale di informazione a cura del Consiglio dell'Ordine

Editore

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli

Direttore editoriale: Luigi Vinci

Direttore responsabile: Armando Albi-Marini

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:
doppia voce

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

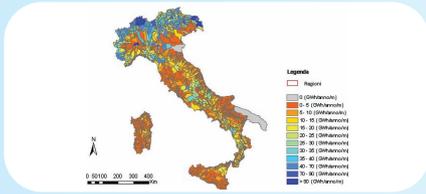
Reg. Trib. di Napoli n. 2166 del 18/7/1970
Spediz. in a.p. 45% – art. 2 comma 20/b – l. 662/96 Fil. di Napoli
ISSN 2038-4742

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 dicembre 2010



Energia idroelettrica

I problemi energetici nella gestione integrata dei sistemi idrici

Dopo la liberalizzazione del mercato elettrico

pag. 25



Tecnologia

Energia pulita alle grandi navi in sosta

Impatto ambientale e aspetti tecnologici

pag. 35



Ricerca

Valutazione della risposta sismica di un serbatoio pensile in c.a.: un caso reale

pag. 37



Ingegneria Gestionale

Metodologia di stima dei ricavi di un parcheggio

pag. 56



Commissione Ambiente

La sostenibilità ambientale e il ruolo dell'ingegnere

pag. 62

I PUNTI DA CUI PARTIRE PER AFFRONTARE IL PROBLEMA DEI RIFIUTI

Una proposta concreta



1. La restituzione delle competenze alle province

Le province e i comuni della Campania, ancorché deresponsabilizzati dal governo, in questi ultimi anni, a causa dell'inefficienza del Commissariato, si sono dovuti far carico del problema e quindi ne hanno acquisito piena cognizione. Al punto in cui siamo si tratta dunque di restituire competenze e responsabilità agli enti locali. Al di fuori della provincia di Napoli, tutte le altre province della Campania con i rispettivi comuni sono in grado di risolversi il problema secondo il cosiddetto *principio della provincializzazione* di cui già all'art. 23 di attuazione della normativa comunitaria del decreto Ronchi, ora rimpiazzato dal ed. decreto Matteoli. Esse infatti dispongono di vasti territori non urbanizzati con rarefatta densità abitativa. In tali luoghi è agevole individuare in zone incolte e di nessun valore economico, raggiungibili nelle vicinanze anche per ferrovia siti idonei ad adibire a discariche. Dove gli stessi proprietari, magari, attraverso convenienti accordi bonari in sede di attivate procedure di esproprio o requisizione, si ripagherebbero con profitto della cessione delle loro aree. A questa ottica corrispondevano le indicazioni del prof. ing. Giovan Battista de Medici, indicazioni prima accolte dal Commissariato in sede di conferenza di servizi svoltasi a Roma nel febbraio del 2007, ma subito dopo inspiegabilmente disattese e, ora, sembra, recuperate dal Commissariato medesimo. Il problema resta, invece, per la

provincia di Napoli, dove conviene conservare per qualche mese ancora il Commissariato: il territorio della provincia di Napoli è 2/3 di quello del comune di Roma, ha un'elevata densità abitativa ed è totalmente urbanizzato. Nella difficoltà di reperirvi siti idonei, i rifiuti solidi urbani di tale provincia andrebbero divisi tra le discariche delle altre province, compensandole economicamente. Ciò sempre tenendo conto che le discariche rappresentano una soluzione di emergenza.

2. La raccolta differenziata

Il problema lo si risolve definitivamente con l'attivazione di una sempre maggiore raccolta differenziata. Che però non è fine a se stessa. Ma è finalizzata al recupero, riciclo e collocazione sul mercato dei rifiuti differenziati. In tal modo i rifiuti diventano risorsa. Quasi un quinto, 90 circa, dei comuni della Campania, etichettati come *i comuni virtuosi*, in testa a tutti Mercato San Severino e Atena Lucana, si sono tratti di impaccio da soli, utilizzando al meglio il loro territorio con l'organizzarvi la raccolta differenziata. Fino al 90% dei rifiuti prodotti, nel caso del comune di Atena-Lucana. Il sindaco di tale comune ha spiegato come aveva raggiunto tale soddisfacente risultato nell'intervista a *Repubblica* del 15/12/06. «Io per legge dovrei coprire almeno il 50% dei costi con i soldi dei cittadini. Glieli faccio risparmiare. Copro con i ricavi della vendita dei rifiuti. Basta differenziarli. L'umido va da una parte. Lo mando poi tutto all'impianto di com-

Edoardo Benassai,
Giovan Battista de Medici,
Giovanni Lubrano Di Riccio,
Mario Rosario Migliore,
Giulio Pane,
Raffaele Raimondi,
Aldo Loris Rossi

“ Il problema lo si risolve definitivamente con l'attivazione di una sempre maggiore raccolta differenziata. Che però non è fine a se stessa. Ma è finalizzata al recupero, riciclo e collocazione sul mercato dei rifiuti differenziati ”

postaggio a 4 km, a Polla, quindi alla piattaforma Nappisud di Battipaglia. Ho i contratti con Comieco per il cartone, Corepla per la plastica, Coreve per il vetro, Lial per l'alluminio, Rilegno per il legno. La differenziata è un affare. I rifiuti sono 11 grande business per chi fa le discariche., ma non è il mio caso. Oppure per chi punta sul riciclo e riuso, è il caso di Atena lucana».

«Quanto rende?», chiede l'intervistatore al sindaco. «Ragiono ancora in lire. Perché mi occupo di questo da tempo, da quando ero assessore all'ambiente: 440 lire ogni chilo di plastica, 180 il cartone, 770 l'alluminio».

In parole semplici questo è quel si deve fare di corsa, se si vuol riportare il ciclo dei rifiuti sui binari, a scongiurare che l'emergenza culmini in un'epidemia. Anzi, è quel che devono fare di corsa anche i comuni non virtuosi. La differenziata è un obbligo di legge, penalmente sanzionato (art. 328, comma 1 c.p.). Non si comprende il buonismo del Commissariato e delle stesse Procure della Repubblica.

3. Strumenti di promozione della raccolta differenziata

A monte però della differenziata c'è la educazione dei cittadini. O meglio il loro convincimento. Che in questi anni è stato minato dalla constatazione, specie a Napoli, che loro separavano i rifiuti nelle frazioni merceologiche, del vetro, plastica, cartoni, alluminio, poi arrivava il camion della nettezza urbana, e, nella circostanza o subito dopo, tutto veniva messo di nuovo assieme. Per cui il problema ora consiste nel motivare i cittadini al recupero dei rifiuti. Non servono solo i depliant o gli opuscoli. Serve molto più la televisione. La gente vuol vedere che fine fanno i propri rifiuti, dopo essersi presa la briga di separarli nei vari componenti, umido, plastica, vetro, legno, e via dicendo. Qui soccorre la stessa legge di conversione del decreto Bertolaso, tuttora vigente, 6/12/2006 n. 290.

La legge opportunamente gli metteva a disposizione (art. 2) il Dipartimento per l'informazione e l'editoria della Presidenza dei Consiglio. Che è l'organi-

simo pubblico che assicura l'informazione dei cittadini su temi di pubblica utilità anche attraverso il mezzo televisivo. Se le televisioni pubbliche e private seguissero i rifiuti delle nostre comunità, dal prelievo fino alla loro lavorazione da parte delle aziende interessate, i cittadini sarebbero motivati a fare la raccolta differenziata. I cittadini non sanno che in Campania ci sono queste aziende che trasformano i rifiuti differenziati anche paradossalmente provenienti da altre regioni come ampiamente spiegato dal sindaco di Atena Lucana nella riportata intervista.

4. Gli impianti di smaltimento

Nel ciclo dei rifiuti, lo smaltimento mediante la relativa impiantistica, dovrebbe occupare la fase terminale: ciò che dei rifiuti non si riesce a recuperare, si deve smaltire mediante gli impianti. Accade invece che, per l'intervento degli organi di informazione interessati, l'impiantistica venga presentata come esaustiva del problema. Dimenticando che in tutti i paesi e in tutte le città in cui funzionano i migliori impianti di smaltimento, si fa come prima cosa la raccolta differenziata. Parimenti si dimentica di chiedersi quali sono i costi dell'energia che da tali decantati impianti si ricava e se per caso siano convenienti soltanto per le società che gestiscono gli impianti medesimi e per nulla, a causa degli elevati costi, per i cittadini contribuenti. E, infine, quale compatibilità esista con il pur tanto paventato riscaldamento del pianeta. In ogni caso per normativa europea prima ancora che per normativa italiana di attuazione, gli impianti dedicati allo smaltimento dei rifiuti, devono essere i più perfezionati e cioè di ultimissima generazione; e di limitato impatto ambientale e cioè di contenute proporzioni a servizio di un ambito ottimale. Quanto dire, nel caso del nostro paese, almeno uno per provincia. Proprio il contrario del termovalorizzatore di Acerra: già in partenza obsoleto, come risulta nella relazione 20/12/99 della Commissione governativa Via, e decantato come il più grande termovalorizzatore di Europa.

ACQUISIZIONE DEL CONSENSO PER LE INFRASTRUTTURE E QUALITÀ PROGETTUALE: UNA PROPOSTA DI PARTECIPAZIONE DEMOCRATICA



Premessa

La realizzazione di un'opera infrastrutturale dalla forte incidenza territoriale è un'attività tanto più complicata quanto più complesso è il sistema coinvolto (naturale, culturale, estetico, sociale, economico, ecc.) a cui l'intervento arreca vantaggi e svantaggi in misura differenziata in ragione delle diverse previsioni progettuali. Nel tempo il contributo della ricerca applicata alla definizione di metodologie di analisi del contesto territoriale prima e di valutazione delle scelte progettuali poi ha dovuto inevitabilmente relazionarsi con esigenze contrapposte di sviluppo e di salvaguardia dell'ambiente, originando, negli anni, la percezione dell'inefficienza dell'azione programmatrice degli interventi infrastrutturali, da un lato, e dell'inefficacia dei soggetti (singoli, associati o istituzionali) eventualmente contrari, dall'altro.

In un sistema caratterizzato da singoli obiettivi cooperativi e da esigenze spesso contrapposte ha avuto origine l'effetto NIMBY (*not in my back yard*) con il quale si è soliti identificare la forte opposizione alla realizzazione delle infrastrutture o delle *facilities* (discariche, centrali elettriche, ecc.) che le comunità locali esercitano nei modi e nelle forme più varie. Le dinamiche della conflittualità connesse alle localizzazioni di un'opera strategica, sono dunque un fenomeno consistente per le sue implicazioni e persistente nel tempo nondimeno, ri-

sultano classificabili come semplice peculiarità italiane.

Risulta quindi determinante, al fine di individuare la scelta progettuale più equilibrata, analizzare il consenso dei diversi *stakeholders* coinvolti ovvero, individuare un possibile iter procedurale mediante il quale acquisirlo sin dalla fase pre-progettuale (studio di fattibilità).

In tale ottica gli scriventi propongono un possibile approccio procedurale per la gestione dei conflitti e l'acquisizione del consenso, dopo aver sviluppato un'analisi delle tecniche internazionalmente consolidate per rendere democratiche e partecipative la formazione dei piani e la decisione di includervi le singole opere: ADR (*Alternative Dispute Resolution*), DD (*Democratic Deliberation*), *Débat Public*, *Enquet Public*.

Il NIMBY in Italia: il Nimby Forum

L'Aris (Agenzia di Ricerche Informazione e Società) nel 2004 avviò il *Nimby Forum*, progetto di ricerca finalizzato alla diffusione della cultura della comunicazione, del dialogo e del confronto in ambito territoriale, per l'implementazione delle più efficaci metodologie di interazione tra i diversi attori coinvolti, al fine di gestire e ridurre le opposizioni alle realizzazioni infrastrutturali nell'ambito territoriale-ambientale. Il *Nimby Forum* si è accreditato come il più importante *think tank* nazionale sul te-

V. Pasquino
Ingegnere civile

P. Discetti, R. Lamberti

Università di Napoli Federico II
Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti
"L. Tocchetti"

“ La qualità del progetto è presupposto indispensabile per un esito soddisfacente nella realizzazione di un piano ”

Tabella 1. Numero di contestazioni per tipologie di progetto

Tipologie di impianti contestati	Numero	%
Impianto per la produzione di energia elettrica	97	36,7
Termovalorizzatore	54	20,5
Rifiuti (altro)	39	14,8
Discarica RU	29	11,0
Rigassificatore	13	4,9
Infrastruttura stradale	10	3,8
Infrastruttura ferroviaria	7	2,7
Energia (altro)	7	2,7
Infrastruttura generica	6	2,3
Altro	2	0,8

ma, al punto di ottenere citazioni in oltre 400 articoli di stampa e servizi radiotelevisivi. I contenuti espressi dal Forum riguardano molti aspetti della questione: dai processi informativi e di comunicazione, al tema della rappresentanza degli *stakeholders*; dalle politiche di governo territoriale, alle strategie di programmazione nazionale; dalla determinazione della qualità dei progetti, ai processi di alfabetizzazione ambientale nel Paese. L'organizzazione del *Nimby Forum* è affiancata da un Comitato Scientifico che svolge un'importante funzione consultiva nell'individuazione delle linee guida, nonché nel fornire garanzie di rispetto dei valori nel perseguimento degli obiettivi del progetto. L'Osservatorio Media Permanente *Nimby Forum* analizza poi la percezione del fenomeno di contestazione territoriale alle grandi opere di pubblica utilità e agli insediamenti industriali, attraverso il monitoraggio dei media, con particolare riferimento alla carta stampata. In ragione del mezzo impiegato, la ricerca è limitata alle opere oggetto di aperta contestazione sui media: quindi non prende in considerazione la totalità delle infrastrutture in costruzione oggi in Italia; nondimeno, giunti alla quarta edizione, i dati *Nimby Forum*[®], consentono di individuare tendenze e scostamenti e, attraverso il confronto con quelli degli anni passati, di tracciare una linea evolutiva del fenomeno delle contestazioni in Italia. L'analisi dell'Osservatorio *Nimby Fo-*

rum 2008, riassunta nella tabella che segue, fotografa un Paese in cui il fenomeno delle contestazioni territoriali ambientali è in continua crescita, sia per numero di casi trattati (264), sia per accanimento mediatico (4.874 ritagli di stampa) (Tabella 1). L'esperienza italiana tra l'altro dimostra che i canali tradizionalmente disponibili nei sistemi politici democratici appaiono inadeguati ad affrontare in maniera efficace le situazioni di conflitto ambientale. Il compito della magistratura, cui gli interessi coinvolti fanno di solito ricorso, consiste nell'applicazione, formale ed alquanto discrezionale, di un corpo normativo per suo conto disorganico e contraddittorio, con scarso riguardo alla sostanzialità di questioni dai complessi risvolti tecnici, scientifici, ambientali ed economici. Anche forme di democrazia diretta, quali i referendum, presentando le questioni in termini forzatamente dicotomici, sono inadeguati a cogliere la complessità delle problematiche e soprattutto a individuare soluzioni soddisfacenti per i diversi interessi in gioco e per la società nel suo complesso.

L'esperienza statunitense: ADR e DD

I conflitti ambientali connessi all'opportunità di localizzare le opere infrastrutturali in contesti caratterizzati da un equilibrio instabile del sistema antropico ed ambientale venne affrontato nei primi anni sessanta negli

Stati Uniti di America, mediante l'attuazione di politiche federali dedicate alla definizione dell'insieme di informazioni propedeutiche alla ricerca del consenso, con il coinvolgimento contestuale di tutti i soggetti direttamente interessati alla realizzazione dell'intervento. Le esperienze maturate, hanno poi consentito di implementare una procedura più articolata VIA (Valutazione di Impatto Ambientale) che tuttavia, al di là della definizione di misure mitigative/compensative degli impatti, non risulta essere adeguata alla fase di ricerca del consenso; anzi, in diverse applicazioni, si è dovuto constatare che la conflittualità ne risultava esasperata. Ciò indusse la comunità scientifica a ricercare approcci innovativi di gestione della conflittualità ed acquisizione del consenso. In questa ottica si sono sviluppate due metodologie dalle diverse caratteristiche:

– L'*Alternative Dispute Resolution* (ADR), letteralmente "risoluzione alternativa delle dispute" prevede il coinvolgimento nella scelta fra le soluzioni alternative, individuate e formalizzate dal progettista, di *stakeholders*, in rappresentanza delle parti direttamente interessate alla specifica decisione da assumere; il processo si prosegue con lo svolgimento di una discussione finalizzata al raggiungimento di un accordo accettabile per le parti, in quanto ne soddisfa gli interessi principali, eventualmente anche attraverso scambi di "poste". Il metodo si è spesso dimostrato debole rispetto al ricorso alle vie giudiziarie, giacché non ha resistito a ricorsi alla magistratura, che si limita ad applicare/interpretare normative, circa la rappresentatività degli *stakeholders* rispetto a decisioni in alle Implicazioni sociali ed ambientali delle opere.

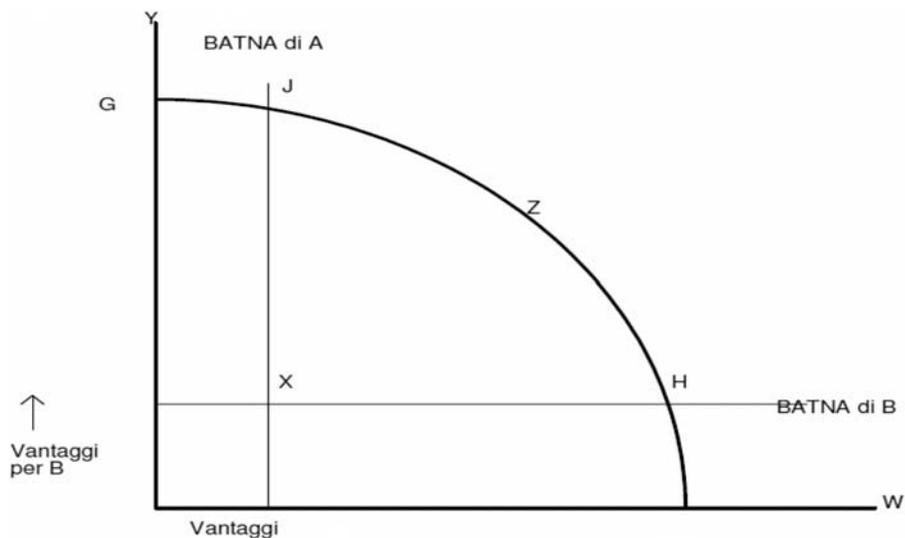
La metodologia denominata Democrazia Deliberativa (D.D.) si pone l'obiettivo molto più ambizioso di trasformare i processi decisionali delle società democratiche, associando al coinvolgimento rappre-

sentativo delle parti per la ricerca di una soluzione soddisfacente da proporre, una completa informazione dell'opinione pubblica e l'istituzione di sedi di raccolta e discussione di contributi. La DD si basa sull'assunto che l'esposizione alla discussione e lo scambio ordinato di informazioni possa indurre cambiamenti in un sistema di preferenze ed opinioni "grezze" o iniziali in merito a questioni controverse, portando quindi all'individuazione di scelte condivise, basate su un consenso reale e profondo. In tal caso la "Deliberazione" non è sinonimo di "Decisione", bensì, nell'accezione inglese di processo dialogico, rappresenta la "forza non-coercitiva dell'argomento migliore" (Habermas 1984, 25). Il processo costringe i partecipanti a giustificare le proprie posizioni, ricorrendo ad argomentazioni socialmente legittime, nonché accettabili sotto i profili della logica e della coerenza, in una ricerca -almeno potenziale- di ragioni comuni (Mansbridge 2003, 179; Goodin 2005, 190). I soggetti coinvolti possono quindi superare, o quanto meno contemperare, i propri interessi "egoistici" acquisendo una visione negoziale più ampia degli interessi altrui e del "bene comune" (Melville 2005, 110).

La negoziazione quindi rappresenta: *"una forma di interazione attraverso cui individui, organizzazioni o governi esplicitamente cercano di giungere ad una nuova combinazione dei propri interessi comuni e divergenti"* (citando uno dei massimi esperti al mondo di negoziazione pura, il generale Iklè, per anni responsabile del ministero della difesa statunitense).

Un attore razionale è teso a massimizzare la propria funzione di utilità e cioè i propri benefici: prima di accettare un negoziato dovrebbe quindi focalizzare il miglior risultato che può sperare di ottenere per altre stra-

Figura 1. Rappresentazione grafica del BATNA e dell'area in cui è possibile cercare accordi reciprocamente vantaggiosi.



de, mediante un'azione unilaterale (ad esempio per via legale), computato in termini di valore atteso (il vantaggio ottenibile moltiplicato per la probabilità di riportare quel risultato). A tal fine, uno dei modelli più utilizzati è il BATNA (*Best Alternative To a Negotiated Agreement*), che intende condurre alla migliore alternativa disponibile all'interno di una soluzione negoziata: la procedura implica che le parti valutino con attenzione e realismo le possibili alternative, nell'ottica di un accordo con le altre parti e le eventuali conseguenze del mancato raggiungimento dello scopo.

Un negoziatore accorto investe quindi tempo e attenzione prima e durante le trattative nell'identificazione del BATNA proprio e della controparte: da qui discende l'importanza di ascoltare le controparti anche durante le trattative, piuttosto che cercare costantemente di argomentare le proprie ragioni; l'approccio al negoziato di ciascuno non si suppone "altruistico", ma "pragmatico", cioè rivolto a conseguire vantaggi nella massima misura compatibile con gli "egoismi" di tutte le parti coinvolte. È questo il contributo originale dell'approccio in discussione.

Il BATNA rappresenta dunque la soglia minima dell'esito che attori razionali sono disposti ad accettare nell'ambito del negoziato al quale cia-

scuno di essi abbia deciso di accedere; è evidente, infatti, che attori razionali accettino di negoziare, quindi di cooperare, solo se valutano di poter ottenere un risultato pari o superiore al proprio BATNA, senza naturalmente rinunciare in partenza a perseguire un esito superiore: ad esempio un comitato di residenti che si oppone a una discarica non accetta di negoziare se ritiene di poter ottenere di più con una mobilitazione che implichi un "clamore" tale da indurre i decisori a rivedere i loro piani, ma non partecipando rischia che la soluzione alla fine praticata non tenga conto dei propri legittimi interessi.

Il concetto di BATNA è rappresentato in Figura 1, in cui la linea X-J rappresenta il BATNA dell'attore A, mentre la linea X-H è quello dell'attore B; il punto X, incrocio dei BATNA dei due attori, rappresenta un livello di soddisfazione, in quanto individua un "valore" equivalente a quello che ciascuna delle parti potrebbe ottenere per altre vie.

È superfluo sottolineare che, come in ogni contrattazione, ogni attore preferirebbe "guadagnare" di più: l'attore B preferisce la soluzione Y alla X, mentre A preferisce W ed entrambi preferiscono Z a X. Quest'ultima constatazione ci consente di caratterizzare il settore J - H della curva G - F come luogo degli "ottimi paretiani":

qualsiasi punto ad esso appartenente rappresenta una soluzione in cui almeno una delle parti guadagna senza che l'altra perda e nessuno scende al di sotto del proprio BATNA; un punto esterno alla frontiera G – F comporta perdite per una parte, mentre qualsiasi punto interno al settore J – X – H rappresenta una soluzione soddisfacente per tutti, in misura tanto più elevata quanto più si discosti da X e si approssimi alla curva J – H.

L'esperienza francese

In Europa senza dubbio significativo risulta il sistema delle inchieste pubbliche, previsto dalla legislazione francese, che individua nell'*enquête publique*, la base di partenza del processo decisionale relativo alla realizzazione di impianti e di opere di interesse pubblico che possono generare effetti sull'ambiente (artt. L123-1 ss. e R123-1 ss. del *Code de l'environnement*). La procedura risulta articolata in quattro fasi in cascata: 1) avvio, 2) istruttoria e svolgimento dell'inchiesta, 3) stesura e pubblicazione del rapporto, 4) decisione. L'inchiesta è indetta dal Prefetto, che invia al Presidente del tribunale amministrativo la richiesta di designare, entro quindici giorni, il commissario o la commissione istruttoria (fase 1). Il Prefetto programma, in ragione delle caratteristiche dell'opera da sottoporre a discussione, i tempi e luoghi dell'inchiesta; nello svolgimento del-

l'*enquête publique*, il pubblico può incontrare direttamente il commissario, in sede collegiale ed in giorni prefissati (*reunion publique*), e presentare osservazioni scritte, iscrivendole in un apposito registro che, al termine dell'inchiesta viene siglato dal prefetto e trasmesso, entro ventiquattro ore, al commissario o al presidente della commissione (fase 2).

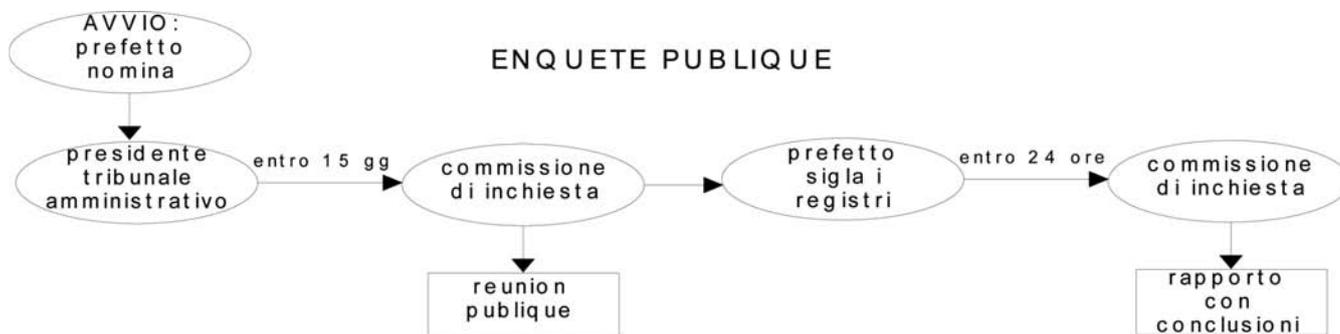
Il commissario, ricevuta la documentazione, ascolta tutti i soggetti che ritiene opportuno e redige un rapporto in cui illustra lo svolgimento della procedura e formalizza le proprie conclusioni motivando l'assenso favorevole o meno alla realizzazione del progetto (fase 3).

Non vi è un obbligo da parte dell'amministrazione di attenersi alle conclusioni del rapporto; tuttavia, qualora il decisore si orienti a disattendere gli esiti dell'*enquête* ne deve fornire specifiche e convincenti motivazioni (fase 4).

In Figura 2 è riportato il diagramma funzionale dell'*enquête* con la relativa tempistica attuativa.

Alla relativa informalità dell'*enquête publique*, si contrappone la precisa regolamentazione di un diverso istituto per la localizzazione delle opere pubbliche: il *Debat public*. La procedura, introdotta nel 1995 e perfezionata nel 2002, si applica ai soli grandi progetti infrastrutturali strategici: è regolata dagli articoli L121-1 ss. e R121-1 ss. del *Code de l'environnement*, che l'affida alla *Commission National du debat public*, com-

Figura 2. Diagramma funzionale Enquete publique.



posta da 21 membri (parlamentari, rappresentanti di istituzioni territoriali e locali, giudici amministrativi ed ordinari, rappresentanti di associazioni ambientaliste e di utenti).

La Commissione garantisce che le dovute informazioni siano messe a disposizione del pubblico ed effettua uno *screening* preliminare del progetto per decidere se la partecipazione è necessaria. In caso affermativo essa assegna la procedura di *Debat Public* al *maitre d'ouvrage*, appartenente all'ente pubblico responsabile dell'opera, ovvero istituisce un'apposita commissione: all'organo designato impone altresì le modalità di partecipazione pubblica. Entro due mesi dalla chiusura del *Debat*, il responsabile pubblica un rendiconto oggettivo ed un bilancio degli esiti emersi, ma non ha facoltà di pronunciarsi definitivamente sul merito del progetto: tale prerogativa resta comunque al *maitre d'ouvrage* o all'ente pubblico responsabile dell'opera, che, nei tre mesi dalla pubblicazione del rendiconto e del bilancio, assume le decisioni relative alla realizzazione del progetto ed alle sue condizioni, precisando eventuali variazioni apportate in seguito al *debat public* (Figura 3).

Il modello toscano

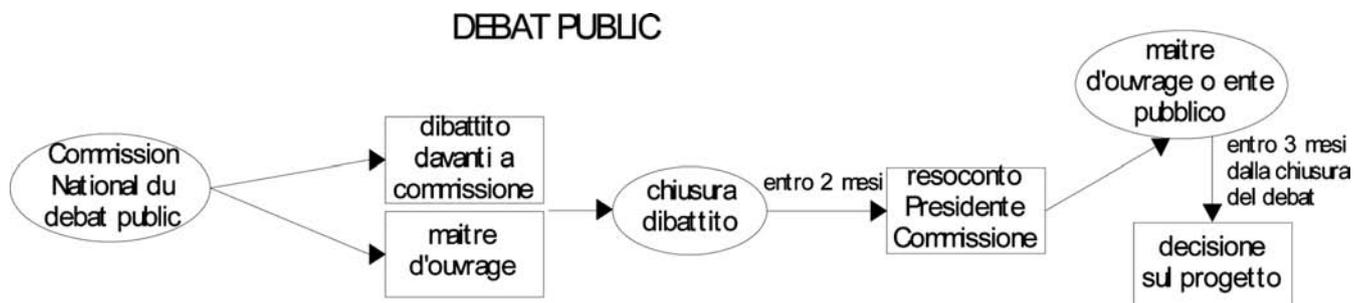
Più sofisticato è il modello toscano, definito dalla legge regionale 27 dicembre 2007 n.69, che fa assurgere a rango di diritto la partecipazione

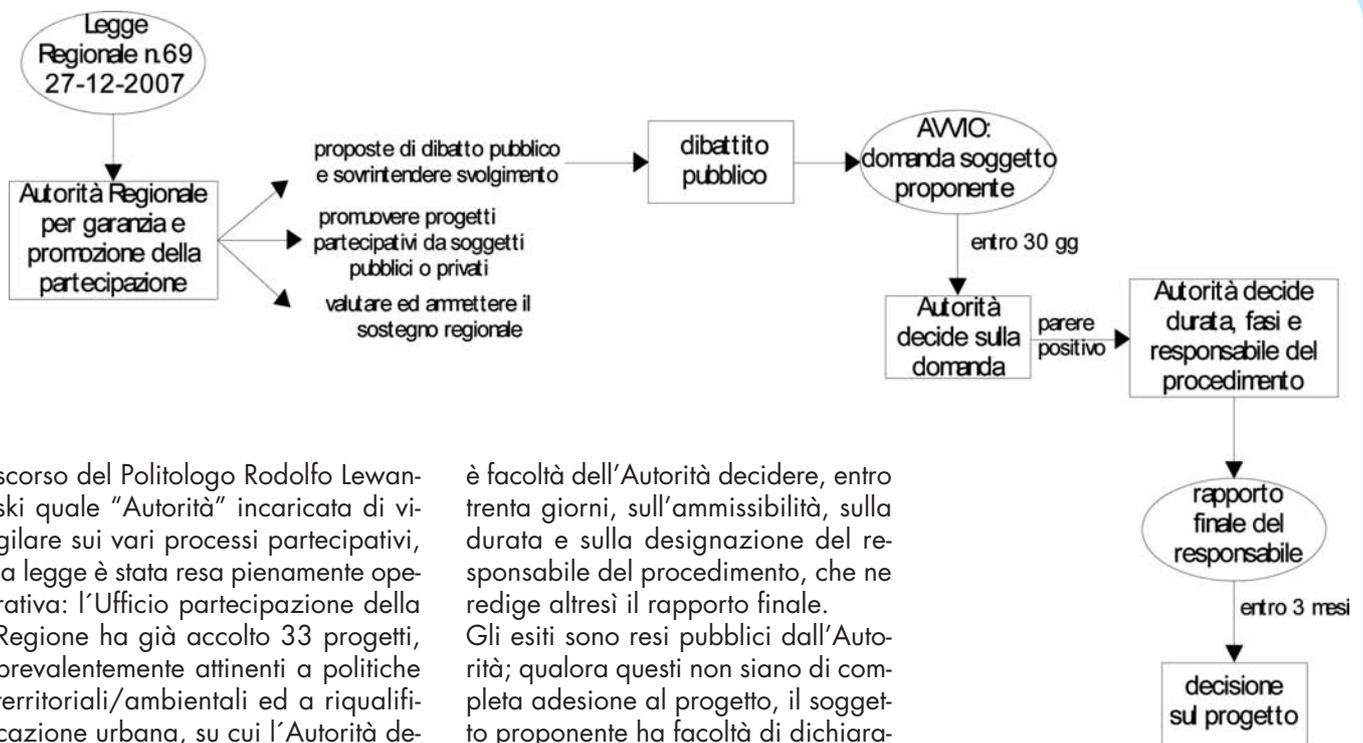
all'elaborazione ed alla formazione delle politiche regionali e locali e pone come obiettivo quello di promuovere la partecipazione come forma ordinaria di amministrazione e di governo della Regione in tutti i settori e livelli amministrativi.

I momenti più importanti dell'elaborazione del provvedimento legislativo furono due *Town Meeting*, svoltisi a Marina di Carrara nel novembre 2006 e del 2007 con l'impiego innovativo di tecnologie della comunicazione, a cui parteciparono 500 cittadini; detti *meetings* furono il momento conclusivo di un ampio programma di incontri in varie parti della Toscana che hanno coinvolto tutti i soggetti istituzionali, giuristi, politologi, sociologi, le parti sociali; nessuno, né singolo né associato, è stato escluso, al fine di pervenire ad un testo che, espressione vera di partecipazione, garantisca a sua volta la partecipazione, onde superare il gap fra cittadini e politica che ha messo in crisi il modello tradizionale della democrazia rappresentativa. Difatti la legge è stata definita come: "un antidoto all'antipolitica, un punto di incontro tra democrazia partecipativa e democrazia rappresentativa per fare prima e meglio, una scommessa anche sulle capacità dei cittadini perché sui grandi progetti si apra una discussione prima e non quando, all'inaugurazione di un cantiere, si alzano le prime proteste".

Dopo la nomina da parte del Consiglio regionale nel settembre 2008

Figura 3. Diagramma funzionale Debat Public.





scorso del Politologo Rodolfo Lewanski quale "Autorità" incaricata di vigilare sui vari processi partecipativi, la legge è stata resa pienamente operativa: l'Ufficio partecipazione della Regione ha già accolto 33 progetti, prevalentemente attinenti a politiche territoriali/ambientali ed a riqualificazione urbana, su cui l'Autorità deve pronunciarsi prima che siano ammessi a finanziamento e che se ne decida l'entità.

L'Autorità regionale per la garanzia e la promozione della partecipazione, che si configura come un organo monocratico nominato dal Consiglio Regionale, è titolare di tre compiti principali:

1. Valutare ed ammettere proposte di dibattito pubblico su grandi interventi e sovrintendere al loro svolgimento;
2. Promuovere progetti partecipativi diversi dal dibattito pubblico da parte di soggetti pubblici o privati;
3. Valutare ed ammettere al sostegno regionale i progetti partecipativi presentati.

Le soluzioni organizzative attraverso le quali la partecipazione si realizza non sono codificate, salvo l'obbligo di includervi il dibattito pubblico prima dell'adozione di qualsiasi atto amministrativo inerente al progetto preliminare; in tutti gli altri casi il dibattito può essere richiesto dal soggetto che propone il grande intervento, da chi contribuisce alla realizzazione, da enti locali coinvolti o da un determinato numero di cittadini ed

è facoltà dell'Autorità decidere, entro trenta giorni, sull'ammissibilità, sulla durata e sulla designazione del responsabile del procedimento, che ne redige altresì il rapporto finale.

Gli esiti sono resi pubblici dall'Autorità; qualora questi non siano di completa adesione al progetto, il soggetto proponente ha facoltà di dichiarare, entro tre mesi dalla pubblicazione e con ampia motivazione, se intenda rinunciare del tutto al progetto o presentarne un'alternativa che recepisca in tutto o in parte le osservazioni raccolte ovvero di essere determinato ad insistere sul medesimo progetto. Il diagramma funzionale è riportato in Figura 4.

Una proposta per la Regione Campania

Di fronte all'esigenza inalienabile di garantire la più ampia partecipazione al perseguimento della sostenibilità territoriale/ambientale di tutte le ipotesi di sviluppo, particolarmente in ordine alla collocazione di grandi infrastrutture e di *facilities* percepite come dannose, gli scriventi condividono in pieno gli intenti della Regione Campania di dotarsi di una propria regolamentazione dei processi decisionali ed operativi, riferiti alle opere di propria diretta competenza o che in qualsiasi forma godano di contributo finanziario maggioritario dell'Ente, nonché delle modalità di formazione del proprio contributo ai procedimen-

Figura 4. Diagramma funzionale Modello Toscano.

ti inerenti di valenza nazionale e/o promosse da organismi statali. Riten- gono, tuttavia che la risposta legisla- tiva fin qui formalizzata¹ da un lato sia pletorica ed in qualche punto di- sorganica e contraddittoria, dall'altro non sia sufficientemente efficace per conferire rapidità alle decisioni né of- fra garanzie all'opinione pubblica sul- l'oggettività dei percorsi per perve- nirvi: tutto ciò lascia scoperti gli or- ganismi politici nei confronti di malin- tenzionati e facinorosi, che non esita- no a manifestare intempestivamente dissensi rispetto a scelte di fonda- mentale interesse pubblico, con il pre- testo che non siano state sufficiente- mente istruite al momento opportuno. Gli scriventi ritengono che l'inderoga- bile necessità di ripristinare ordine e razionalità nei percorsi decisionali sugli assetti del territorio regionale, ai fini della ripresa dello sviluppo, im- ponga di rivedere l'assetto normati- vo, ampliando gli spazi di consulta- zione per conferire alle decisioni au- torevolezza e continuità istituzionale. Le parole chiave del processo che si propugna sono: qualità e gradualità del progetto, condivisione, vigilanza e sanzioni.

Qualità e gradualità del progetto

La qualità del progetto (prodotto del- la più elevata attività intellettuale e creativa dell'ingegnere che, per la ri- soluzione di un problema definito dal piano, contempera al meglio le con- trastanti esigenze tecniche/economi- che/ambientali) è presupposto indi- spensabile per un esito soddisfacente nella realizzazione di un piano. Que- sto semplice concetto, acquisito irre- vocabilmente da decenni in tutti i paesi sviluppati, stenta a divenire pa- trimonio degli italiani (in particolare dei meridionali), che tendono a col- locare la concezione di un'opera d'ingegneria in una posizione subor- dinata e strumentale della disponibi- lità delle risorse finanziarie per rea- lizzarlo: il risultato, sotto gli occhi di tutti, è che gli investimenti non si rea-

lizzano e le risorse o si disperdono in partenza (revoca dell'UE o rastrella- mento nelle periodiche operazioni di risanamento della finanza pubblica) o si palesano insufficienti in corso d'opera, con nefaste conseguenze sui tempi di realizzazione.

Gli antidoti di tale disfunzione, prati- cati e sperimentati in tutto il mondo, sono:

- L'attenzione e l'incentivazione (con corrispondenti gravi sanzioni per gli inadempienti e gli immeritevo- li, calibrate sullo scostamento del risultato dagli obiettivi) della pro- fessionalità degli autori, che non sono solo i progettisti, ma anche i loro contraddittori di parte pubbli- ca (Responsabili del procedimento ed Organismi di tutela ambien- tale, che debbono partecipare a pie- no titolo al processo di concezio- ne e sviluppo del progetto e quin- di debbono disporre di autorevo- lezza e di bagaglio culturale ade- guato); ciò presuppone anche il ri- corso, per tutte le opere più signi- ficative, ai procedimenti competi- tivi (concorsi di progetto e/o d'idee) in sostituzione delle asetti- che gare di servizi di progettazio- ne, fondate su parametri quantita- tivi (fatturati, numero di dipenden- ti, ecc.) pressoché irrilevanti per la garanzia del prodotto.

Naturalmente la suddetta attenzio- ne alla qualità del progetto si deve tradurre anche nella destinazione di risorse economiche e temporali alla compilazione dei progetti, in- cluse le indagini preliminari, in- comparabilmente maggiori, in li- nea con tutti i paesi che hanno im- boccato decisamente la strada di moralizzazione e razionalizzazio- ne che si sta propugnando.

- Il concepimento delle opere com- plesse, dall'inserimento nella pia- nificazione attuativa al progetto definitivo segue un percorso che deve essere caratterizzato da gra- dualità e continuità:
 - lo studio di fattibilità, prodromi- co all'inserimento dell'opera nel piano triennale, ha il compito di

1 – Legge Regionale N. 3 Del 27.02.2007 "Disciplina dei lavori pubblici, dei ser- vizi e delle forniture in Campania".
– D.G.R. n. 203 del 05.03.2010 "Indi- rizzi operativi e Procedurali per lo svol- gimento della V.A.S. in Regione Cam- pania".
– D.G.R. n. 324 del 19.03.2010 "Linee Guida per l'effettuazione della Valuta- zione di Incidenza in Regione Cam- pania".

verificare l'utilità dell'opera, ai fini della soddisfazione dei bisogni e di dimensionarla,

- al progetto preliminare, presupposto per il reperimento e la destinazione delle risorse, è affidato il compito di calare l'opera nel territorio e di definirne l'assetto piano volumetrico e compositivo;
- il progetto definitivo deve definire tecnologicamente l'opera nel suo insieme e ciascuna delle sue componenti: è il documento finale per l'appalto integrato o per l'affidamento a Contraente Generale, che sono universalmente (soprattutto all'estero) considerate le forme contrattuali più idonee alla realizzazione di opere pubbliche.

Il passaggio da ciascuna fase alla successiva è segnato da un momento formale di verifica del prodotto e di indirizzo per gli sviluppi successivi; è palese che la completezza dell'analisi e l'irrevocabilità delle decisioni, da sottrarre alla mutevolezza delle opinioni espresse e quindi anche degli organismi istituzionali che le formulano, sono il presupposto dell'ordinato sviluppo del processo e della sua efficienza.

- L'obiettivo di cui al precedente comma rende indispensabile l'ottimizzazione normativa ed applicativa degli strumenti apprestati allo scopo: Accordo ed Intesa Istituzionale di Programma, Conferenza di servizi, Valutazione Ambientale Strategica di piani e programmi (VAS), Valutazione d'Impatto Ambientale dei progetti (VIA).

Nell'ambito di queste procedure la chiave di volta è la "consultazione/partecipazione", anche al fine di creare una consapevolezza diffusa dei benefici/costi dei singoli interventi e di assicurare l'opinione pubblica sulla ponderazione dedicata dagli organismi decisionali all'esame comparativo delle alternative: a questo fine la traccia segnata dalla Regione Toscana

sembra la più promettente, ma deve essere adattata ad un ambiente più "anarchico" e sfiduciato verso le istituzioni, quale è quello campano.

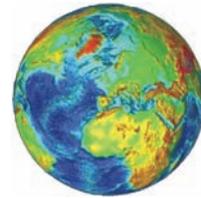
- Le modalità d'appalto e le relative forme contrattuali sono l'ultimo, ma non meno importante, anello di questa catena virtuosa; sull'esigenza di privilegiare gli strumenti più moderni (appalto integrato e affidamento a Contraente Generale) si è già detto, ma l'obiettivo primario del conseguimento di condizioni "europee" nel delicato e tormentato settore del rapporto pubblico/privato per la realizzazione degli investimenti, non si consegue se non si presta la dovuta attenzione ai due seguenti corollari:
 - valorizzazione della procedura di "validazione finale" dei progetti da porre a base d'appalto, che lungi dall'attuale contenuto puramente formale deve acquisire un rilievo sostanziale, che può garantire solo la responsabilizzazione (anche patrimoniale) degli organismi abilitati ad eseguirla ed il contenimento dei casi e delle occasioni in cui è lecito apportare varianti in corso d'opera ai progetti,
 - razionalizzazione e rafforzamento delle forme di assicurazione (*performance bond*) a garanzia dei risultati (tecnici, economici e temporali) da prescrivere nei contratti.
- Ogni regolamentazione, anche la più avanzata, è inefficace se non prevede controlli e sanzioni, affidate ad organismi sufficientemente strutturati e competenti, nonché legittimati ad irrogare sanzioni agli inadempienti. In linea con la pratica legislativa moderna, anche di quella nazionale dei LL.PP., gli scriventi pensano ad un'Autorità indipendente, costituita da giuristi e tecnici di elevato e riconosciuto prestigio, nominati dal Consiglio Regionale a maggioranza qualificata.

A conclusione di queste loro riflessioni, nel ringraziare l'organo dell'Ordine degli Ingegneri che le ha ospitate, i sottoscritti affidano alla rappresentanza della categoria il compito di esercitare le necessarie azioni di sano *lobbying* sulla nuova amministrazione regionale per l'avvio della revisione della L.R. 03/07, a cui fin d'ora si offrono di collaborare disinteressatamente, nella convinzione che al vantaggio degli ingegneri di uscire dall'angolo in cui sono costretti da anni, si coniuga un interesse fondamentale del nostro territorio.

Bibliografia Testi, Documenti ed Atti consultati

- Baffi E. *Il problema delle noxious facility e le misure compensative*. È possibile realizzare infrastrutture in Italia? A cura di Macchiati A., Napolitano G.
- Berta G., Manghi B. *Una Tav per partito preso*. Il Mulino. 2006
- Blanchetti E., Conti E. *Nimby Forum. La comunicazione, la negoziazione e il consenso territoriale come fattori strategici nella realizzazione di impianti industriali e grandi opere civili per lo sviluppo del Paese*. Nimby Forum 04-05, Milano. 2005.
- Bobbio L., Zeppetella, A. *Perché proprio qui? Grandi opere e opposizioni locali*. 1999.
- Discetti P. Lamberti R. "I metodi di supporto alla Valutazione di Impatto Ambientale". *Strade e Autostrade*, 4, 2007.
- Discetti P., Lamberti R. *Value Engineering in Railroads project*. ATT 2008 Atene 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation, May 27- 31, Athens Greece.
- Discetti P., Lamberti R. *Value engineering for context sensitive solutions*. Transportation Research Board, 88 Annual Meeting January 13-17 2009 Washington, DC.
- Discetti P., Lamberti R. *Context sensitive solutions in Practical Design*. Transportation Research Board, 89 Annual Meeting January 14-17 2009 Washington, DC.
- Discetti P., Lamberti R. *LSM and LCA for the environmental monitoring plan in construction highway*. 6th Asia Pacific Conference on Transportation & Environment, Shanghai, 18-20 March 2009.
- Discetti P., Lamberti R. Bradley S. *Context sensitive solutions to improve the roadway performance*. 4th International Symposium on highway Geometric Design 2-5 June 2010 Valencia.
- Casini L. *La partecipazione nelle procedure di localizzazione delle opere pubbliche. Esperienze di diritto comparato*.
- Circi M. *Il sistema di programmazione e finanziamento delle infrastrutture strategiche*. È possibile realizzare infrastrutture in Italia? A cura di Macchiati A., Napolitano G.
- Gobbo F. "Infrastrutture e sviluppo: alcune riflessioni sulla situazione italiana". *Economia Popolare*, 5-6, 2007.
- Lewanski R. *Democrazia delle infrastrutture, infrastrutture per la democrazia*.
- Lewanski R. "Environmental dispute resolution in Italy", in Weidner H. (ed.), *Alternative Dispute Resolution in Environmental Conflicts. Experiences in 12 Countries*. Berlin, Edition Sigma, 1997.
- Macchiati A., Napolitano G. *È possibile realizzare infrastrutture in Italia?*. 2009
- Messina G. *Le infrastrutture di trasporto nelle regioni europee: due misure a confronto*. È possibile realizzare infrastrutture in Italia? A cura di Macchiati A., Napolitano G.
- Messina G. *Un nuovo metodo per misurare la dotazione territoriale di infrastrutture di trasporto*.
- NimbyForum 05/06. *Infrastrutture, energia, rifiuti: l'Italia dei si e l'Italia dei no*. A cura di Blanchetti E. e Conti E., II edizione, 2006.
- Nimbyforum. *Governance territoriale, dialogo e sviluppo sostenibile per superare la crisi*. IV Edizione, 2008.
- Tonetti A. *La partecipazione nelle procedure di localizzazione di opere pubbliche: il caso italiano*. È possibile realizzare infrastrutture in Italia? A cura di Macchiati A., Napolitano G.
- Vittadini M.R. *Partecipazione, negoziazione/concertazione e consultazione: soggetti, ruoli e opportunità nel processo decisionale*. Valutazione ambientale.
- Zita F. *Apparato normativo e linee guida a supporto del processo partecipativo nella VIA: l'esperienza della Regione Toscana*. Valutazione ambientale.

PREVISIONE E PREVENZIONE DELLE CATASTROFI



Voir pour prévoir, prévoir pour prévenir
A. Comte "Philosophie positiviste" 1869

Nei giorni dal 16 al 18 settembre di quest'anno si è tenuta a Napoli una interessante conferenza sugli effetti delle catastrofi sulle costruzioni dei centri abitati urbani: *Urban habitat constructions under catastrophic events*, organizzatore dell'evento è stato il prof. Federico Mazzolani del Dipartimento di Ingegneria Strutturale dell'Università Federico II.

Studiosi di 23 nazioni, nella maggior parte molto noti, hanno consegnato, nelle oltre 300 memorie degli atti del convegno, la sintesi finale dei loro studi durati dal 2006 al 2010 e svolti su scala internazionale.

Da una lettura, sia pure rapida, sembra che si possa riconoscere in molte delle memorie presentate l'importanza della prevenzione e dedurre che i maggiori disastri, in concomitanza di eventi catastrofici, si sarebbero per lo più verificati per mancanza o per troppo superficiale prevenzione.

In definitiva dai risultati degli studi presentati, che descrivono le notevoli possibilità offerte attualmente dalla tecnica, sembra giusto desumere che se nella progettazione o nella manutenzione delle costruzioni, così come nelle scelte ambientali ed urbanistiche, si tenessero in conto, adottando opportuni criteri di sicurezza, i probabili eventi catastrofici, i danni da questi causati potrebbero essere scongiurati o ridotti.

Dunque i danni dovuti alle calamità naturali non sono da ascrivere a difetto della tecnica, ma piuttosto ad una manchevole filosofia di previsione e prevenzione.

Questa filosofia implica la consapevolezza di dover proiettare nel futuro, che forse nemmeno ci appartiene, la conseguenza delle nostre azioni e di farci carico del bene di uomini che non conosciamo e non conosceremo; implica in definitiva il riconoscimento che la responsabilità del nostro modo di operare è permanente in tutto il tempo avvenire, al di là di ogni nostro interesse.

La prevenzione diviene perciò problema non solo tecnico, ma sostanzialmente morale e politico.

Non c'è dubbio infatti che mentre i costi della prevenzione si pagano nel presente, i benefici si avranno in un futuro anche molto distante e, soprattutto, saranno non tangibili ed interessanti per il politico che sia privo di senso morale, perché non rappresentano il vantaggio immediato alla sua *visibilità* ed *eleggibilità*, ma rappresentano soltanto le catastrofi che saranno state evitate, delle quali non si avrà mai notizia.

Non va inoltre trascurata la circostanza, ormai ampiamente documentata, che per le costruzioni di maggiore rischio i costi di prevenzione nei confronti dei terremoti, che sono

Paolo Belli

“ La prepotente
invasione della tecnica in
tutte le fasi della nostra vita
chiama gli ingegneri a
svolgere un ruolo sempre
più importante: il compito
di vigilare, osservare,
prevedere e prevenire ”

le calamità più frequenti e diffuse, sono notevolmente inferiori di quelli occorrenti per le riparazioni e le ricostruzioni; nei confronti poi dei danni idrogeologici i costi di prevenzione potrebbero essere addirittura nulli, potendo essere la prevenzione, in una oculata e sapiente gestione del territorio, limitata a non operare dissennatamente. Dunque anche in relazione alla corretta amministrazione del danaro pubblico è doverosa la massima attenzione della politica alla prevenzione.

Esiste infine il problema della salvaguardia dei Beni Artistici ed Architettonici, che sono unici ed irripetibili, essi sono giunti a noi da secoli di storia passata ed abbiamo il dovere di conservarli per i secoli futuri.

Si potrebbe sospettare invece, se non fosse troppo cinico per essere vero, che da parte di alcuni politici, ci sia la propensione ad interessarsi delle calamità naturali solo nella fase dell'emergenza, perché pensano di ottenere un maggiore vantaggio sul piano elettorale e demagogico o anche perché, nella urgenza dell'emergenza, per la maggiore difficoltà o per la legalizzata assenza dei controlli, è più facile operare scelte dettate da interessi personali.

La previsione e la prevenzione andrebbero perciò considerate categorie fondamentali dell'etica e non dovrebbero, come tali, essere opzionali, ma viceversa essere considerate veri e propri obblighi per tutti gli operatori, dal politico al tecnico; così come ogni azione imprevedibile od ogni omissione di prevenzione dovrebbero essere considerate reati, specialmente se causano sofferenze e perdita di vite umane.

Abbiamo ancora tutti vive le immagini, terrificanti, del terremoto dell'Aquila e del disastro idrogeologico di Atrani, solo per citare due calamità recenti e vicine sul nostro territorio, ma a fronte della scarsità degli aiuti e la pomposità delle promesse, non sono state date notizie sicure su accertate responsabilità, né tanto meno

notizie di sanzioni nei confronti di eventuali responsabili. Il problema è indubbiamente difficile perché ormai le responsabilità sono generalizzate e stratificate in un lungo periodo di tempo, ma pene certe rappresenterebbero un efficace deterrente.

Non possono infine rimanere inosservate alcune evidenti contraddizioni. Ad esempio la prevenzione in campo sanitario con le vaccinazioni di massa per ceppi di influenza stagionali o per altre epidemie vere o presunte e le assicurazioni obbligatorie nei confronti degli incidenti automobilistici suscitano attenzione da parte dei pubblici amministratori e comportano impegni di spesa spesso ingiustificatamente superiori in rapporto a quelli che si rivolgono alla difesa, contro le calamità naturali, delle vite umane o del patrimonio artistico, storico e monumentale.

La tecnica d'altra parte, come testimoniano gli atti del convegno, pone a disposizione strumenti di indagine e di monitoraggio di enorme potenzialità ed offre mezzi di notevole efficienza per la difesa contro le principali calamità, strumenti e mezzi che il veloce progresso della scienza e della tecnica rende sempre più efficaci; anche le indagini statistiche e le teorie probabilistiche divengono sempre più attendibili ed affidabili, per il numero sempre maggiore di dati disponibili, ne consegue che la previsione diviene sempre meno incerta ed il dovere della prevenzione sempre più cogente.

Le considerazioni espresse in questa sede sono soprattutto rivolte agli ingegneri, specialmente ai giovani.

La prepotente invasione della tecnica in tutte le fasi della nostra vita chiama infatti gli ingegneri a svolgere un ruolo sempre più importante, spesso anche politico; al loro senso di responsabilità, maturato anche dalla severità dei loro studi universitari, in una società prevalentemente disattenta e superficiale, è perciò affidato il compito di vigilare, osservare, prevedere e prevenire.

VULNERABILITÀ SISMICA DI EDIFICI SCOLASTICI IN MURATURA DI TORRE DEL GRECO

PARTE PRIMA

Gli edifici e i metodi di indagine esaminati



SOMMARIO

La presente memoria si inquadra nell'ambito della attività del Gruppo di lavoro n. 4 (WG4) "Risk Assessment for Catastrophic Scenarios in Urban Areas" del progetto di ricerca europeo COST Action C26 "Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events" (chair: F.M. Mazzolani) ed ha per oggetto la valutazione della vulnerabilità sismica di alcune scuole in muratura di Torre del Greco. Gli edifici scolastici, realizzati in muratura di blocchi di tufo, sono stati rilevati dal punto di vista geometrico e meccanico e la loro vulnerabilità sotto azioni sismiche è stata valutata mediante diverse metodologie di indagine. In particolare, sono state impiegate le seguenti procedure di analisi: 1) metodo GNDT-CNR (CNR, 1993a, b), basato sulla rapida compilazione di schede di rilievo; 2) metodo VM (Dolce e Moroni, 2005), un approccio semi-qualitativo in cui viene compilato uno specifico foglio di calcolo che restituisce le PGA dell'edificio con riferimento a specifici stati limite; 3) metodo FaMIVE (D'Ayala e Speranza, 2002), che consente di valutare la vulnerabilità nel piano e fuori piano di strutture murarie, una volta definite le loro principali proprietà geometriche e meccaniche; 4) programma 3MURI (S.T.A.DATA, 2010), che consente di valutare la vulnerabilità di edifici in muratura mediante analisi statiche non linea-

ri. I risultati ottenuti dall'applicazione dei diversi metodi esaminati sono stati tra loro confrontati, consentendo la definizione di una graduatoria di vulnerabilità sismica delle scuole oggetto di indagine, utile per la programmazione di futuri interventi di adeguamento.

INTRODUZIONE

Dopo il terremoto molisano del 2002, dove il crollo della scuola elementare "Francesco Iovine" di San Giuliano di Puglia causò la morte di 27 bambini e un insegnante, grande attenzione è stata rivolta al problema della vulnerabilità sismica degli edifici scolastici (Dolce, 2004). Il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile cercò immediatamente di individuare le cause generali di tale problema, proponendo lo sviluppo sia di una nuova zonazione sismica del territorio italiano che di una normativa sismica allineata ai principi progettuali dei moderni Eurocodici. Cinque mesi dopo il terremoto, un decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri (P.C.M., 2003) dispose che entro cinque anni dalla data di stesura di tale decreto avrebbe dovuto essere valutata la vulnerabilità sismica di tutti gli edifici pubblici strategici, comprese scuole, ospedali ed infrastrutture in aree a medio ed alto rischio, al fine di impostare un programma di riabilitazione sismica. Attualmente le disposizioni della nuova

A. Formisano*
F.M. Mazzolani**

Dipartimento di Ingegneria Strutturale
Università di Napoli Federico II
*antoform@unina.it
**fmm@unina.it

“ I risultati ottenuti dall'applicazione dei diversi metodi esaminati sono stati tra loro confrontati, consentendo la definizione di una graduatoria di vulnerabilità sismica delle scuole oggetto di indagine ”

normativa tecnica italiana, promulgata con un decreto ministeriale (D.M., 2008) reso attuabile mediante un'opportuna Circolare Ministeriale (C.M.) nel febbraio 2009, rappresentano l'unico riferimento normativo da utilizzare a partire dal 1 luglio 2009 sia nella progettazione di nuove strutture che nell'adeguamento di quelle esistenti.

Partendo da tali premesse, la presente memoria ha l'obiettivo di valutare la vulnerabilità sismica delle principali scuole in muratura di Torre del Greco, la città più popolata della provincia di Napoli posta sul versante sud del Vesuvio nella cosiddetta "zona rossa", ossia nell'area territoriale che dovrebbe subire maggiormente gli effetti dell'eruzione del vulcano.

Tale attività è inquadrata nell'ambito del progetto di ricerca europeo COST Action C26 "*Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events*" (<http://www.civ.uth.gr/cost-c26/>), che ha lo scopo di valutare la vulnerabilità del tessuto urbano edificato nei riguardi delle azioni (naturali e artificiali) catastrofiche. In particolare, il complesso scenario di rischio derivante da una possibile eruzione del Vesuvio è stato assunto come caso di studio nel Gruppo di lavoro n. 4 (WG4) "*Risk Assessment for Catastrophic Scenarios in Urban Areas*" del progetto stesso. Nell'ambito di tale progetto, nel Gennaio 2009 è stata organizzata un'attività di rilievo in situ di una serie di edifici residenziali e scolastici. Le istituzioni coinvolte in tali attività di analisi e rilievo sono state le seguenti: 1) Università degli Studi di Napoli Federico II; 2) Seconda Università di Napoli; 3) Università di Malta; 4) Università di Aveiro (Portogallo); 5) ENEA (Ente Nazionale Italiano per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile) e 6) Centro PLINIVS (Centro di Ingegneria Sismica, Vulcanica e Idrogeologica).

Quattro squadre (A, B, C e D), ciascuna composta da quattro persone, hanno rilevato tre diverse zone della

città. La prima zona, comprendente 281 edifici, coincide con il centro storico di Torre del Greco; la seconda zona, considerata "area sacrificale", è costituita da 20 edifici residenziali posti in un'area decentrata rispetto al cuore cittadino a distanza di 4 km dal cratere del Vesuvio; la terza zona comprende 15 edifici scolastici dislocati in zone differenti del territorio urbano (Florio et al., 2010). Ciascuna squadra ha ispezionato un'area nelle zone sopra identificate, in accordo a quanto illustrato in Figura 1. Nel presente contesto l'attenzione è focalizzata sugli edifici scolastici, che sono stati sottoposti inizialmente ad un esame visivo accompagnato da rilievo fotografico, con l'obiettivo di riempire una scheda di rilievo sviluppata *ad hoc* dal Centro PLINIVS, e successivamente analizzati mediante appropriate metodologie semplificate e raffinate di analisi allo scopo di valutarne la vulnerabilità sismica e vulcanica. In particolare, nella presente memoria sono state applicate una serie di metodologie di analisi di vulnerabilità sismica, aventi differenti grado di complessità, a cinque edifici scolastici in muratura di tufo ritenuti rappresentativi del panorama costruttivo delle scuole in muratura di Torre del Greco. Tale attività ha consentito di definire una classificazione degli edifici in funzione della loro suscettibilità a subire danni in caso di terremoti, rappresentando al tempo stesso un strumento di primaria importanza per la programmazione prioritaria di interventi di adeguamento futuri.

GLI EDIFICI SCOLASTICI OGGETTO DI INDAGINE

Le attività di rilievo e di analisi sono state condotte sui seguenti cinque edifici scolastici:

- 1) Orsi;
- 2) Chiazolette-Camaldoli;
- 3) Leopardi-Campanariello;
- 4) Mazza;
- 5) Sauro.



Figura 1. L'attività di rilievo in sito di alcune aree urbanizzate del comune di Torre del Greco eseguita nell'ambito del progetto di ricerca COST C26.

La configurazione planimetrica e la vista "a volo di uccello" degli edifici scolastici investigati sono riportate in Figura 2, dove ogni costruzione è identificata con un simbolo di 7 cifre fornito dalla regione Campania.

La scuola elementare Orsi (Figura 2a) si compone di due parti: la prima parte è stata costruita tra il 1946 e il 1960, mentre la seconda è stata aggiunta più di recente (1972-1981). Ogni parte si sviluppa su due piani, per un'altezza totale di circa 7 m. La struttura, regolare sia in pianta che in elevazione, è costituita da muratura di blocchi di tufo squadriati che sorreggono solai di calpestio e copertura del tipo misto in cemento armato e laterizio. L'edificio, sottoposto a interventi di manutenzione straordinaria tra il 1971 e il 1981, è in buono stato di conservazione.

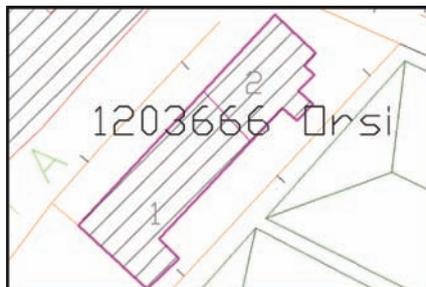
La scuola elementare Chiazzolelle-Camaldoli (Figura 2b) è stata co-

struita tra il 1946 e il 1960. L'edificio si sviluppa su due piani, per un'altezza totale di circa 6 m. La struttura è regolare in pianta ed in elevazione. La struttura portante verticale è costituita da muratura di blocchi squadriati di tufo, mentre quelle orizzontali sono realizzate con solai piani di tipo misto latero-cementizio. L'edificio, sottoposto a interventi di manutenzione straordinaria dopo il 2001, è in buono stato di conservazione.

La scuola elementare Leopardi-Campanariello (Figura 2c) è stata realizzata tra il 1919 e il 1945. L'edificio si sviluppa su due piani, ciascuno con altezza di circa 3 m. La struttura è irregolare sia in pianta che in elevazione. La struttura portante verticale è costituita da blocchetti di muratura di tufo squadriati, mentre quelle orizzontali ed il tetto hanno struttura piana costituita da solai latero-cementizi.



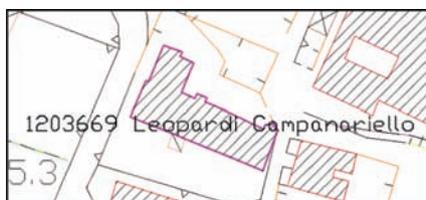
a



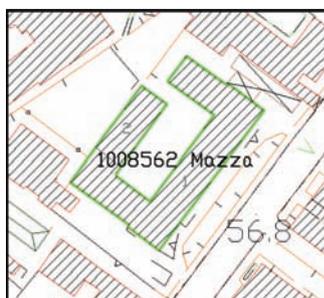
b



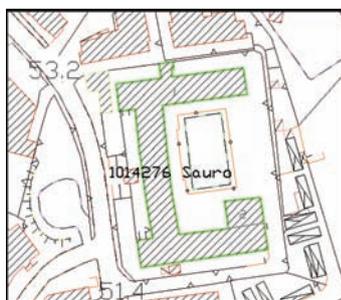
c



d



e



L'edificio è stato sottoposto a interventi di manutenzione straordinaria dopo il 2001 e al momento attuale è in buono stato di conservazione.

I due edifici della scuola elementare Mazza (Figura 2d) sono stati costruiti tra il 1919 e il 1945. Il primo edificio si sviluppa su quattro piani per un'altezza totale di 15.25 m, mentre il secondo si sviluppa su un unico livello di altezza 3.75 m. Il primo edificio non è regolare in pianta, ma regolare in elevazione, mentre la seconda struttura è regolare sia in pianta che in alzata. La struttura portante verticale del primo edificio è costituita da blocchi di tufo, mentre le strutture orizzontali sono realizzate sia con solai piani in acciaio e tavelloni, sia con volte. La struttura verticale del secondo edificio è costituita invece da telai in cemento armato completati da pareti di tamponamento, mentre quelle orizzontali sono realizzate con solai piani latero-cementizi. Le coperture dei due corpi di fabbrica sono entrambe piane: la prima realizzata con solai misti in travi di acciaio e tavelloni, la seconda con solai misti in c.a. e pignatte. Nel complesso, gli edifici si presentano in uno stato scadente di conservazione.

Infine la scuola elementare Sauro (Figura 2e) si compone di due parti: la prima è stata costruita prima del 1919, mentre la seconda è stata aggiunta più di recente (1972-1991). Il primo edificio è regolare solo in altezza, mentre il secondo è regolare anche in elevazione. La struttura principale verticale del primo edificio, sviluppato su 2 piani, è in muratura di tufo, mentre le strutture orizzontali sono realizzate con solai misti latero-cemento. La struttura del secondo edificio, che si sviluppa su 3 piani, è costituita da telai in cemento armato completati da pareti di tamponamento. Entrambe le costruzioni, con una altezza totale di circa 10 metri, hanno copertura piana realizzata con travetti in c.a. gettati in opera e pignatte in laterizio. La condizione generale degli edifici è sostanzialmente buona.

Figura 2. Le scuole in muratura di Torre del Greco oggetto di indagine.

METODI DI ANALISI DELLA VULNERABILITÀ SISMICA

La procedura CNR-GNDT

Come primo strumento di indagine per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici scolastici oggetto di indagine è stata esaminata la procedura di analisi messa a punto dal Gruppo Nazionale per la Difesa contro i Terremoti (GNDT) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Il metodo valuta il comportamento sismico dell'edificio mediante la compilazione di un'opportuna scheda di rilievo che restituisce un indice di vulnerabilità. Il metodo CNR-GNDT può essere applicato sia a edifici in muratura che in cemento armato, considerando che esiste una scheda particolarmente dettagliata per ognuno di essi (GNDT, 1994).

In tali schede vengono riportate le caratteristiche principali dell'edificio, ossia il tipo di costruzione, il suo impiego e lo stato di conservazione, la qualità dei materiali, il sistema strutturale, gli aspetti geometrici della struttura, ecc. Questi elementi distintivi dell'edificio sono poi schematicamente rappresentati mediante undici parametri, ognuno dei quali risulta caratterizzato da quattro classi aventi un determinato punteggio. Ciascun parametro risulta poi contraddistinto da un certo fattore di peso, che rappresenta il grado di importanza di tali fattori di vulnerabilità nella determinazione della resistenza strutturale dell'edificio alle azioni sismiche. L'indice di vulnerabilità è infine ottenuto come sommatoria dei punteggi relativi alla classe considerata per ciascun parametro moltiplicati ognuno per il fattore di peso corrispondente. Al fine di facilitare il confronto in termini di vulnerabilità tra gli edifici in una determinata area di analisi, l'indice può essere poi normalizzato, andando a dividere il valore ottenuto dalla compilazione delle schede per un valore di riferimento. Se l'edificio risulta molto sensibile al collasso in caso di terremoto, il valore massimo normalizzato assume valore 1.0. In

caso contrario, quando la struttura non è suscettibile di subire danni da azioni sismiche, questo valore tende a zero.

La procedura VM

La metodologia utilizzata nell'ambito del progetto di ricerca SAVE "Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani" (Dolce e Moroni, 2005) consente di valutare la vulnerabilità di edifici in cemento armato (metodo VC) e di edifici in muratura (metodo VM), con particolare riferimento alle costruzioni pubbliche e strategiche, come scuole e ospedali, al fine di ridurre il danneggiamento, e di conseguenza il rischio, in caso di sisma. Tale metodo si basa su modelli di calcolo semplificati, implementati all'interno di un normale foglio di calcolo, che permettono di stimare il livello di accelerazione degli edifici nelle condizioni di operatività e di collasso, valutandone la vulnerabilità in funzione del rapporto tra i valori così ottenuti e le corrispondenti richieste di PGA forniti dagli spettri definiti nella nuova normativa tecnica (D.M., 2008) per ciascuna area del territorio nazionale. Il rischio risulta quindi legato alle condizioni di pericolosità sismica del sito di costruzione, anche tenendo conto dei possibili effetti di amplificazione locale, e può essere espresso pure in termini di periodo di ritorno del terremoto che produce il raggiungimento degli stati limite sopra citati.

Il metodo VM è applicato trascurando l'attivazione di possibili meccanismi di collasso delle pareti murarie fuori dal piano, considerando quindi efficaci collegamenti pareti-solaio, realizzati per mezzo di cordoli in c.a., e la presenza di solai adeguatamente rigidi nel proprio piano. Di conseguenza, sono considerati soltanto meccanismi di collasso nel piano. Il modello considera la plasticità ed i meccanismi di collasso dei maschi in muratura dovuti al taglio e/o alla presso-flessione, che consentono di determinare il taglio globale por-

tato dalla struttura. La resistenza al taglio nei riguardi delle forze orizzontali viene valutata secondo la formulazione di Turnsek e Cacovic (1970). Questa formula è in grado di valutare la resistenza di maschi murari tozzi, nei quali sono evidenti collassi per taglio, mentre sovrastima la resistenza di maschi snelli, in cui è considerevole l'interazione fra gli sforzi di flessione e quelli di compressione. Al fine di tener conto di tale situazione, il metodo applica un fattore di riduzione della resistenza al taglio in funzione della snellezza e della tensione media di compressione agente in ciascun maschio (D.M., 2008). La resistenza dell'edificio si ottiene quindi, per ciascuna direzione considerata, sommando il contributo di tutti i maschi murari, mentre la rigidità è determinata considerando la deformabilità a flessione e a taglio dei maschi stessi. Quindi, il metodo consente di trasformare le forze di piano in accelerazioni al suolo che determinano il raggiungimento delle condizioni critiche, vale a dire il limite di operatività e quello ultimo. Pertanto, l'accelerazione massima viene prima riportata al sito in cui si trova l'edificio, includendo anche l'amplificazione e la distorsione spettrale prodotta dal terreno deformabile. Successivamente, tale accelerazione viene comparata con quella che caratterizza l'evento sismico di progetto, al fine di determinare un indice di sicurezza sismica I_s . Infine, l'indice di vulnerabilità I_v può essere espresso come complemento a uno di I_s .

Il metodo FaMIVE

Il metodo FaMIVE "Failure Mechanisms Identification and Vulnerability Evaluation" si basa sull'analisi limite delle pareti di facciata degli edifici in muratura per la valutazione della vulnerabilità dei centri storici delle città europee (D'Ayala e Speranza, 2002). Tale procedura di analisi, che può essere applicata sia a singoli edifici che ad un complesso edilizio di medie dimensioni, esegue un dettagliato esame dei principali para-

metri geometrici e strutturali delle costruzioni murarie, facili da reperire attraverso rilievi speditivi dalla strada, che possono influenzarne le prestazioni sismiche.

In primo luogo, vengono identificati dagli operatori che eseguono il rilievo gli schemi tipologici ricorrenti, le tessiture murarie e la qualità dei materiali, che sono legati alla pratica costruttiva di un determinato luogo. Successivamente, vengono definite le dimensioni geometriche delle facciate accessibili e viene valutata la presenza di dispositivi di rinforzo. I dati ottenuti dal rilievo di ciascun edificio vengono associati alle tipologie ed ai materiali costruttivi previsti nella scheda.

Questa fase rappresenta uno step cruciale del processo di indagine, in quanto identifica la struttura da sottoporre ad analisi. Rimane, tuttavia, un margine di incertezza, registrata sulla scheda di rilievo, che accompagna questa identificazione. Sulla base delle informazioni raccolte, il metodo associa poi a ogni parete esterna le condizioni di carico e di vincolo dedotte dall'indagine, individuando un gruppo di potenziali meccanismi sia nel piano che fuori dal piano della parete. Infine, il programma calcola il moltiplicatore ultimo dei carichi laterali, indicato con *ESC*, acronimo anglosassone di fattore di capacità a taglio equivalente (*Equivalent Shear Capacity*), che attiva l'inizio di ciascuno di questi meccanismi. Ciò consente di determinare l'indice di vulnerabilità di ciascuna facciata esterna dell'edificio mediante la seguente relazione:

$$V = \frac{d_i d_e}{ESC} \quad (1)$$

dove il fattore *ESC* è funzione del coefficiente di attrito, della snellezza e del grado di collegamento della parete muraria con le altre pareti ed il solaio, mentre d_e e d_i sono due fattori funzione rispettivamente dell'estensione della facciata interessata dal meccanismo e del carattere catastrofico o meno del collasso. A seconda

Indice di danno	Indice di vulnerabilità			
	$V > 10.5$	$10.5 > V > 5$	$5 > V > 2.5$	$2.5 > V > 0$
$1.5 > D > 0.8$	Molto alta	Alta	Media	Media
$0.8 > D > 0.4$	Alta	Media	Media	Bassa
$0.4 > D > 0$	Media	Media	Bassa	Bassa

Tabella 1. Matrice di vulnerabilità secondo la procedura FaMIVE.

del valore ottenuto per V , vengono definite quattro classi di vulnerabilità: bassa ($V < 3.5$); media ($3.5 < V < 7$); alta ($7 < V < 15$); estrema ($V > 15$). Si è mostrato che tali classi hanno una buona correlazione con i livelli di danno della scala macrosismica Mercalli modificata (MMI).

Il programma calcola un indice di danneggiamento D per ogni parete. Mediante tale indice è possibile classificare il livello di danneggiamento strutturale sulla base dei tre intervalli $[0-0.4]$, $[0.4-0.8]$ o $[0.8-1.5]$.

I meccanismi sono infine classificati in funzione del fattore ESC associato e dell'estensione del danno alle parti dell'edificio interessate dal meccanismo stesso (Tabella 1). Sulla base di tali informazioni è possibile infatti esprimere un giudizio sul grado di pericolosità associato ai diversi meccanismi di collasso, che determina la reale vulnerabilità dell'edificio.

Dal punto di vista pratico, la procedura è sviluppata per inserire direttamente i dati di rilievo in un foglio elettronico, dove vengono prima calcolati i moltiplicatori ultimi dei carichi

lateralmente per ciascun meccanismo possibile; poi viene selezionato il valore più piccolo fra questi ed infine viene identificata la classe di vulnerabilità dell'edificio.

Il software 3MURI

3MURI è un programma di analisi per la valutazione del comportamento di edifici in muratura mediante analisi statiche lineari e non lineari (S.T.A.DATA, 2010). Tale programma si basa su una procedura innovativa di analisi computazionale, il cosiddetto metodo "Frame by Macro Element" (FME), che è in grado di fornire tutte le informazioni richieste dai progettisti per analizzare nel dettaglio edifici in muratura, al fine di valutare correttamente il loro comportamento sismico. In particolare, 3MURI è in grado di simulare il comportamento delle strutture in muratura e miste, queste ultime caratterizzate dalla combinazione di elementi strutturali in muratura con quelli in acciaio, cemento armato o legno. L'analisi sismica può essere effettuata sia su strutture nuove che su quelle esistenti,

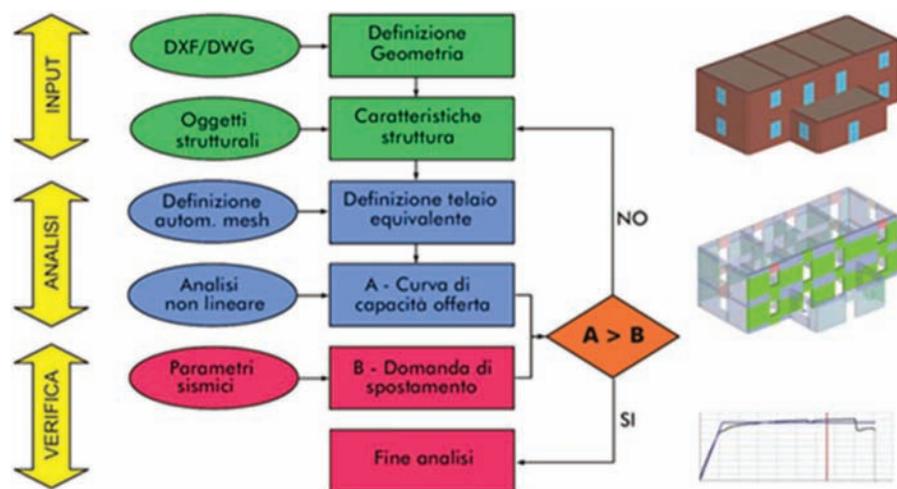


Figura 3. Fasi di calcolo del programma 3MURI.

consentendo di valutarne il grado di vulnerabilità. Quando il comportamento sismico di strutture esistenti non è soddisfacente, è possibile migliorarne la sicurezza nei riguardi del terremoto sia attraverso il rafforzamento della muratura esistente, sia tramite l'inserimento di nuovi elementi strutturali in muratura, cemento armato o materiali compositi fibro-rinforzati. 3MURI è un programma "user-friendly", che offre un'area di disegno per disegnare il modello geometrico della struttura mediante l'ausilio di comandi intuitivi, ed è dotato sia di un solutore per la creazione e la risoluzione di modelli computazionali che di un post-processore per la presentazione immediata dei risultati e l'implementazione della relazione di calcolo.

Gli step necessari alla definizione delle fasi di input, analisi e verifica strutturale sono illustrati sinteticamente sottoforma di diagrammi di flusso in Figura 3.

BIBLIOGRAFIA

Circolare Ministeriale n. 617 pubblicata il 02/02/09 (C.M.). 2009. *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/08*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 47, Supplemento Ordinario n. 27.

Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). 1993a. Gruppo Nazionale per la Difesa Dai Terremoti (GNDT). Rilevamento dell'Esposizione e Vulnerabilità Sismica degli Edifici. *Appendice No. 1 alla Pubblicazione "Rischio Sismico di Edifici Pubblici Parte I – Aspetti Metodologici"*, Roma.

Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). 1993b. Gruppo Nazionale per la Difesa Dai Terremoti (GNDT). Rilevamento della Vulnerabilità degli Edifici in Muratura. *Appendice No. 2 alla Pubblicazione "Rischio Sismico di Edifici Pubblici Parte I – Aspetti Metodologici"*, Roma.

D'Ayala, D. e Speranza, E. 2002. An integrated procedure for the assessment of seismic vulnerability of historic buildings.

Proc. 12th European Conference on Earthquake Engineering, Paper Reference 561.

Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici pubblicato il 14/01/08 (D.M.). 2008. *Nuove norme tecniche per le costruzioni*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.

Dolce, M. 2004. Seismic safety of schools in Italy. <http://www.oecd.org/dataoecd/43/36/33629104.pdf>.

Dolce, M. e Moroni, C. 2005. La valutazione della vulnerabilità e del rischio sismico degli edifici pubblici mediante le procedure VC (vulnerabilità c.a.) e VM (vulnerabilità muratura). *Report del Progetto SAVE - Strumenti Aggiornati per la Vulnerabilità sismica del patrimonio Edilizio e dei sistemi urbani – Task 2: Inventario e vulnerabilità degli edifici pubblici e strategici dell'Italia centro-meridionale*.

Florio, G., De Gregorio, G., Formisano, A., Faggiano, B., De Lucia, T., Terracciano, G., Mazzolani, F.M., Cacace, F., Conti, G., De Luca, G., Fiorentino, G., Pennone, C., Zuccaro, G., Borg, R., Coelho, C., Gerasimidis, S. e Indirli, M. 2010. Survey activity for the seismic and volcanic vulnerability assessment in the Vesuvian area: relevant masonry and r.c. school buildings in Torre del Greco. *Proc. of the COST C26 Final Conference*, Napoli, 16-18 Settembre (in fase di stampa).

Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT). 1994. *Scheda di esposizione e vulnerabilità e di rilevamento danni di primo livello e secondo livello (muratura e cemento armato)*. <http://www.civ.uth.gr/cost-c26/>.

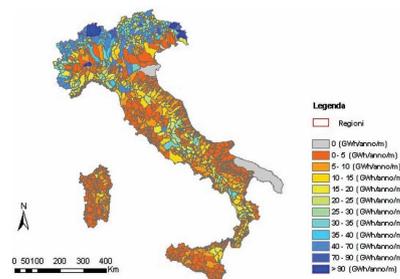
P.C.M. 2003. *Ordinanza N. 3274: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*.

S.T.A.DATA. 2010. 3MURI. *General description, version 4*. <http://www.3muri.com/3muri/documenti/3MuriGeneralDescription.pdf>

Turnsek, V. e Cacovic, F. 1970. Some Experimental Results on the Strength of Brick Masonry Walls. *Second International Brick Masonry Conference*, Stoke-on-Trent.

I PROBLEMI ENERGETICI NELLA GESTIONE INTEGRATA DEI SISTEMI IDRICI

Dopo la liberalizzazione del mercato elettrico



Sommario

La liberalizzazione del mercato elettrico offre l'opportunità ai gestori del servizio idrico integrato di ottenere sensibili risparmi sull'acquisto di energia elettrica, attraverso l'autoproduzione parziale o totale di quella occorrente nei processi di trasferimento della risorsa idrica e nella depurazione delle acque.

Già alla fine degli anni ottanta Enel e Cassa per il Mezzogiorno individuarono importanti opportunità di produzione idroelettrica lungo le aste dei fiumi e negli schemi idrici delle regioni meridionali. Più di recente Cesi Ricerche ha valutato su tutto il territorio nazionale il potenziale residuo idroelettrico, pervenendo a risultati di sicuro interesse specie per i gestori di servizi idrici, i quali possono sviluppare i loro piani energetici utilizzando anche altre energie rinnovabili analizzando, preliminarmente, i potenziali di disponibilità delle diverse fonti energetiche sul proprio territorio di competenza.

1. Introduzione

La legge di riordino dei servizi idrici n. 36/94, nota anche come legge Galli, impone la gestione del servizio idrico "secondo criteri di efficienza, di efficacia e di economicità" che, nonostante le modifiche ed integrazioni nel frattempo intervenute, sono tutt'ora validi. Mentre è ab-

bastanza semplice gestire un sistema idrico in maniera efficace, perché basta assicurare il servizio all'utenza "ad ogni costo" e ribaltare, di conseguenza, i maggiori oneri sull'utenza, non lo è altrettanto quando bisogna gestire con criteri di economicità, essenziali per contenere la tariffa del servizio idrico, perché questi sono strettamente legati all'efficienza della struttura di gestione. Il termine efficienza è di per sé intuitivo perché di uso comune ed ognuno ne ha un chiaro significato, ma in un sistema complesso come quello di una società di gestione, specie se ha la responsabilità dell'intero ciclo idrico integrato, l'efficienza è la sommatoria di un insieme di comportamenti "efficienti" tali da far conseguire l'obiettivo finale della gestione economica del servizio. Quindi è importante tenere sotto controllo la spesa corrente dell'azienda di gestione attraverso una serie di obiettivi strategici riguardanti le principali voci di spesa, atti a contenere l'aumento dei costi eliminando anche eventuali sprechi.

In particolare, obiettivo di questo lavoro è illustrare ciò che è possibile realizzare sia in termini operativi che strategici in merito ai costi energetici, che rappresentano una delle voci più importanti del bilancio di una società di gestione idrica.

Oggi i consumi di combustibili per autotrazione non sono sostituibili perché non è ancora vantaggioso l'utilizzo di energie diverse da quelle tra-

S. Villani

Libero professionista
già Dirigente A.R.I.N. S.p.A.
Consigliere della sezione campana
dell'Associazione Idrotecnica Italiana
Componente del comitato scientifico
dell'associazione Primate Denaum
salvatore.villani@alice.it

A. Ranucci

Dipartimento di Ingegneria Idraulica,
Geotecnica ed Ambientale,
Università degli Studi di Napoli Federico II
antonio.ranucci@unina.it

F. De Martino

ARCADIS
Agenzia Regionale Campana Difesa Suolo

“ Ad oggi molti Gestori di Sistemi Idrici, anche se non affidatari del S.I.I., hanno in corso programmi di produzione di energia elettrica prevalentemente da fonti rinnovabili o tradizionali ad elevata efficienza ”

dizionali, viceversa sta diventando sempre più vantaggioso produrre calore a bassa ed alta temperatura ed energia elettrica.

Come è noto, la recente liberalizzazione del mercato elettrico ha determinato una serie di vantaggi per gli utenti, come l'acquisto dell'energia sul mercato libero o il ricorso alla borsa elettrica. Ma l'aspetto più importante è certamente la possibilità di autoprodurre all'interno dell'azienda stessa di gestione, totalmente o parzialmente, l'energia necessaria per i propri fabbisogni o produrre sistematicamente energia oltre il fabbisogno interno per scambiarla sulla rete nazionale e ricavarne i benefici della vendita.

L'ipotesi di produzione di energia elettrica utilizzando le opportunità offerte dai sistemi idrici non è nuova perché i Gestori del Servizio Idrico posseggono, in generale, infrastrutture estese sul territorio ed hanno nelle loro disponibilità vaste aree asservite al servizio idrico, quindi il loro utilizzo per la generazione di energia elettrica ad un prezzo competitivo rispetto al mercato ha un valore strategicamente rilevante. Infatti, considerando che le dinamiche di aggiornamento della tariffa del servizio idrico non sono tali da adeguarsi rapidamente all'aumento dei costi, la riduzione delle spese energetiche contribuisce in maniera sostanziale a rendere la gestione del servizio idrico economicamente conveniente.

2. Le opportunità offerte dalla liberalizzazione del mercato elettrico e la gestione del sistema idrico integrato.

La produzione e distribuzione dell'energia elettrica in Italia è stata, praticamente da sempre, appannaggio di grandi società che fino al 1963, anno della nazionalizzazione dell'energia elettrica, avevano struttura con competenze territoriali, ampia partecipazione pubblica (IRI, mu-

nicipalizzate, ecc.) e provvedevano alle attività tecnico-economiche relative alla produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica. In seguito alla nazionalizzazione tutte le preesistenti realtà sul territorio, salvo alcune municipalizzate e realtà locali, furono unificate in un unico Ente Nazionale, cui furono conferite tutte le competenze e gli impianti delle preesistenti società. Fu, quindi, concentrato in esso la specifica competenza nella costruzione e gestione degli impianti di produzione, nelle reti di trasporto e distribuzione e le relative politiche di continuità e disponibilità del servizio elettrico. Ciò ha impedito, in generale, una formazione energetica da parte degli utilizzatori anche per le limitazioni imposte dalla legge di nazionalizzazione agli autoproduttori.

Oggi stiamo vivendo una profonda trasformazione dei servizi pubblici attraverso la loro generalizzata liberalizzazione, che ha imposto, con l'ingresso nel mercato di nuovi soggetti, criteri di economicità, quindi senza ripiano delle perdite da parte della collettività, e di remunerazione perché la tariffa applicata, oltre a pagare i costi del servizio, deve ripagare, a regime, anche gli investimenti in infrastrutture.

I servizi a più elevato contenuto economico, come le telecomunicazioni, l'energia e l'informazione, hanno già compiuto il processo di liberalizzazione, mentre altri, come i trasporti ed il servizio idrico sono ancora agli inizi del percorso. In particolare per il S.I.I., così come organizzato dalla legge 36/94 e sue successive variazioni, non si è ancora raggiunto il suo obiettivo né in merito alla presenza di quota di capitale privato nelle gestioni acquadottistiche né alla riduzione del numero di queste.

Tuttavia, anche se oggi esiste un panorama molto diverso da Regione a Regione e da nord a sud della Penisola, molte Aziende di Gestione, essendo venute a mancare il sostegno pubblico del ripiano delle perdite, stanno seguendo criteri economici te-

nendo sotto controllo i ricavi ed i costi e, pertanto, cominciano ad avere sempre maggiore attenzione per i consumi energetici, perché sia il processo di captazione, trasporto e distribuzione della risorsa idrica che quello di smaltimento dei reflui necessitano di considerevoli quantitativi di energia e la relativa voce di costo, di solito, è fra le più importanti per queste gestioni.

Per tenere sotto controllo il costo dell'energia è necessario mantenere in efficienza i due processi fondamentali del ciclo integrato: distribuzione idrica e smaltimento dei reflui. Bisogna, quindi, ridurre le perdite, gli sprechi e mantenere efficienti gli impianti di potabilizzazione e di depurazione. Ma, per abbattere i costi è necessaria anche una politica energetica fondata sulla produzione di energia elettrica, possibilmente da fonte rinnovabile con particolare riguardo alla fonte idroelettrica, secondo le opportunità che offre il territorio sul quale opera la società di gestione ed in considerazione che non esistono vincoli in merito a dove si produce e a dove si consuma, se non quelli derivanti dalle regole di connessione sulla rete elettrica pubblica e dalle condizioni economiche del servizio di dispacciamento dell'energia.

3. Ipotesi di piano energetico per la gestione del ciclo integrato delle acque

In generale la maggiore disponibilità idrica potabile è al di sotto della quota di utilizzo e ciò determina la necessità di sollevare grandi quantitativi di acqua ad una quota utile per la distribuzione con conseguente impiego di grandi quantità di energia. La spesa relativa è funzione della capacità di accumulo del sistema idrico; infatti, qualora si disponga di serbatoi con volumi circa uguali a quelli erogati nelle ventiquattrore è possibile concentrare i sollevamenti nelle ore notturne, approfittando della tariffa più favorevole, e ridurre i sollevamenti diurni solo per integrare i serbatoi affinché non si svuotino al di sotto di un determinato livello, considerato di sicurezza, per far fronte ad eventi imprevisti.

In mancanza di sufficienti capacità di accumulo si è costretti a far funzionare gli impianti di sollevamento a potenza costante tutti i giorni, con conseguenti maggiori costi perché costretti ad utilizzare le tre fasce orarie di tariffazione, similmente a quanto avviene per gli impianti di potabilizzazione e depurazione, dove i consumi sono condizionati, una volta definita la portata idrica da pota-

Figura 1. Fasce orarie di fatturazione dell'energia elettrica in vigore per l'anno 2009.

FASCE ORARIE 2009 (DELIBERA Aeg 181/06 e Delibera Aeg-ARG/elt 190/08)																								
Giorni / Ore	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
lunedì	F3	F2	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F2	F2	F2	F3						
martedì	F3	F2	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F2	F2	F2	F3						
mercoledì	F3	F2	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F2	F2	F2	F3						
giovedì	F3	F2	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F2	F2	F2	F3						
venerdì	F3	F2	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F2	F2	F2	F3						
sabato	F3	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3						
domenica	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3									

Festività infrasettimanali																								
Giorni / Ore	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
dal 1° Gen. al 31 Dic.	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3									

Festività anno Anno 2009: 1° e 6 gennaio, 13 aprile (pasquetta), 25 aprile, 1° maggio, 2 giugno, 15 agosto, 1° novembre, 8 - 25 e 26 dicembre

bilizzare o depurare, dal processo utilizzato.

Anche i consumi energetici nelle opere di smaltimento delle acque reflue sono difficilmente gestibili perché condizionati, fra l'altro, dal non prevedibile apporto delle acque meteoriche. Infine, i consumi degli impianti di depurazione sono anche loro dipendenti dal processo definito in fase di progettazione e dipendenti esclusivamente dall'efficienza energetica del ciclo di trattamento e delle singole apparecchiature.

Tuttavia è possibile definire una politica di risparmio energetico, basata sull'eliminazione delle inefficienze del sistema idrico, quali gli sfiori dei serbatoi e le perdite idriche, ma anche sullo stesso uso dell'energia elettrica, badando al mantenimento del rendimento dei gruppi elettropompa, ad evitare funzionamenti con le saracinesche sulla mandata parzializzate ed ad utilizzare l'energia elettrica sempre con un corretto fattore di potenza per evitare aggravii sul relativo costo. Parallelamente è possibile varare un piano di produzione di energia utilizzando le opportunità offerte dalle infrastrutture in gestione come appresso indicate a titolo esemplificativo:

- Eliminazione delle saracinesche di riduzione del carico idraulico in arrivo ai serbatoi sostituendole con opportune turbine idrauliche;
- Utilizzazione delle aree di salvaguardia e di rispetto eventualmente in possesso al gestore del servizio idrico per la produzione di energia da fonte eolica se i siti lo consentono;
- Produzione di energia termoelettrica e di calore negli impianti di depurazione forniti di digestore per il trattamento dei fanghi;
Installazione di pannelli fotovoltaici in tutte le infrastrutture disponibili ed inaccessibili a terzi.

Nel merito, i risparmi energetici ipotizzabili con la produzione idroelettrica, in mancanza di siti particolarmente favorevoli nel territorio di com-

petenza (da valutarsi eventualmente ricorrendo all'ausilio del sito <http://minihydro.erse-web.it>), possono essere stimati considerando la pressione residua in arrivo ai serbatoi non superiore a 20-30 Bar, quindi la producibilità è, mediamente di circa 1,7 kWh per ogni litro al secondo di portata e per ogni ora di funzionamento (circa 8000 h/anno) e stimabile in qualche punto percentuale del fabbisogno annuo. Per quanto riguarda l'eolico, la produzione è condizionata dalla ventosità dei siti disponibili ai gestori, potrà coprire, prudenzialmente, il 10-15 % del fabbisogno, tenendo presente che il funzionamento delle turbine eoliche è discontinuo e il loro funzionamento non supera le 2000 ore/anno. Più favorevole è la produzione di energia termoelettrica negli impianti di depurazione che può coprirne fino al 40% del fabbisogno energetico, una percentuale maggiore se vengono conferiti al digestore oltre ai fanghi anche vegetali provenienti dai diserbamenti o i rifiuti organici (amiacque srl – Milano – consumi energetici e produzione di energia elettrica negli impianti di depurazione 12.06. 2009). Infine la producibilità degli impianti fotovoltaici è in generale favorevole in tutto il territorio italiano perché il valore medio dell'energia radiante è sempre superiore a 1,3 kWh/m²/anno (dato prelevato dal sito ENEA: <http://erg7118.casaccia.enea.it>), quindi la produzione da fonte fotovoltaica è condizionata esclusivamente dalla disponibilità di superficie e dalla capacità d'investimento del gestore in considerazione dell'elevato costo specifico di questi impianti. In sostanza, anche in assenza di situazioni specifiche di vantaggio, si potrà coprire circa il 50% dei fabbisogni in termini di energia, ma il conseguente risparmio economico sarà più sensibile specie per i gestori che sono costretti ad utilizzare l'energia elettrica anche nelle ore di punta (F1) nelle quali il prezzo del kWh prelevato è circa tre volte quello della fascia F3 (vedere tabella di Figura 1).

Ciò determina un vantaggio ad investire in impianti fotovoltaici perché questi producono proprio nella fascia fra le 7-8 del mattino e le 18-19 di pomeriggio quando il prezzo del kWh è massimo riducendo, quindi, la necessità di ritirare un'equivalente energia in queste ore.

4. I programmi di produzione di e.e. adottati dai Gestori del SII

Ad oggi molti Gestori di Sistemi Idrici, anche se non affidatari del S.I.I., hanno in corso programmi di produzione di energia elettrica prevalentemente da fonti rinnovabili o tradizionali ad elevata efficienza. Quest'ultimo tipo di produzione è prevalentemente presente in molte società multi servizi che, oltre a quelli tradizionali di acqua, gas ed elettricità, si occupano anche di smaltimento di rifiuti e di distribuzione di calore. Infatti, molte di queste posseggono già impianti di produzione in ciclo combinato di e.e. e calore utilizzando come combustibile gas naturale o rifiuti a cui stanno aggiungendo, prevalentemente, impianti fotovoltaici.

Ad esempio l'Amiacque srl, che gestisce il Ciclo integrato delle acque in provincia di Milano, produce biogas nell'impianto di depurazione di Peschiera B. con cui produce energia elettrica e calore utilizzati per coprire una parte del fabbisogno dell'impianto. Produce altresì energia idroelettrica dalle acque effluenti dall'impianto ed ha destinato le aree disponibili dell'impianto alla produzione di energia fotovoltaica.

Anche l'Arin di Napoli ha avviato la costruzione di due impianti idroelettrici lungo l'asta dell'acquedotto Serino per complessivi 500 kW circa ai quali affianca una serie d'impianti fotovoltaici su aree disponibili.

Quanto riportato ha solo valore indicativo e non esaustivo perché l'obiettivo non è quello di fornire un elenco di comportamenti virtuosi ma attestare che già alcuni Gestori del S.I.I. hanno valutato la convenienza di eseguire investimenti nel campo della

produzione di energia elettrica. Probabilmente un più vasto numero di Gestori potrebbe intraprendere una politica di produzione di energia elettrica se la parziale attuazione della riforma del S.I.I. non assorbisse ancora buona parte della loro attenzione, e se fossero incentivati da una vera politica energetica delle Regioni sia di finanziamento che di semplificazione di procedure riguardanti le autorizzazioni alla costruzione degli impianti ed alla concessione delle acque per uso idroelettrico.

5. La disponibilità della risorsa idrica ai fini della produzione idroelettrica

Il primo approccio di una società di gestione di servizi idrici che voglia realizzare un piano energetico è certamente nei confronti dell'energia idroelettrica, pertanto nel seguito si riportano notizie in merito a due importanti studi eseguiti negli ultimi vent'anni.

L'ipotesi della possibilità di generazione elettrica nelle strutture acquedottistiche fu avanzata negli anni ottanta del secolo scorso dall'ENEL e dalla Cassa per il Mezzogiorno che, seguendo gli indirizzi della politica europea nel campo delle energie rinnovabili, sottoscrissero un accordo di collaborazione avente per obiettivo l'individuazione di salti da utilizzare per la generazione idroelettrica negli schemi idrici e d'irrigazione nel Mezzogiorno d'Italia e la riattivazione di piccoli impianti idroelettrici già esistenti sul territorio prima della nazionalizzazione e successivamente dismessi, perché non più d'interesse per l'Enel. L'accordo fu sottoscritto altresì dallo IASM, con lo specifico compito di diffondere i risultati e fornire eventuale assistenza tecnica fra i gestori idrici ed imprenditori al fine della realizzazione degli investimenti.

Per l'attuazione dell'indagine, nel giugno 1982, il richiamato accordo di collaborazione fra Cassa per il Mezzogiorno (CASMEZ), Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL) ed Istiti-

tuto per l'Assistenza allo Sviluppo del Mezzogiorno (IASM), definì la seguente ripartizione dei compiti:

- All'ENEL quello di svolgere una ricerca per l'individuazione delle risorse idroelettriche non ancora utilizzate dei corsi d'acqua ricadenti nelle zone montane suddette;
- Alla CASMEZ (poi Agenzia per la Promozione dello Sviluppo del Mezzogiorno) quello di esaminare, nelle stesse zone di cui alle direttive CEE, l'eventuale inserimento di piccoli impianti idroelettrici nelle opere idrauliche esistenti, in corso di realizzazione o inserite nei programmi, là dove esisteva la possibilità di recupero energetico;
- Allo IASM quello di diffondere, a tutti i potenziali enti pubblici e privati, i risultati di tutta l'indagine, nonché di far svolgere, a titolo esemplificativo e promozionale, alcuni studi di fattibilità di possibili impianti da scegliere tra i casi più promettenti emersi dalle ricerche svolte dall'ENEL e dall'Agenzia.

L'indagine a cura dell'ENEL sulle risorse idroelettriche naturali residue si proponeva di pervenire ad una valutazione su quante ne esistesse in natura, e di accertarne l'effettiva disponibilità ed accessibilità.

A tale scopo procedendo a tappeto sul territorio in esame, furono identificate le aree di interesse e furono svolte, quindi, indagini geomorfologiche ed idrologiche a carattere generale, nonché una ricerca sull'intera rete idrografica delle zone interessate per calcolare la potenza teorica convenzionale in kW per km di asta fluviale; si sono, quindi, esclusi i tratti già utilizzati a scopo energetico, industriale ed irriguo, i tratti con potenza teorica convenzionale inferiore a circa 100 kW/km, nonché i tratti caratterizzati da situazioni geomorfologiche troppo sfavorevoli.

In definitiva, queste indagini preliminari hanno condotto all'individuazione dei tratti dei corsi d'acqua ricadenti nelle zone montane del Mezzogiorno d'Italia aventi una potenza

idroelettrica teorica superiore a 100 kW per km di lunghezza di asta fluviale, liberi da qualsiasi utilizzazione, in atto o programmata, di tipo irriguo, acquedottistico, industriale o idroelettrico.

Furono in conclusione selezionati 1.235 km tratti di corsi d'acqua sui quali sono stati successivamente svolti da Istituti Universitari studi di dettaglio ed effettuate indagini sul posto, fino a giungere alla localizzazione di siti idonei, sotto il profilo tecnico, all'installazione degli impianti.

La Cassa per il Mezzogiorno sottopose ad indagine gli schemi idrici canalizzati, acquedotti potabili e d'irrigazione, ed i corsi d'acqua nel Mezzogiorno d'Italia. S'individuò così la possibilità di realizzare da 12 a 60 impianti negli schemi idrici, per una potenza complessiva installata da 12 a 37 MW ed una produzione di energia elettrica da 65 a 198 GWh/anno. Complessivamente oggi appare che, sul territorio indagato, il numero e la producibilità degli impianti sia molto modesta, ma l'indagine fu eseguita in vigenza della nazionalizzazione dell'energia elettrica e della legge 29 maggio 1982 n. 308, prima legge avente per oggetto le "norme sul contenimento dei consumi energetici e lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia...", pertanto, in ossequio a questa legge ed a quella di nazionalizzazione dell'energia elettrica furono escluse le seguenti risorse:

- quelle ricadenti nella fascia della microidraulica con potenza fino a 100 kW;
- quelle con potenza superiore a 3 MW;
- quelle per le quali l'indice di valutazione fu sfavorevole;
- quelle per le quali si era pervenuti a conoscenza di elaborazioni progettuali già eseguite.

L'attività fu conclusa nel 1990 e i risultati furono resi noti nel corso di un convegno nazionale tenutosi a Napoli presso la sala conferenze dell'ISVEIMER il 13 e 14 dicembre dello stesso anno.

	Numero impianti	Potenza efficiente [MW]	Producibilità media [GWh/anno]
Studi di fattibilità già eseguiti	12	11,8	65
Studi di fattibilità da eseguire	48	25,5(*)	133(*)
Utilizzazioni minori	59	2,4(*)	14(*)
Totale	119	39,7	212

Tabella 1. Sintesi dell'indagine eseguita dalla Cassa per il Mezzogiorno sugli schemi canalizzati irrigui e potabili.

L'indagine sopra richiamata, eseguita con le limitazioni indicate negli schemi canalizzati di competenza dell'Intervento Straordinario nel Mezzogiorno d'Italia, produsse i risultati che si ripropongono:

Gli impianti per i quali furono eseguiti gli studi di fattibilità ricadevano uno nella Regione Marche, uno in Abruzzo, uno in Molise, tre in Campania, uno in Basilicata, tre in Calabria e tre in Sicilia, ma per i rimanenti 107 impianti non si passò alla fase di studi di fattibilità.

Oggi risultano finanziati o in corso di realizzazione solo tre impianti che saranno realizzati da parte di due Consorzi di Bonifica e dall'Acquedotto Pugliese secondo le caratteristiche che si riportano come segue:

- Consorzio di Bonifica Sinistra Trigno – Diga di Chiauci: Potenza 374 kW, producibilità di circa 2,62 GWh/anno;
- Consorzio di Bonifica Destra Sele: Impianto idroelettrico in località Castrullo, Potenza 342 kW, producibilità di circa 1,90 GWh/anno;
- Acquedotto Pugliese: Centrale idroelettrica di Caposele Potenza 640 kW, producibilità di circa 3,90 GWh/anno;

La ragione del perché poco o nulla è stato realizzato sia negli schemi canalizzati che nel ripristino degli impianti dismessi, è da ritrovarsi nella mancanza di un vero sostegno agli investimenti per rendere conveniente la produzione. Infatti, non vi fu uno specifico finanziamento a copertura di una quota significativa dell'investimento né una politica di detassazione della produzione in maniera da renderla effettivamente conveniente.

Si rileva che vi fu anche una generale impreparazione degli eventuali investitori, abituati a considerare l'energia elettrica come una qualsiasi fornitura, e la mancanza delle competenze specifiche.

6. La disponibilità di produzione idroelettrica oggi.

Più recentemente, nell'ambito dell'Accordo di Programma riguardante le attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico tra CESI Ricerca ed il Ministero dello Sviluppo Economico (DM 23.3.2006), a conclusione del progetto "Produzione e Fonti Energetiche" sono stati redatti due documenti riguardanti le risorse idroelettriche residue. In essi troviamo la valutazione della disponibilità residua ai fini della produzione di energia idroelettrica su scala nazionale e di bacino ed i risultati relativi elaborati nel SIT, che fornisce le fondamentali informazioni, georeferenziate sul territorio, sugli impianti dismessi al 2003, quelli per i quali è in corso la richiesta di concessione e gli impianti con Certificati Verdi in esercizio ed in progetto al 2006.

Nel dicembre 2006, il CESI pubblica i "Risultati del censimento del potenziale mini-idro e realizzazione del sistema informativo territoriale". Il rapporto descrive le attività di Ricerca di Sistema "Censimento del potenziale mini-idroelettrico (potenza unitaria < 1MWe) nazionale" riguardante lo sviluppo di impianti idroelettrici di piccola taglia (mini-idro). Nelle prime fasi di tale ricerca è stata effettuata una prima raccolta di documentazione cartacea e digitale, re-

lativamente ai siti mini-idro. Tale elenco, aggiornato al 2002, è stato messo a disposizione del pubblico e, pur necessitando di sostanziali aggiornamenti, ne costituisce un primo riferimento.

Secondo i dati pubblicati dal GSE - Gestore dei Servizi Elettrici sullo sviluppo del mini-idroelettrico in Italia, a dicembre 2005 si contavano più di 1150 impianti con potenza < 1 MW, ed oltre 600 impianti con potenza compresa fra 1 e 10 MW, per una potenza totale installata di circa 2405 MW e una produzione lorda annuale di circa 7600 GWh.

Nel corso del 2006 sono stati sviluppati tre filoni principali di attività:

- Raccolta dati generali a livello nazionale e censimento approfondito del potenziale mini idroelettrico in alcune regioni.

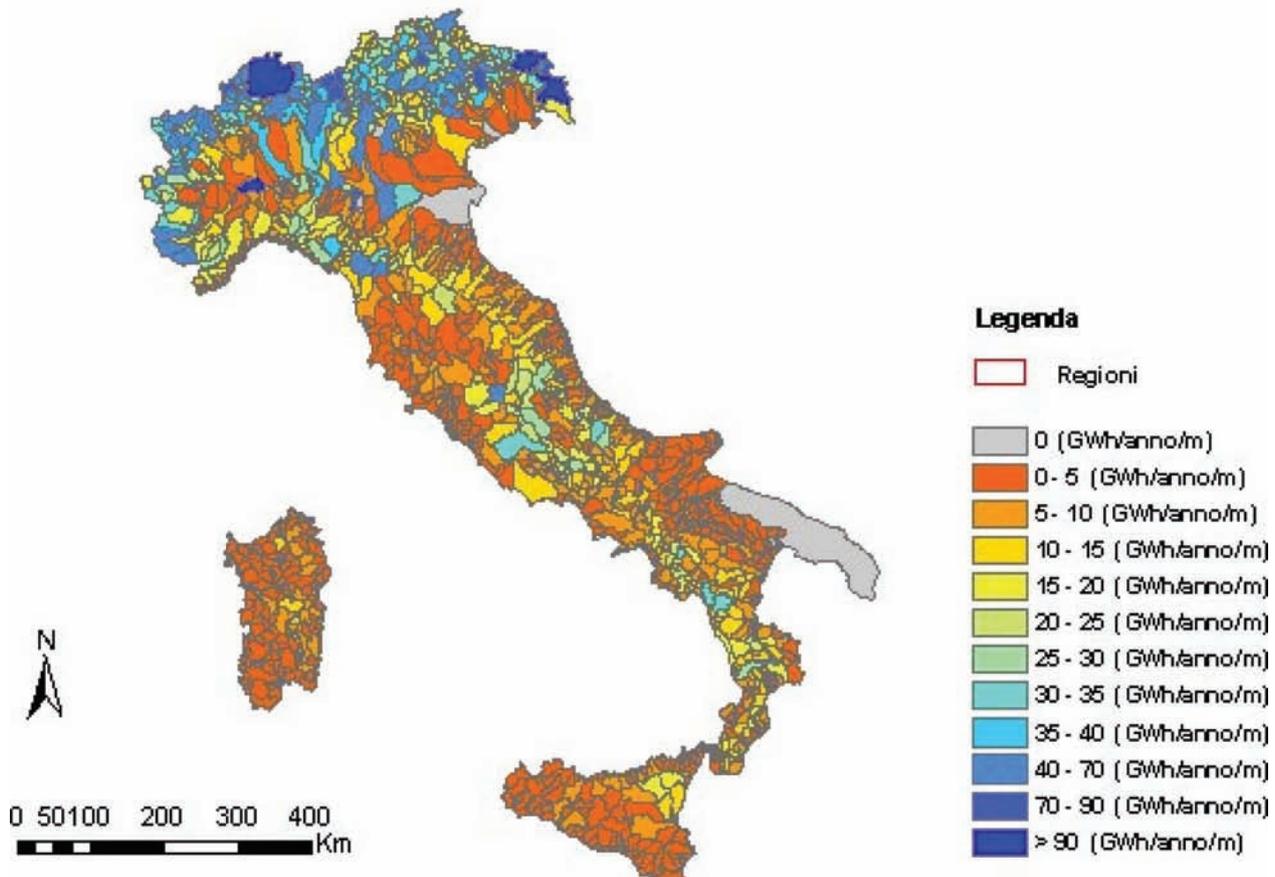
Oltre ai siti corrispondenti alle micro e mini centrali (con potenza inferiore ad 1 MWe), sono stati con-

siderati anche, laddove ritenuto opportuno, quelli delle piccole centrali (con potenza superiore ma comunque sotto la soglia dei 10 MWe, valore adottato dall'ESHA - European Small-Hydropower Association per definire l'idroelettrico minore). Nella raccolta dei dati sono inoltre valutate sia le richieste di concessione di derivazione per un incremento della produzione idroelettrica per gli impianti esistenti, sia le domande per nuove iniziative da sviluppare.

- Studi idrologici e ambientali a supporto dell'individuazione del potenziale mini-idro e del suo impatto sul territorio.

È stata affrontata la realizzazione di una mappa su scala nazionale della producibilità idroelettrica massima annua, lo sviluppo di una metodologia per l'individuazione del potenziale mini idroelettrico a scala di bacino e l'analisi della

Figura 2. Mappa della massima energia specifica per unità di lunghezza ricavabile da sfruttamento idroenergetico (GWh/anno/m) in ogni sottobacino considerato nel territorio italiano.



compatibilità ambientale d'impianti mini-idro, di cui si riporta in Figura 2 la cartina dell'Italia sulla quale è riportata la mappa della massima energia specifica per ogni sottobacino del territorio.

- Progettazione e realizzazione di un prototipo di sistema informativo territoriale (SIT) dedicato al mini-idroelettrico in Italia.

L'obiettivo principale dell'attività è stato lo sviluppo e la messa a punto di strumenti utili alla gestione, esplorazione e rappresentazione dei dati generali e di censimento dell'idroelettrico di piccola dimensione in alcune regioni di particolare interesse. Sono stati individuati tre distinte tecnologie informatiche per raggiungere gli scopi prefissati:

- la Banca Dati;
- il Sistema Informativo Territoriale;
- il servizio di pubblicazione in Internet geograficamente basato (WebSIT).

In particolare, lo sviluppo di una Banca Dati georeferenziata e inserita in un Sistema Informativo Territoriale rende possibile la visualizzazione degli impianti mini-idroelettrici sul territorio nazionale, integrando informazioni a differenti scale (Nazionale, Regionale, Provinciale). Questo strumento, reso disponibile mediante un sito Web dedicato al mini-idroelettrico italiano, potrebbe consentire all'utente, sia pubblico che privato, un accesso veloce all'informazione sui siti attualmente in funzione/concessione, in modo da avere un riferimento georeferenziato del parco attuale e poter meglio indirizzare le nuove iniziative.

Il valore complessivo della producibilità idroelettrica massima a livello nazionale è stata stimata di circa 200.000 GWh/anno. Questo valore puramente teorico implicherebbe di poter convertire in energia elettrica tutto il potenziale idrico disponibile, ipotesi non realistica dal punto di vista tecnico ed ambientale. Un valore

plausibile del reale sfruttamento può essere considerato all'incirca il 25% della producibilità idroelettrica massima, percentuale che potrebbe essere raggiunta ed eventualmente superata con la realizzazione di impianti di generazione distribuita (mini-idroelettrico).

In questo complesso panorama un limite realistico per il potenziale massimo sfruttabile con installazioni mini-idroelettriche potrebbe essere indicato in circa altri 1200/1500 MW, in uno scenario a medio-lungo periodo. Infine, considerando l'attuale tendenza di crescita delle installazioni d'impianti mini-idroelettrici (2% all'anno circa), potrebbero aggiungersi altri 1800 MW nel prossimo trentennio.

Tale valore potrebbe eventualmente essere superato, nel caso in cui vengano applicate politiche tendenti a promuovere maggiormente gli investimenti nel mini-idroelettrico a livello nazionale.

Lo strumento GIS permette di valutare le possibilità di un recupero delle potenzialità dell'idroelettrico minore partendo dalle effettive situazioni idrologiche e geomorfologiche del territorio e definire i due parametri salto utile e portata disponibile, mettendo a disposizione il dettaglio dell'asta fluviale. Una volta conosciuto il potenziale installabile è semplice risalire alla fattibilità tecnico-economica a livello preliminare di un impianto mini-idroelettrico. Con questo strumento si può ottenere così un quadro dei potenziali siti e delle alternative progettuali più convenienti relativo ad un singolo corso d'acqua.

I costi stimati per gli impianti più grandi, superiori al MW, ad acqua fluente costituiti da traversa, opera di presa, condotta di carico e opera di restituzione possono oscillare fra i 2000÷3000 €/kW; per impianti di potenza unitaria inferiore i costi risultano ovviamente superiori. Per le opere canalizzate si possono utilizzare le infrastrutture esistenti e, quindi, risparmiare essenzialmente sulle opere di presa e restituzione, limi-

tando i costi alla sola condotta di carico, a causa dei diversi criteri di progettazione degli adduttori per acquedotto e le condotte forzate, ed al macchinario.

Il costo della produzione idroelettrica potrà essere di circa $0,04 \div 0,06$ €/kWh e quindi vantaggiosa perché il prezzo medio del kWh scambiato presso la borsa elettrica è di circa $0,08$ €/kWh. Ancor più è conveniente l'utilizzo dell'energia prodotta per i propri usi interni non acquistandola sul mercato libero al prezzo medio di circa $0,09 \div 0,11$ €/kWh.

7. Conclusioni

Il Gestore del S.I.I. che vuole affrontare l'impegno della produzione elettrica occorrente ai propri fabbisogni dovrebbe, preliminarmente, eseguire un'analisi delle potenzialità relative alle energie rinnovabili presenti sul territorio sul quale insistono gli impianti gestiti, di cui esistono dati disponibili come sinteticamente riportato nel seguito:

- Potenziale di disponibilità di biomasse: interessante per aumentare la produzione termoelettrica negli impianti di depurazione attraverso la gassificazione o digestione anaerobica (scarti di agricoltura, diserbamenti, ecc.);
- Potenziale di energia eolica: da individuarsi presso le principali installazioni quali sorgenti, serbatoi o centrali di sollevamento;
- Potenziale di energia idroelettrica: di cui si è discusso ampiamente, da reperirsi sia negli impianti canalizzati che nei corsi d'acqua esistenti sul territorio utilizzabili con impianti ad acqua fluente;
- Potenziale di energia solare: esistono tabelle che riportano per tutte le località d'Italia l'irraggiamento, espresso di solito in kWh/m²/anno. L'irraggiamento solare può essere utilizzato per ottenere calore a bassa o alta temperatura da trasformare in vapore ed energia

elettrica e per la produzione di questa direttamente con pannelli fotovoltaici.

- Potenziale di energia geotermica: da utilizzarsi, nelle località dove è presente, anche in questo caso per la produzione di vapore ed energia elettrica.

Una volta individuate le potenzialità delle energie disponibili, bisognerà scegliere quelle più promettenti in relazione alle necessità dell'Azienda di gestione e le risorse economiche occorrenti per gli investimenti da effettuare, tenendo presenti tutte le opportunità offerte a sostegno delle produzioni da fonti rinnovabili (certificati verdi, conto energia, ecc.).

Sarà necessaria la formazione specifica del personale direttivo incaricato dell'attuazione del programma di produzione di energia elettrica per affrontare le normative relative ai diversi iter amministrativi, molto complessi e da svolgersi presso una pluralità di soggetti istituzionali.

Bibliografia

- AgM, "Indagine sulle risorse canalizzate dalla Cassa per il Mezzogiorno", Convegno Nazionale, Napoli 13-14 dicembre 1990.
- IASM, "L'utilizzazione delle risorse idroelettriche minori - Rapporto sulle condizioni di operatività della produzione idroelettrica in Italia e guida tecnico-amministrativa per gli operatori del settore" 1991.
- Bertacchi P., Celentani G., Marchetti G., "Indagine sulle risorse idroelettriche minori residue nel Mezzogiorno d'Italia" Convegno Nazionale, Napoli 13 - 14 dicembre 1990.
- Giovanni Celentani, "Potenziamento delle fonti energetiche rinnovabili in Italia" L'Acqua febbraio 2009.
- ERSE - MiniHydro - Il sito dedicato allo sviluppo del Mini Idroelettrico in Italia <http://minihydro.erse-web.it>.
- Aeeg, delibera 181/06 e delibera Aeeg-ARG/elt 190/08.

ENERGIA PULITA ALLE GRANDI NAVI IN SOSTA

Impatto ambientale e aspetti tecnologici



Il traffico delle grandi navi nei porti ha portato indiscutibili benefici economici e sociali ma anche fenomeni imponenti di inquinamento atmosferico.

Le grandi navi (da crociera e porta container) per le lunghe distanze percorse e per grandi volumi trasportati sono caratterizzate da ingenti consumi di energia e quindi da più che significative emissioni in termini di tonnellate di anidride carbonica e di altri inquinanti atmosferici (anidride solforosa, ossidi di azoto e particolato). Tali consumi si riducono drasticamente ma non si annullano quando la nave è ferma. Per avere una idea del problema basta notare che l'Autorità portuale di Long-Beach (California) ha valutato le immissioni delle grandi navi che ivi attraccano pari a quelle di 250 mila autovetture nell'anno medio (fonte IMO).

Per affrontare il problema della drastica riduzione delle immissioni inquinanti occorre partire dall'analisi dei consumi di energia durante la sosta delle grandi navi nelle aree portuali.

È ben noto che l'alimentazione delle celle frigorifere, delle cucine, dei sistemi di illuminazione e di climatizzazione, degli apparati di carico e scarico e di sicurezza deve essere assicurata dal punto di vista energetico quando la nave è all'ancora. Ciò, come è stato posto in evidenza dalla stampa specializzata, significa che nei grandi porti la

sosta delle navi portacontainer e da crociera assorbe tenendo in moto i propulsori di bordo alimentati a gasolio, l'equivalente energetico di alcune centinaia di migliaia di abitazioni.

La tecnologia alternativa è quella del fermo dei propulsori di bordo e dal prelievo di energia elettrica dalla rete urbana.

La prima applicazione a livello mondiale spetta al porto svedese di Gothenburg nel 2000 ed è stata realizzata da ABB, azienda che sembra credere nelle possibilità di sviluppo di queste soluzioni. Nel decennio successivo vari altri porti sulla costa pacifica del Nord America, in Germania, Svezia, Finlandia, Olanda, hanno sposato questa soluzione. E, di conseguenza, è anche cresciuta la flotta delle navi che hanno installato i necessari apparati di bordo per rendere possibile la connessione. I vantaggi in termini ambientali sembrano più che appetibili. La World Port Climate Initiative (WPCI) ha stimato che la transizione dall'alimentazione di bordo ad una connessione elettrica con le strutture portuali consentirebbe di ridurre del 50 per cento le emissioni medie di anidride carbonica, anche considerando l'attuale mix europeo di generazione che ancora in buona parte la affidamento sulle fonti fossili. Se anche si considerasse l'ipotesi di una produzione elettrica interamente garantita da una centrale a carbone, si avrebbe comunque un ta-

Edoardo Benassai

“ Le Autorità portuali italiane devono essere messe in grado di affrontare il problema della fornitura e della messa in servizio delle infrastrutture per l'alimentazione di energia pulita delle grandi navi in sosta ”

glio delle emissioni (sempre secondo gli studi del WPCI) pari al 30 per cento.

Tornando agli aspetti tecnologici, il principale ostacolo da superare riguarda la differenza di frequenza. Tipicamente a bordo di una grande nave è pari a 60 Hz, mentre in molte delle reti di distribuzione (non soltanto in Europa, ma anche in Asia, Africa, Australia) è pari a 50 Hz e deve quindi entrare in gioco la tecnologia dei convertitori elettrici di potenza. Oltre ai convertitori di frequenza, per completare i sistemi di alimentazione vanno considerati molti altri componenti: sottostazioni elettriche alta tensione/media tensione, trasformatori, quadri in media tensione di distribuzione, filtri e sistemi di compensazione, cavi di distribuzione in media tensione con relativi sistemi di connessione, sistemi di protezione e controllo e ausiliari (alimentazioni in corrente alternata e corrente continua, raffreddamento dei convertitori e antincen-

dio). La complessità di un sistema Alternative Maritime Power (AMP) non riguarda, di fatto, i singoli elementi ma l'infrastruttura nel suo complesso. Il passaggio da una all'altra alimentazione deve avvenire, infatti, senza soluzione di continuità e senza interruzione di alimentazione a bordo. E questa è una fase estremamente delicata da un punto di vista tecnologico.

In conclusione, le Autorità portuali italiane, per istanza degli Organi preposti alla salvaguardia dell'ambiente urbano e della salute, devono essere messe in grado di affrontare il problema della fornitura e della messa in servizio delle infrastrutture per l'alimentazione di energia pulita delle grandi navi in sosta.

In assenza di iniziativa di tali Organi sono i cittadini a dovere elevare vivace protesta e a segnalare all'Autorità giudiziaria i danni all'ambiente e alla salute dovuti alla specifica fonte di inquinamento.

VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA DI UN SERBATOIO PENSILE IN C.A.: UN CASO REALE



Il lavoro presentato si colloca nell'ambito dell'analisi teorico-sperimentale rivolta alla valutazione della risposta sismica di strutture speciali esistenti, quali i serbatoi pensili. Strutture per le quali risulta essere rilevante il problema della vulnerabilità sismica e del conseguente adeguamento.

Tale tematica è stata svolta dal gruppo di studio e ricerca coordinato e coadiuvato dal Prof. Ing. Mario Pasquino, presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

Sommario

Nel presente lavoro si analizza il problema dello "sloshing" e dei suoi effetti di interazione liquido-struttura che sappiamo essere di significativa importanza per la progettazione e/o verifica di serbatoi sopraelevati in zona sismica. Lo studio approfondito di tale problematica è alquanto complesso e tuttora oggetto di ricerche sia teoriche che sperimentali.

È stato analizzato un serbatoio pensile in c.a. situato in zona ad alta sismicità, di altezza 32.30 m con una vasca di capacità di 900 m³. L'analisi è stata condotta utilizzando 9 possibili modellazioni, dalle più semplificate a masse concentrate alle più sofisticate, in cui si ricorre all'utilizzo di specifici elementi finiti per la massa fluida. Tali modelli sono stati confrontati in termini di periodo del modo impulsivo, periodo del modo convettivo, massimo taglio alla base e momento ribaltante, al fine di apprezzare in quali casi è importante adottare una modellazione complessa, considerando gli effetti legati all'interazione fluido-

struttura nonché all'interazione suolo-struttura.

La seconda parte del lavoro ha riguardato la sperimentazione eseguita su un modello di serbatoio pensile in scala. I risultati ottenuti, sono stati confrontati con quelli derivanti dall'analisi di due modelli numerici, uno semplificato a "masse concentrate" creato attraverso l'utilizzo del SAP2000 v. 10.0.4 ed un altro modello "continuo discretizzato" creato attraverso l'utilizzo del FemLab v. 3.0.

I risultati ottenuti, sia numerici che sperimentali, confermano la pericolosità dello "sloshing" qualora esso non venga considerato nella progettazione e/o verifica sismica di un serbatoio. In presenza di sloshing, si conferma un'ottima affidabilità dei modelli numerici a masse concentrate nonché dei modelli continui discretizzati. Inoltre, si conferma un'indubbia validità dei modelli semplificati a masse concentrate per la valutazione del comportamento dinamico della struttura, per la valutazione delle sollecitazioni di taglio alla base e momento ribaltante.

D. Cancellara
A. De Majo

DIST, Dipartimento di Ingegneria Strutturale
Università degli Studi di Napoli Federico II
donato.cancellara@unina.it
a.demajo@unina.it

A. Ferrara

Libero professionista
antoferrara1@yahoo.it

“ I risultati ottenuti confermano la pericolosità dello "sloshing" qualora esso non venga considerato nella progettazione e/o verifica sismica di un serbatoio, soprattutto se la sua configurazione è quella di serbatoio sopraelevato ”

1. INTRODUZIONE

Il problema dello "sloshing" e dei suoi effetti di interazione liquido-struttura sono di notevole importanza, per tutte quelle strutture idrauliche, in zona sismica, interessate dall'oscillazione di una massa d'acqua.

Lo scopo del presente lavoro è quello di studiare lo "sloshing problem" nella valutazione della risposta sismica di una diffusa costruzione idraulica quale il serbatoio sopraelevato in c.a. o in acciaio.

Per "sloshing problem" si intende il problema dell'oscillazione del liquido contenuto in un serbatoio, in seguito ad un'eccitazione sismica che provoca un'accelerazione orizzontale del contenitore.

La massa d'acqua (o di un qualunque altro fluido) presente in un contenitore, in condizioni statiche, esercita sulle pareti una pressione che assume una distribuzione triangolare, di cui sono banalmente calcolabili l'entità della pressione, la risultante e il suo punto di applicazione. Quando il contenitore è sottoposto ad un'acce-

lerazione orizzontale, l'oscillazione della massa liquida determina una variazione della distribuzione delle pressioni, che assume un andamento pressoché parabolico rendendo difficile il calcolo dell'entità delle pressioni, della risultante e del suo punto di applicazione. Inoltre, a complicare ulteriormente la determinazione della pressione idrodinamica, è la rigidità del contenitore in quanto l'elasticità delle pareti influisce in maniera rilevante sull'entità delle azioni idrodinamiche.

2. AZIONI IDRODINAMICHE

Le azioni idrodinamiche esercitate da un liquido sulle pareti di un contenitore sopraelevato o poggiato al suolo, per effetto di una forzante esterna perturbante, possono essere di tre tipi:

- impulsive (dovute all'inerzia della massa liquida rigidamente connessa al contenitore);
- convettive (dovute all'oscillazione della massa liquida);

Figura 1. Da sinistra verso destra: serbatoio pensile in c.a.; in c.a.p.; in acciaio.



- impulsive di breve periodo (dovute alla deformabilità delle pareti del contenitore contenete la massa liquida).

Nel caso di serbatoio con contenitore rigido (serbatoio in c.a. o c.a.p.) occorre considerare esclusivamente le azioni impulsive e convettive, mentre nel caso in cui la deformabilità delle pareti del contenitore non è trascurabile (serbatoi in acciaio) occorre considerare, in aggiunta alle precedenti, anche le azioni impulsive di breve periodo.

L'entità delle azioni idrodinamiche che si sviluppano sulle pareti di un serbatoio, possono essere valutate mediante diversi approcci. Approccio di Bratu, approccio mediante modelli a masse concentrate, approccio a massa aggiunta distribuita secondo Westergaard; approccio Euleriano, approccio Lagrangiano e approccio Euleriano-Lagrangiano. Questi ultimi tre approcci richiedono metodi agli elementi finiti (FEM) con complesse formulazioni includendo specifici "elementi finiti massa fluida".

Il modello di Bratu consente di valutare gli effetti idrodinamici tramite l'applicazione di azioni statiche che simulano ciò che nella realtà sono azioni dinamiche. Tale modello si riferisce esclusivamente a serbatoi rettangolari e presenta il vantaggio di poter particolarizzare le relazioni di calcolo, considerando anche la direzione d'ingresso del sisma.

Focalizzeremo l'attenzione sui modelli a masse concentrate analizzando il più semplice modello a singola massa, i modelli a 2 masse concentrate secondo quanto proposto da Housner (e successivamente da Graham e Rodriguez) e infine il modello a 3 masse concentrate secondo quanto proposto da Haroun e Housner.

3. MODELLI A MASSE CONCENTRATE

Il modello a singola massa concentrata è affidabile nell'ipotesi di inde-

formabilità delle pareti del contenitore e massa del liquido assimilabile ad una massa rigida solidale a quella del serbatoio a cui occorre semplicemente sommarla. Il modello a singola massa concentrata, per l'analisi dei serbatoi pensili, è stato suggerito negli anni '50 da Chandrasekaran e Krishna. Di tale modello bisogna osservare che se il serbatoio è completamente pieno di acqua, il fenomeno di sloshing è impedito e quindi il serbatoio pensile può essere visto come un sistema ad un solo grado di libertà. In questo modello si assume che la struttura di supporto abbia rigidità costante lungo tutta l'altezza. È fondamentale precisare che il sistema a un grado di libertà implica che tutta la massa fluida partecipa al moto impulsivo come se l'acqua fosse congelata e si muovesse rigidamente con la parete del serbatoio. Tale assunzione è possibile considerarla realistica per serbatoi alti e snelli, il cui rapporto altezza-raggio del contenitore, deve essere maggiore di 4. In questo caso, la massa d'acqua che subisce oscillazioni è in percentuale molto modesta rispetto a quella che rimane ferma e partecipa al moto insieme alle pareti del serbatoio.

Anche la normativa ACI 371R-98 suggerisce che il modello di massa concentrata dovrebbe essere usato quando il carico dell'acqua è maggiore o uguale all'80% del carico totale gravitazionale che include, il carico totale della struttura agente sulla base, il carico dell'acqua e un minimo del 25% del carico della platea. In questo caso la rigidità laterale flessionale della struttura di supporto K_s , è determinata dalla deformazione della struttura di supporto che agisce come una trave a mensola. Il periodo fondamentale di vibrazione T è fornito dalla seguente relazione:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{w_L}{g \cdot k_s}} \quad (1)$$

dove:

- g è l'accelerazione di gravità;
- w_L è il peso della singola massa concentrata della struttura che è

costituito dal peso proprio della vasca, dal peso proprio della massa d'acqua e dai 2/3 del peso proprio della struttura di supporto del serbatoio.

Calcolato il periodo proprio di vibrazione e scelto il valore di smorzamento, è possibile risalire al massimo taglio alla base e al momento ribaltante attraverso un'analisi dinamica con spettro di risposta.

Si precisa che evidenze teoriche e sperimentali hanno dimostrato che una distanza pari ad appena il 2% di H , tra la superficie superiore del liquido ed il bordo superiore della vasca del serbatoio, è sufficiente per affermare che il fenomeno di sloshing non può essere trascurato.

Adottando sempre modellazioni a masse concentrate, il fenomeno di sloshing ed i suoi effetti di interazione fluido-struttura, possono essere considerati, abbandonando la modellazione a singola massa concentrata. In definitiva, per poter considerare il comportamento dinamico del fluido all'interno del serbatoio quando questo viene sottoposto ad un'accelerazione sismica, occorre adottare modelli a 2 o più g.d.l.

In tali modelli, la parte di fluido che oscilla insieme alle pareti della vasca è sostituita da una massa impulsiva " m_i " che è rigidamente connessa alle pareti del serbatoio e da una massa di fluido che oscilla per effetto dello sloshing. Quest'ultima è rappresenta-

ta da una o più masse convettive " m_{cn} " che sono connesse tramite molle di rigidità " K_{cn} " alle pareti del serbatoio.

È stato osservato che è sufficiente considerare una sola massa convettiva per ottenere ottimi risultati circa la valutazione del comportamento dinamico del serbatoio.

Una procedura di analisi semplificata è stata suggerita da G.W. Housner per serbatoi pensili a base fissa, di cui si riporta in Figura 3 una chiara semplificazione del modello.

In questo approccio le due masse " m_1 " ed " m_2 " sono assunte con comportamento indipendente e le forze d'inerzia che nascono sul supporto, per effetto dell'evento sismico, sono stimate considerando due separati sistemi ad un grado di libertà. La massa " m_2 " rappresenta la massa interessata dallo sloshing, chiamata massa convettiva; la massa " m_1 " è invece costituita da tre aliquote: la massa impulsiva del fluido " m_i " cioè la massa d'acqua solidale alle pareti del contenitore, la massa " m_v " rappresentante la massa della vasca e " $0.66 m_{ss}$ " rappresentante un'aliquota della massa associata alla struttura di supporto. Questo modello a due masse, suggerito da G.W. Housner, è stato comunemente usato per il progetto sismico dei serbatoi pensili. Le caratteristiche dinamiche di questo modello sono stimate usando le espressioni di seguito riportate:

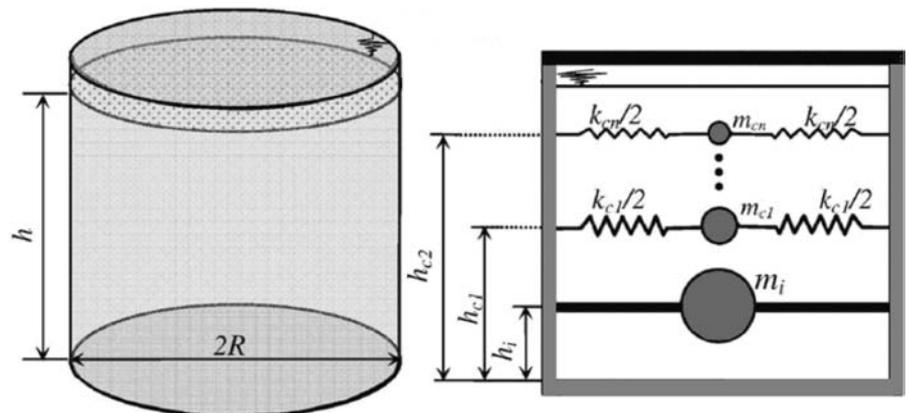


Figura 2. Serbatoio con modello a masse convettive e singola massa impulsiva.

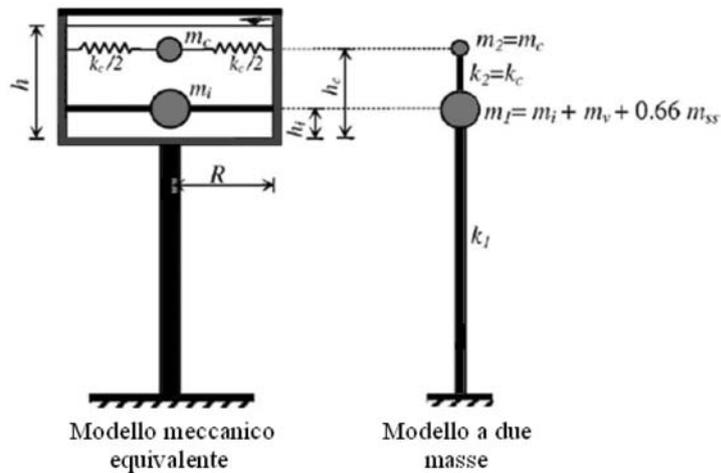


Figura 3. Modello a due masse di serbatoio sopraelevato suggerito da Housner.

- frequenza della struttura: $\omega^2 = \frac{g}{R} \cdot 1,84 \cdot \tanh\left(1,84 \cdot \frac{h}{R}\right)$;
- rigidità struttura di supporto del serbatoio: K_1
- rigidità delle molle connesse alla massa convettiva: $K_2 = K_C = m_c \cdot \frac{g}{R} \cdot 1,84 \cdot \tanh\left(\frac{1,84 \cdot h}{R}\right)$;
- massa totale del fluido: m_w ;
- massa del contenitore: m_v ;
- massa struttura di supporto: m_{ss}
- massa impulsiva: $m_i = m_w \cdot \frac{\tanh(1,74 \cdot (R/h))}{(1,74 \cdot (R/h))}$;
- massa convettiva: $m_2 = m_c = m_w \cdot 0,318 \cdot \frac{R}{h} \cdot \tanh\left(1,84 \cdot \frac{h}{R}\right)$;
- altezza della massa convettiva: $h_c = \left[1 - \frac{\cosh(1,84 \cdot h/R) - 1}{1,84 \cdot (h/R) \cdot \sinh(1,84 \cdot (h/R))}\right] \cdot h$;
- altezza della massa impulsiva: $h_i = \frac{3}{8} \cdot h$.

Dopo aver determinato le due masse "m₁" ed "m₂" con le loro distanze dal fondo del serbatoio, le rigidità "K₁" e "K₂", il taglio alla base e il momento ribaltante di progetto possono essere stimate usando usuali analisi dinamiche.

La modellazione a 2 masse concentrate è particolarmente indicata per tutti quei serbatoi in cui le pareti del contenitore possono essere considerate rigide tali da poter trascurare gli effetti di interazione associati alla deformabilità delle pareti. Nel caso invece di serbatoi con contenitore in acciaio, tale deformabilità non è possibile trascurarla e quindi il modello a due masse concentrate viene perfezionato con l'aggiunta di una terza massa, definita *massa impulsiva di breve periodo* che simula gli effetti di interazione fluido-struttura associati alla deformabilità delle pareti. Trattasi del modello a 3 masse concentrate proposto da M.A. Haroun e G.W. Housner.

4. INTERAZIONE SUOLO-STRUTTURA

Nel presente lavoro, oltre all'interazione fluido-struttura, è stata focalizzata l'attenzione anche sugli insidiosi problemi di interazione suolo-struttura, ricorrendo a modellazioni semplificate a molle concentrate per una più corretta caratterizzazione del suolo, nel caso in cui la sua deformabilità non è trascurabile.

È stato generalmente riconosciuto che l'interazione tra suolo e struttura influisce sulla risposta sismica di un serbatoio soprattutto se esso è situato su un suolo deformabile. Quindi, un'accurata rappresentazione degli effetti dell'interazione suolo-struttura è un aspetto cruciale dell'analisi sismica. L'interazione suolo-struttura riveste una fondamentale importanza per i serbatoi pensili, in quanto per tali strutture, la maggior parte delle masse è posta molto al di sopra del livello della fondazione e inoltre l'intera struttura è supportata da un'area relativamente piccola.

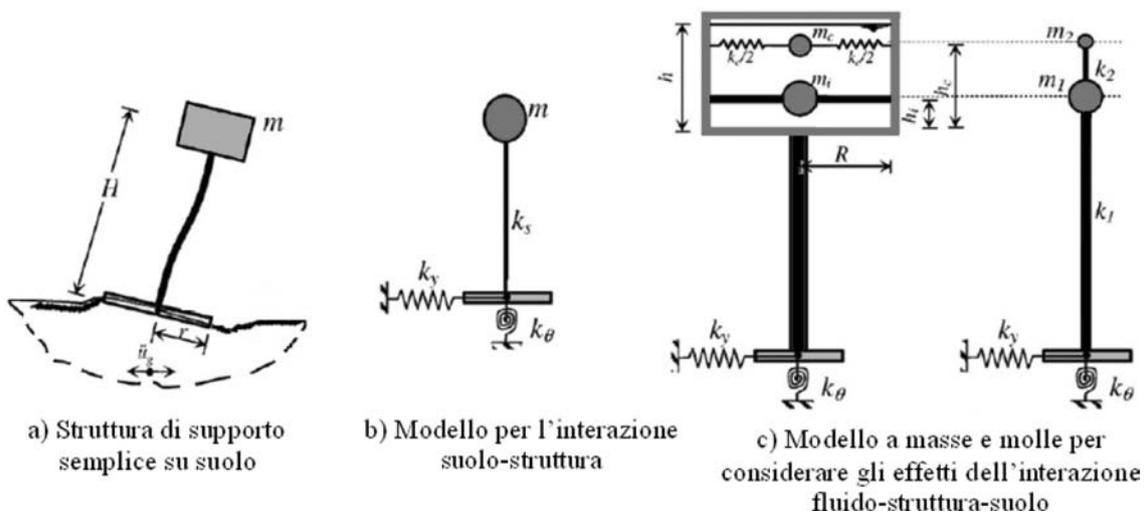


Figura 4. Modellazione del sistema suolo-struttura.

L'interazione suolo-struttura viene valutata mediante molle equivalenti come suggerisce l'EC8 per fondazioni circolari come difatti si presentano nel caso di serbatoi sopraelevati. Viene indicato con K_y la rigidità traslazionale e con K_θ quella rotazionale della fondazione. Le formulazioni analitiche sono le seguenti:

$$K_y = \left[\frac{8\alpha_y}{2-\nu} \right] \cdot G \cdot r \quad K_\theta = \left[\frac{8\alpha_\theta}{3 \cdot (1-\nu)} \right] \cdot G \cdot r^3 \quad (2)$$

dove:

- r è il raggio della fondazione;
- G è il modulo di taglio del semispazio;
- ν è il modulo di Poisson del terreno;
- α_y e α_θ sono i coefficienti adimensionali che dipendono dal periodo di eccitazione, dalla dimensione della fondazione e dalle proprietà del mezzo di supporto.

La normativa americana suggerisce una sintetica relazione per valutare l'effettivo rapporto di smorzamento ξ del sistema serbatoio-fondazione:

$$\xi = \xi_0 + \frac{\xi}{\left(\frac{T^*}{T} \right)^3} \quad (3)$$

dove:

- ξ è la percentuale dello smorzamento critico del serbatoio pensile a base fissa;
- ξ_0 è il contributo dello smorzamento per effetto della fondazione;
- T è il periodo naturale del serbatoio pensile a base fissa;
- T^* è il periodo modificato della struttura che dipende dalla flessibilità del sistema di supporto e viene calcolato con la seguente relazione:

$$T^* = T \cdot \sqrt{1 + \frac{K}{K_y} \left(1 + \frac{K_y H^2}{K_\theta} \right)}$$

dove K è la rigidezza equivalente e H è l'altezza del serbatoio pensile.

Dopo la determinazione della deformabilità dinamica, i parametri necessari per il progetto/verifica del serbatoio possono essere stimati usando analisi dinamiche lineari con spettro di risposta.

5. SERBATOIO PENSILE OGGETTO DI STUDIO

Nel presente lavoro è stato analizzato un serbatoio pensile in c.a. di al-

tezza 32.30 m con una vasca di capacità di 900 m³, situato in zona ad alta sismicità le cui coordinate geografiche sono: lat. 41,077; long. 14,82. La pericolosità sismica del sito, secondo le NTC 2008, è caratterizzata allo SLV da $a_g = 0,34 g$; $F_0 = 2,35$; $T^*c = 0,39$. La vita nominale è di 50 anni, la classe d'uso è la IV cui corrisponde un $C_u = 2$ e quindi una periodo di riferimento di 100 anni ed un periodo di ritorno allo SLV di 949 anni. Il serbatoio è situato su un suolo di cat. A, ma le analisi sismiche sono state condotte considerando anche il suolo di cat. D, al fine di valutare l'influenza dell'interazione suolo-struttura, nel caso di terreno significativamente deformabile.

Tale struttura è stata analizzata mediante analisi dinamiche lineari con spettro di risposta. Il fattore di struttura adottato è stato pari a 2 e lo smorzamento viscoso equivalente è stato fissato, secondo quanto suggerito dalla letteratura scientifica, pari al 5% per il periodo impulsivo e al 0.5% per il periodo convettivo.

5.1. Modellazioni adottate

La valutazione della risposta sismica è stata condotta utilizzando 9 possibili modellazioni dalle più semplifi-

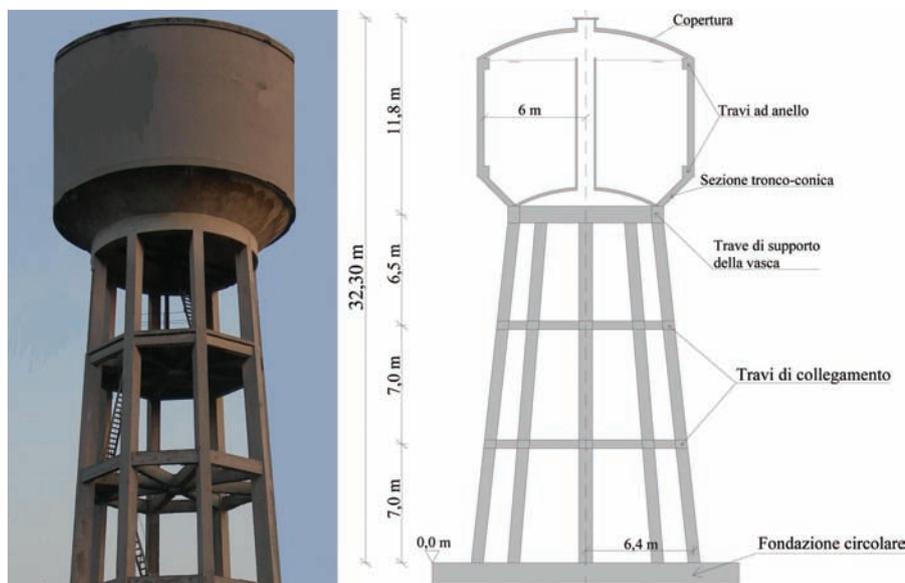


Figura 5. Serbatoio pensile in c.a. oggetto di studio.

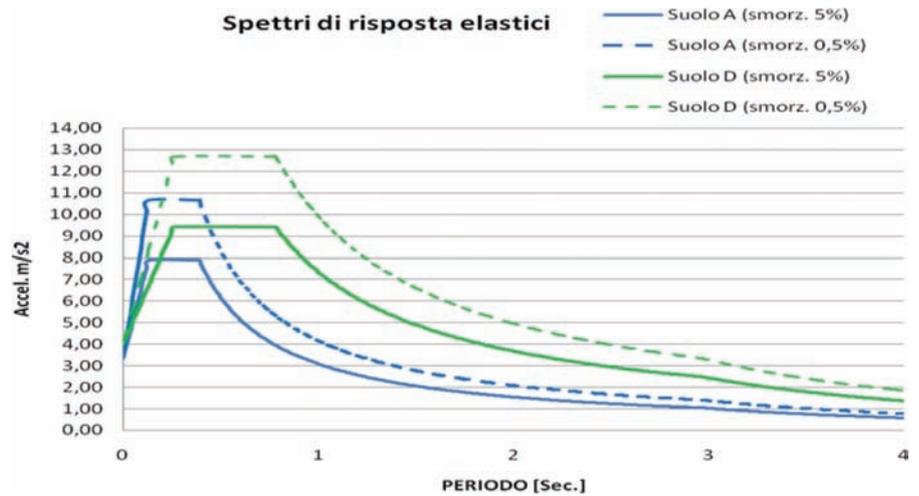


Figura 6. Spettri di risposta elastici allo SLV.

cate a masse concentrate, alle più sofisticate mediante codici agli elementi finiti. Il primo modello rappresenta il caso più semplice di sistema ad 1 g.d.l. con la presenza della sola massa impulsiva. Il secondo modello è analogo al precedente con l'aggiunta dell'interazione suolo-struttura. Il terzo e quarto modello sono sistemi a 2 g.d.l. in cui si considera sia la massa impulsiva sia la massa convettiva. La differenza tra i due modelli risiede nel modo di stimare le grandezze caratterizzanti il modello. In un caso si considera quanto suggerito da Housener mentre nell'altro caso si considera quanto dettato dall'EC8. Nel quinto modello, si adotta una modellazione analoga a quella relativa al modello precedente, con l'aggiunta dell'interazione suolo-struttura. I restanti modelli adottano sofisticate modellazioni FEM in cui la massa fluida viene modellata con due masse concentrate nel modello 6, mentre nei modelli 7 ed 8 sia adotta per la massa convettiva una massa concentrata e per l'azione impulsiva una modellazione a massa distribuita secondo la legge di distribuzione dell'azione idrodinamica calcolata secondo Housener in un caso (modello 7) e secondo l'EC8 nell'altro caso (modello 8). Infine, il modello 9 è identico al modello precedente con l'aggiunta dell'interazione suolo-struttura.

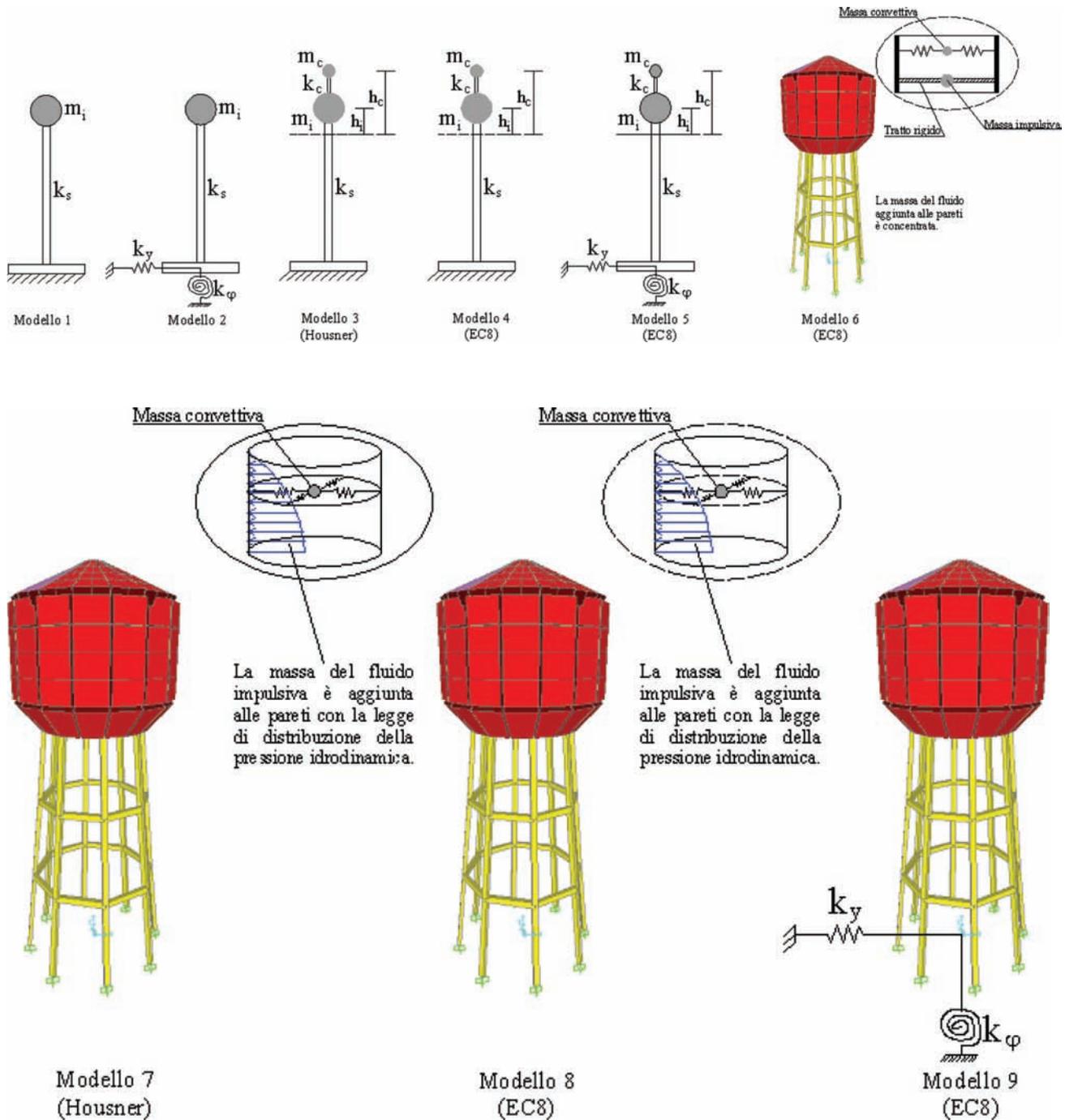
Tale applicazione riveste una fondamentale importanza poiché la mag-

gior parte degli studi sui serbatoi, sono focalizzati su serbatoi cilindrici a livello del suolo, mentre pochi studi sono concentrati su serbatoi sopraelevati. La stessa normativa europea EC8 parte 4, affronta diffusamente il problema delle azioni idrodinamiche pur soffermandosi in minima parte sulla progettazione dei serbatoi sopraelevati. Fornisce indicazioni dettagliate sulla determinazione delle azioni idrodinamiche nel caso più semplice di contenitore rigido circolare ancorato ad una base rigida, mentre per tutte le situazioni più complesse rimanda alla letteratura scientifica.

Il presente lavoro ha permesso di approfondire lo studio delle problematiche di interazione così da delineare un quadro progettuale più chiaro, giungendo a fornire delle indicazioni su come districarsi nelle diverse situazioni progettuali che tengano conto di tutti quei parametri che caratterizzano tali particolari analisi dinamiche.

5.2. Analisi comparativa delle diverse modellazioni

Le nove modellazioni adottate e descritte nel paragrafo precedente, sono state confrontate tramite i risultati fornitici dalle analisi dinamiche lineari con spettro di risposta, al fine di fornire suggerimenti su come



orientarsi nel modello ad adottare nella progettazione/verifica sismica di tali opere, considerando l'interazione liquido-struttura nonché l'interazione suolo-struttura per particolari condizioni di deformabilità del suolo. Il raffronto è avvenuto in termini di periodo del modo impulsivo, periodo del modo convettivo, massi-

mo taglio alla base e momento ribaltante, così d'apprezzare in quali casi non sono trascurabili gli effetti legati ai due tipi di interazione enunciati e in quali casi è importante adottare una sofisticata modellazione FEM.

Un primo confronto viene fornito nel caso di suolo rigido (suolo di cat. A)

Figura 7. Modellazioni considerate: valutazione e comparazione.

e quindi confrontando tutti quei modelli in cui è lecito considerare la struttura a base fissa (incastrata alla base).

Dai risultati emerge che:
 1. i modelli SDOF a causa della mancanza della massa convettiva, sovrastimano il periodo proprio di vi-

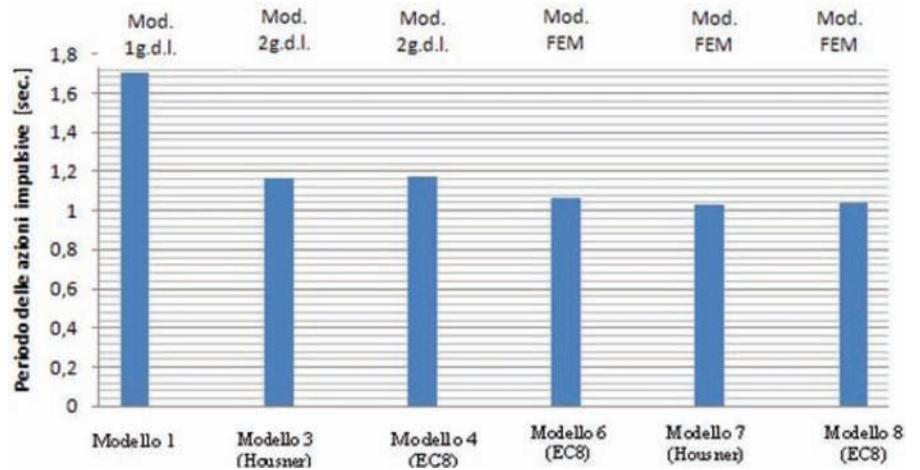


Figura 8. Periodo impulsivo (rock soil).

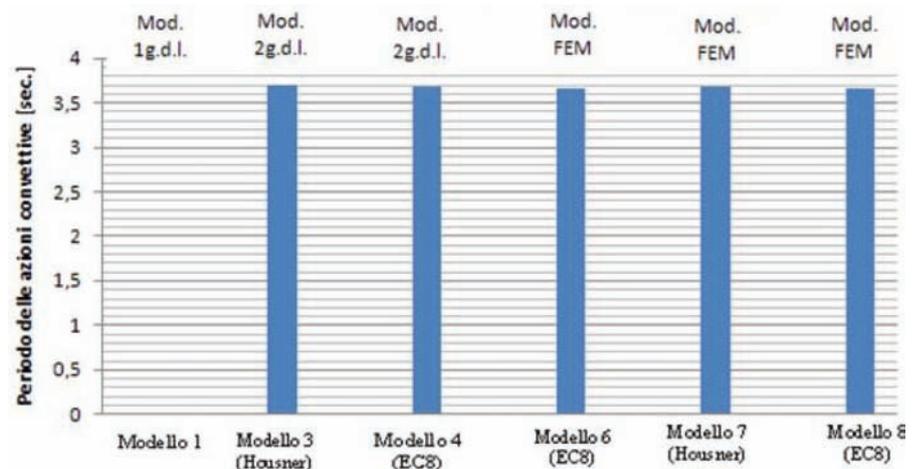


Figura 9. Periodo convettivo (rock soil).

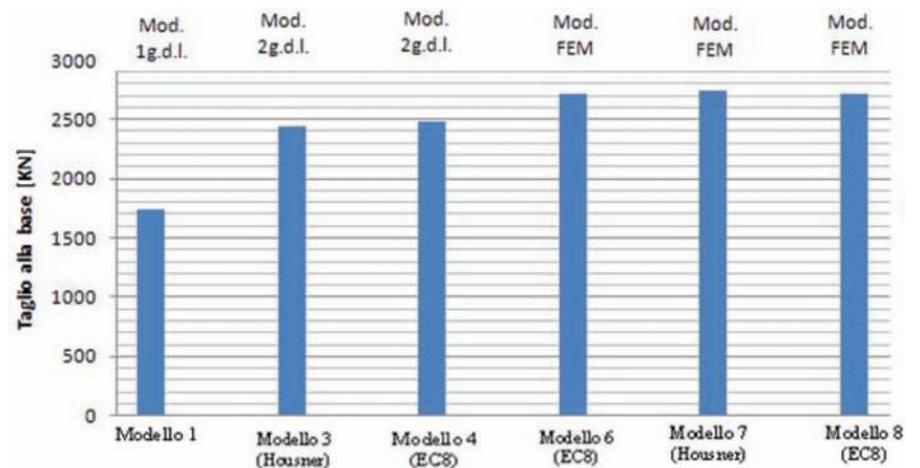


Figura 10. Taglio alla base (rock soil).

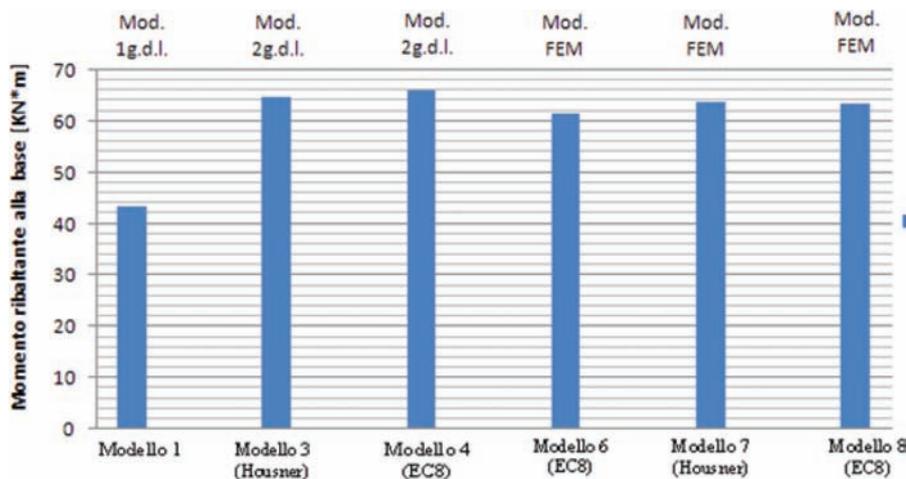


Figura 11. Momento ribaltante (rock soil).

brazione e quindi sottostimano il valore del taglio massimo alla base e del momento ribaltante. In definitiva sono modelli non conservativi;

2. i modelli MDOF forniscono tutti, valori del periodo per il modo impulsivo e convettivo, molto simili;
3. ottima affidabilità dei modelli a 2 masse concentrate per la valutazione dell'interazione fluido-struttura ai fini della valutazione della deformabilità dinamica della struttura, del taglio massimo alla base e del momento ribaltante;
4. i modelli ad elementi finiti, con elementi fluido, se mal concepiti, possono condurre a risultati errati, illudendo il progettista che la più sofisticata modellazione implica necessariamente risultati più accurati.

Un secondo confronto viene eseguito al fine di valutare l'influenza della deformabilità del suolo e quindi l'errore che si commette nel trascurare l'interazione suolo-struttura nel caso di suolo di cat. D.

Vengono raffrontati i valori del periodo impulsivo, del periodo convettivo, del taglio e del momento ribaltante, con riferimento ai seguenti modelli:

- modello 1 vs. modello 2;
- modello 4 vs. modello 5;
- modello 8 vs. modello 9.

Dai risultati emerge che:

1. considerare l'effettiva deformabilità del terreno nella modellazione della struttura, conduce a risultati più realistici con incremento del periodo e conseguente riduzione del taglio e momento alla base del

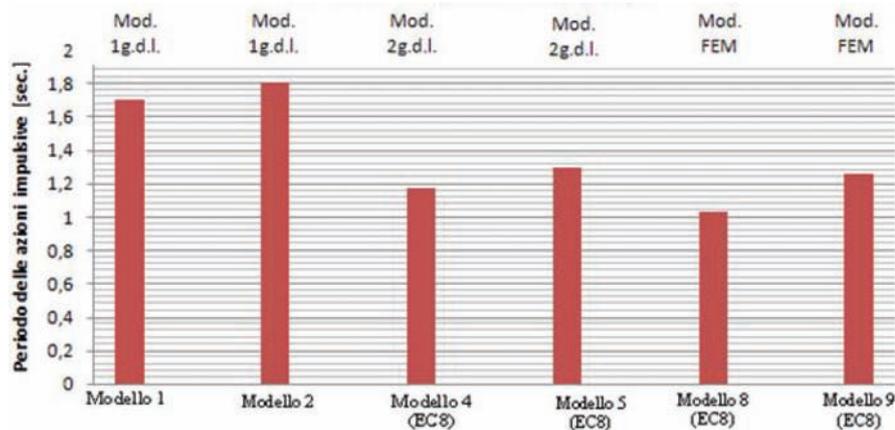


Figura 12. Periodo impulsivo (soft soil).

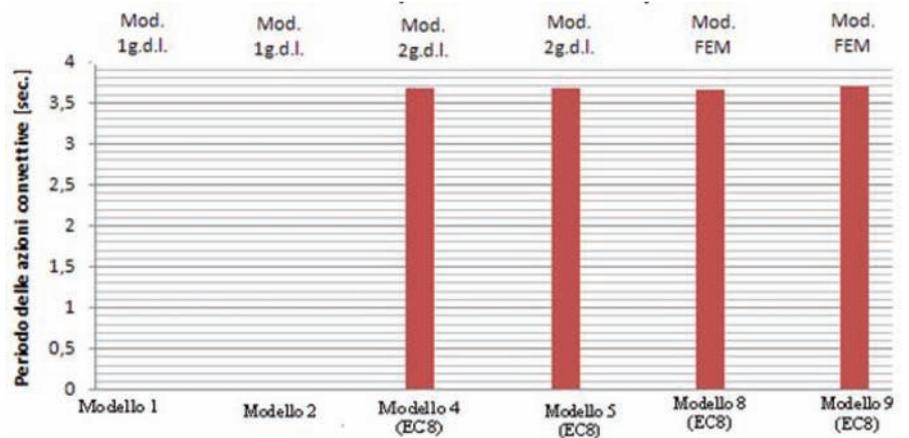


Figura 13. Periodo convettivo (soft soil).

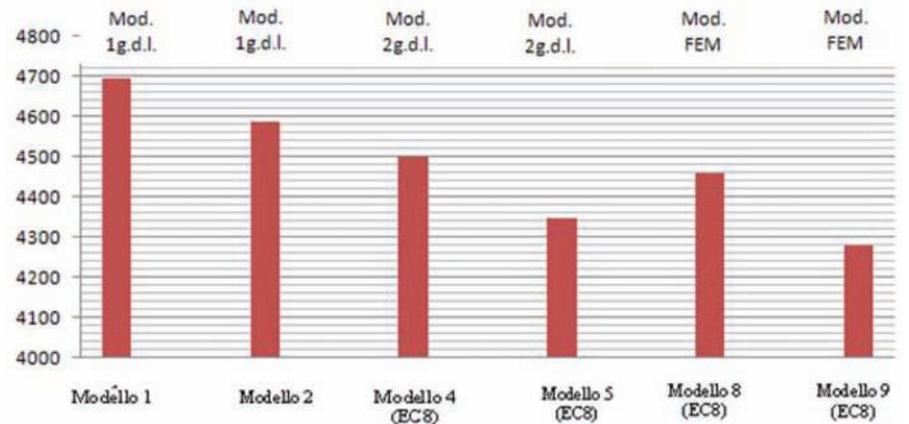


Figura 14. Taglio alla base (soft soil).

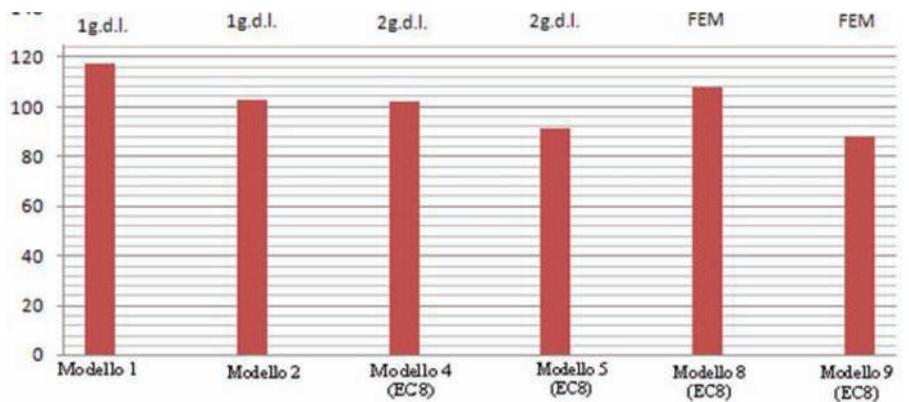


Figura 15. Momento ribaltante (soft soil).

serbatoio. Pertanto, risulta importante, ai fini di una corretta progettazione, considerare l'interazione suolo-struttura soprattutto nel caso di suolo deformabile. L'assunzione di struttura incastrata alla base, può condurre, in condizioni sismiche e in presenza di terreno

deformabile, ad un giudizio fortemente errato del taglio alla base e del momento ribaltante;

2. le modellazioni semplificate approssimano in modo significativo gli effetti di sloshing rispetto alle modellazioni più complicate e complesse;

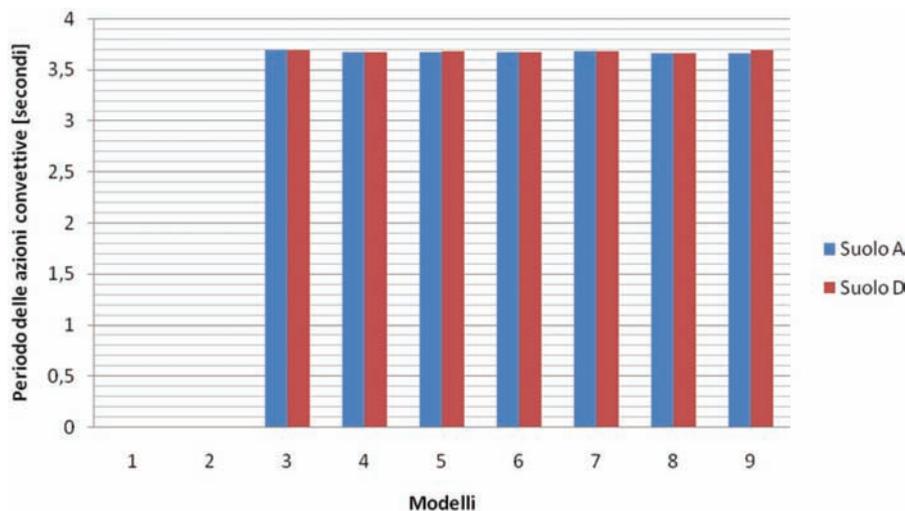


Figura 16. Confronto tra i modelli con riferimento al solo periodo convettivo.

3. si conferma che ai fini della valutazione del comportamento dinamico della struttura in termini di periodi e relative sollecitazioni alla base della struttura, è sufficiente una modellazione a masse concentrate, riservando le modellazioni FEM, più sofisticate e complesse, per lo studio deformativo e sollecitativo del solo contenitore del serbatoio.

Si riporta un diagramma per evidenziare che il valore del periodo convettivo non dipende né dal tipo di suolo né da come viene affrontato il problema dell'interazione suolo-struttura (Figura 16).

6. SPERIMENTAZIONE SU MODELLO IN SCALA

La seconda parte del lavoro ha interessato un'indagine sperimentale eseguita su un modello di serbatoio pensile, in scala. È stato analizzato il comportamento dinamico di un di serbatoio sopraelevato rettangolare in acciaio, e sono stati confrontati i risultati sperimentali con quelli derivanti dall'analisi di modelli numerici, al fine di potersi esprimere circa la loro affidabilità.

Tale sperimentazione, sfruttando quanto svolto dall'Ing. F. Fabbrocino [17]-[18], è stata riproposta con lo scopo di superare i problemi, prece-

dentemente riscontrati, circa il corretto funzionamento della tavola vibrante. La sperimentazione viene riproposta, cercando di bypassare tali difficoltà in modo da rendere più realistico il confronto tra i valori teorici e quelli sperimentali.

Il modello geometrico oggetto del nostro studio è costituito da una vasca pensile in acciaio, sostenuta da quattro ritti verticali in acciaio. La vasca pensile avente dimensioni 20x30 cm in pianta, alta 20 cm è stata realizzata tramite lamiera dello spessore di 2 mm tale da poterla considerare indeformabile per effetto delle azioni idrodinamiche. I quattro sostegni verticali di altezza pari a 100 cm sono costituiti da tubolari in acciaio (Figura 17).

La sperimentazione è stata eseguita adottando una tavola vibrante ad 1.g.d.l. (Figura 18) costituita da una piastra di acciaio del peso di 9.5 Kg e dimensioni 40x50x8 cm. Tale piastra è stata posta al centro di un telaio di controspinta capace di assorbire, tramite un opportuno sistema di molle, gli impulsi dinamici trasmessi alla stessa, e consentirgli di vibrare in modo armonico intorno alla posizione di equilibrio statico. L'ampiezza dell'oscillazione è determinata dall'eccentrico (Figura 19) connesso alla tavola vibrante.

La strumentazione di misura è costituita da estensimetri e trasduttori di spostamento. Sul modello sono stati



Figura 17. Modello sperimentale oggetto di studio.



Figura 18. Tavola vibrante.



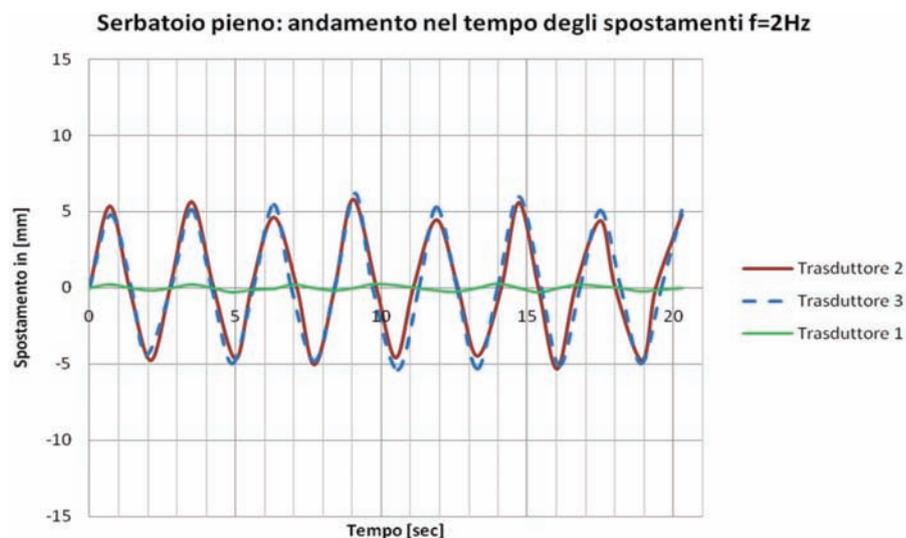
Figura 19. Eccentrico.

posizionati, in corrispondenza della direzione d'indagine, due estensimetri all'estremità di ciascuno dei quattro ritti verticali. I trasduttori di spostamento posizionati, sono stati tre, di cui due nella direzione del lato più lungo della vasca e quindi secondo la direzione di maggiore deformabilità ed un altro disposto nella direzione del lato corto della pianta del serbatoio, allo scopo di rilevare eventuali effetti torsionali indotti dalla tavola vibrante (Figure 20 e 21). La prova è stata condotta nel caso di serbatoio pieno e serbatoio con tirante idrico dimezzato. In tale modello sperimentale, per valutare le frequenze di vibrazione sono state imposte delle forzanti armoniche con frequenza crescente da 1 Hz a 10 Hz. Tramite l'elaborazione del segnale sono state definite le transfer function, le quali hanno permesso, in corrispondenza dei picchi, rappresentativi delle massime amplificazioni, di determinare le frequenze proprie di vibrazione del sistema strutturale. Limitatamente alla direzione di indagine X, si riportano i periodi e le frequenze sperimentali del sistema strutturale (Tabella 1).

Serbatoio pieno		Serbatoio con tirante idrico dimezzato			
T	f	T ₁	f ₁	T ₂	f ₂
sec.	Hz	sec.	Hz	sec.	Hz
0,1908	5,24	0,65	1,52	0,123	8,11

Tabella 1. Frequenze di vibrazione del modello sperimentale.

Per ogni step di frequenza, si è scelto un tempo di acquisizione di 20 secondi sia per la registrazione delle deformazioni strutturali che degli spostamenti registrati dai trasduttori 1, 2 e 3. Grazie a tali trasduttori si sono realizzate 20 letture di spostamento per ogni intervallo di acquisizione di 20 sec e quindi, come si vedrà più chiaramente dai grafici successivi, sono stati rilevati tre spostamenti (relativi ai trasduttori 1, 2 e 3) per ogni secondo di registrazione. Terminata la prova e acquisiti i dati, si è provveduto alla loro elaborazione. Si riportano le time history in termini di spostamento in corrispondenza dei tre trasduttori sia nel caso di serbatoio completamente pieno sia nel caso di serbatoio con tirante idrico dimezzato per una forzante armonica di 2 Hz.



Serbatoio con tirante idrico dimezzato: andamento nel tempo degli spostamenti $f=2\text{Hz}$

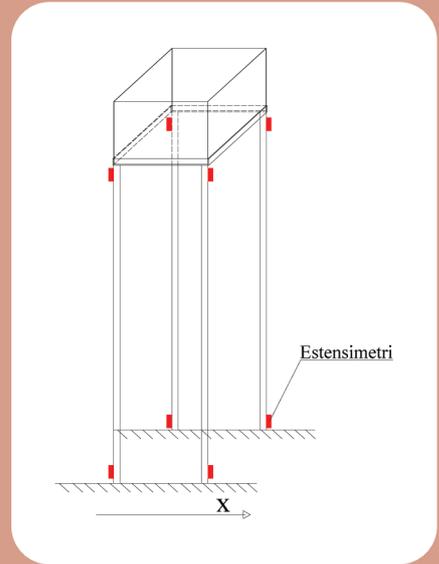
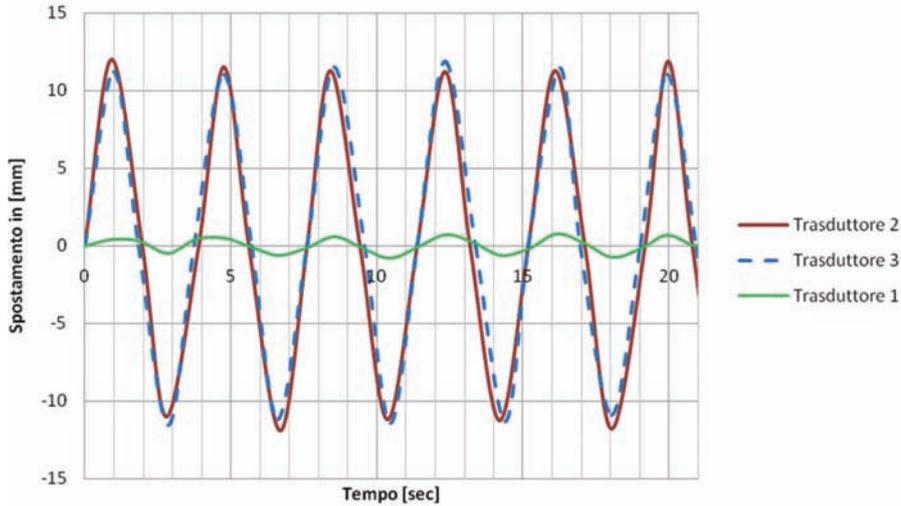


Figura 20. Posizione degli estensimetri.

Si riportano le time history in termini di deformazioni con riferimento ad uno degli 8 estensimetri posizionati sui ritti di sostegno, sia nel caso di serbatoio completamente pieno che nel caso di serbatoio con tirante idrico dimezzato:

Serbatoio pieno: andamento delle deformazioni nel tempo ($f_{\text{forzante}}=2\text{ Hz}$)

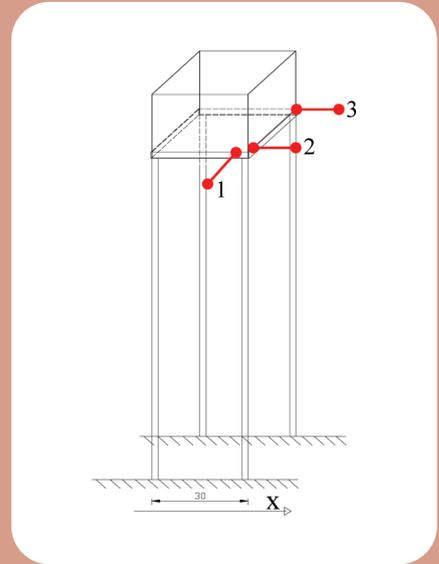
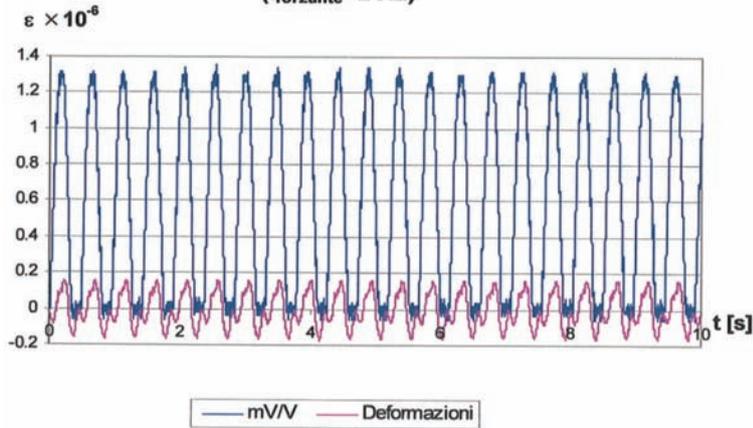


Figura 21. Posizione dei trasduttori.

Serbatoio pieno a metà: andamento delle deformazioni nel tempo ($f_{\text{forzante}}=2\text{ Hz}$)

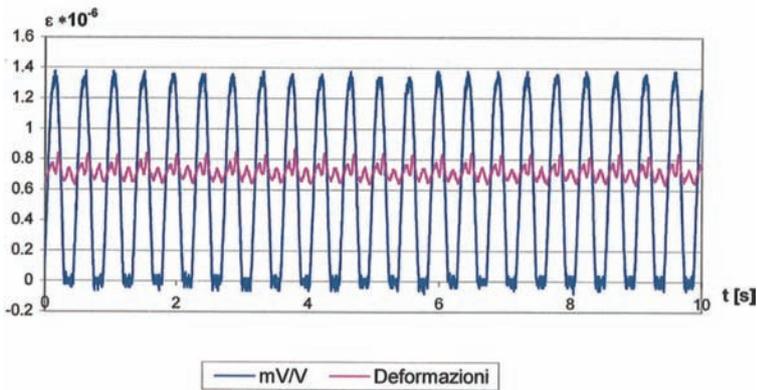


Tabella 2. Tabella riassuntiva dello stato tensionale nei ritri.

Condizioni di riempimento	F (forzante) Hz	E [Kg/cm ²]	Deformazioni sperimentali [μstrain]	Tensioni sperimentali [Kg/cm ²]
Serbatoio pieno	2	2100000	1,80 x 10 ⁻⁷	0,38
Serbatoio con tirante idrico dimezzato	2	2100000	8,40 x 10 ⁻⁷	1,76

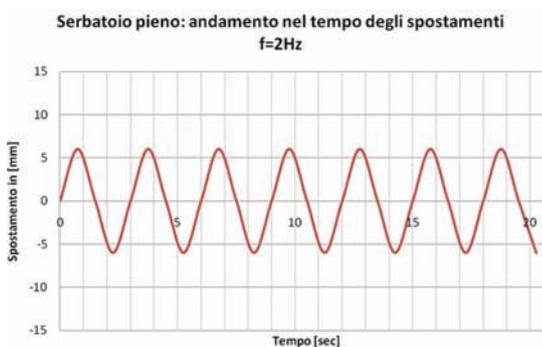
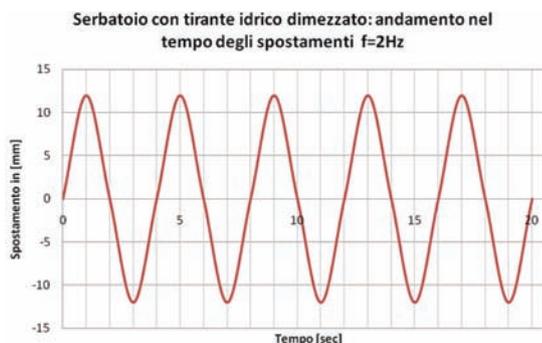
Dall'analisi sperimentale si conferma che l'azione convettiva, associata al fenomeno di sloshing, determina incrementi significativi in termini di spostamenti e deformazioni. La condizione di carico con tirante idrico dimezzato è decisamente più penalizzante della condizione di carico con grado di riempimento completo.

7. ANALISI NUMERICA

I due modelli numerici considerati sono stati due, di cui uno semplificato a "masse concentrate" analizzato con SAP2000 v. 10.0.4 ed un altro modello "continuo discretizzato" analizzato con FemLab v. 3.0.

Si riportano dapprima i risultati nel caso di modello numerico realizzato con SAP2000, per entrambe le condizioni di carico: serbatoio completamente pieno e serbatoio con tirante idrico dimezzato. I risultati sono espressi in termini di periodi di vibrazione nonché time history di spostamento in corrispondenza del nodo in sommità alla struttura, per una forzante armonica di 2 Hz.

- serbatoio pieno: T=0.207 sec
- serbatoio con tirante idrico dimezzato: T1=0.718 sec; T2=0.129 sec



Si procede ad analizzare il secondo modello numerico in cui sono stati adottati elementi shell per modellare la struttura e specifici elementi finiti - fluido per la massa d'acqua, considerando come modello matematico di riferimento, il modello di Bratu per la determinazione della spinta risultante S_w . Tale spinta viene applicata nel baricentro dell'impronta della massa d'acqua sulla parete del contenitore.

$$S_w(z,t) = \frac{4}{\pi^2} \cdot \gamma \cdot C_i \cdot \delta_r \cdot H(t) \cdot \left[1 + \frac{T_w^2}{T_w^2 - T_s^2} \cdot \frac{\tanh(K_r H(t))}{K_r H(t)} \right] \quad (5)$$

Il periodo naturale di oscillazione dell'acqua in un contenitore rettangolare, soggetta ad una forzante sismica, viene calcolato attraverso le relazioni di Lamb:

$$T_{rett} = \frac{2L}{\sqrt{\frac{n \cdot g \cdot L}{\pi} \cdot \tanh \frac{n \cdot \pi \cdot H(t)}{L}}} \quad (6)$$

L'espressione di Bratu assegnata agli elementi finiti per la massa d'acqua presenta, come variabile, il tirante idrico $H(t)$ e pertanto, le azioni sulla parete sono strettamente connesse al comportamento dinamico della massa d'acqua (tramite la relazione di Lamb) che per effetto dello sloshing determina una variabilità del tirante idrico nel tempo (Figure 22 e 23).

Anche in questo caso, si riportano i risultati per entrambe le condizioni di carico e in particolare si evidenziano i periodi di vibrazione nella direzione X (direzione d'indagine) nonché le time history di spostamento per in nodi in corrispondenza dei tre trasduttori presenti nella sperimentazione, per una forzante armonica di 2 Hz.

- Serbatoio pieno: $T=0.193$ sec
- Serbatoio con tirante idrico dimezzato: $T1=0.695$ sec; $T2=0.114$ sec

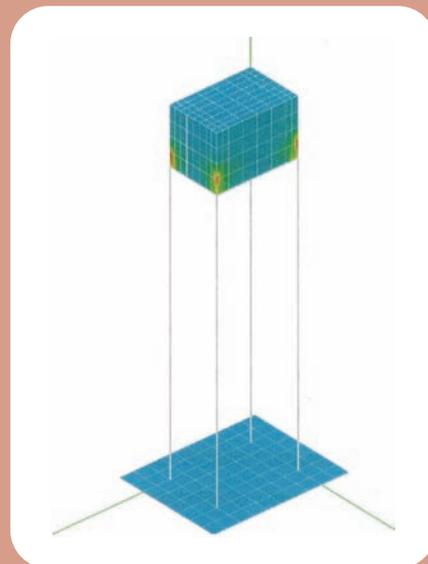
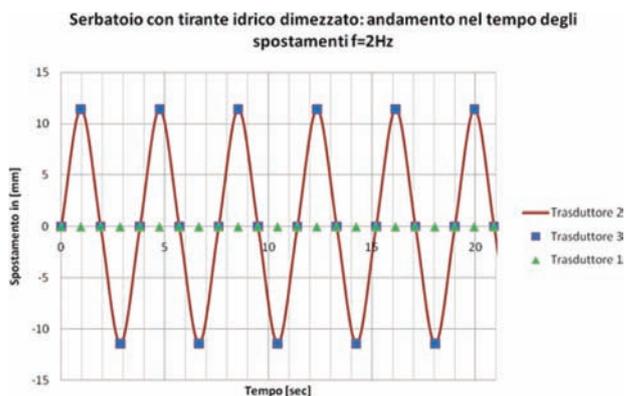
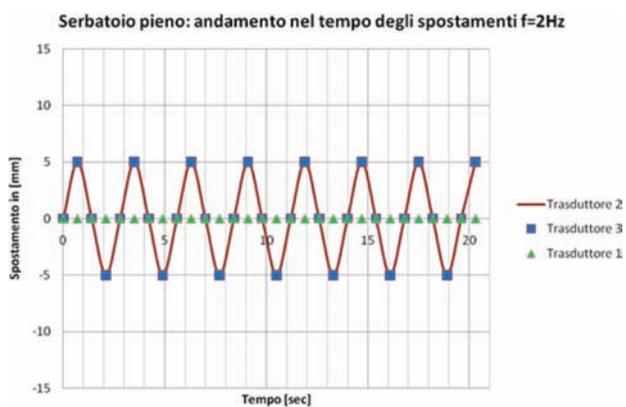


Figura 22. Stato tensionale (serbatoio pieno).

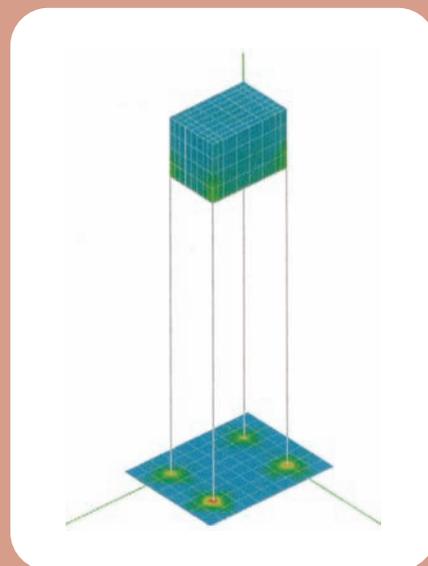


Figura 23. Stato tensionale (serbatoio con tirante idrico dimezzato).

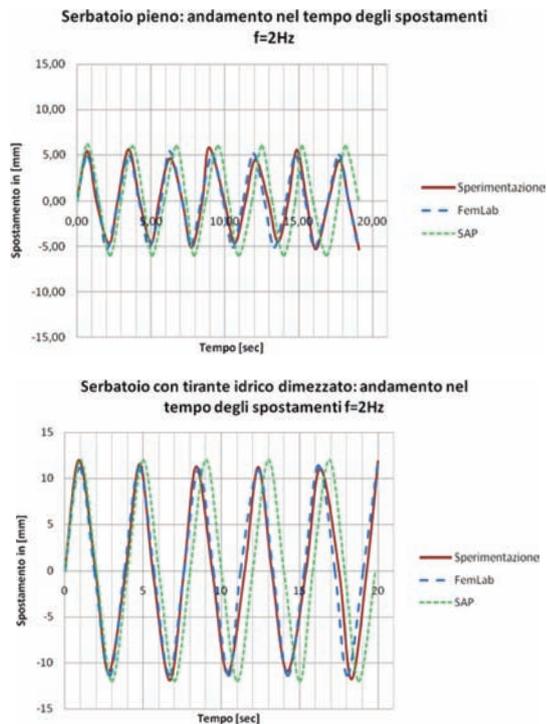
8 RISULTATI NUMERICI VS. RISULTATI SPERIMENTALI

Si riporta di seguito un confronto tra i risultati restituiti della sperimentazione e i risultati relativi alle due modellazioni numeriche eseguite, dalla più semplificata analisi al SAP2000 alla più sofisticata e complessa analisi al FemLab.

	Serbatoio pieno			Serbatoio con tirante idrico dimezzato		
	Sperimentazione	SAP	FemLab	Sperimentazione	SAP	FemLab
T_1 [sec.]	0,1908	0,2069	0,193	0,65	0,718	0,695
f_1 [Hz]	5,24	4,83	5,18	1,52	1,39	1,44
T_2 [sec.]	-	-	-	0,123	0,129	0,114
f_2 [Hz]	-	-	-	8,11	7,74	8,77

Condizioni di riempimento	F (forzante) Hz	E [Kg/cm ²]	Tensioni sperimentali [Kg/cm ²]	Tensioni FemLab [Kg/cm ²]
Serbatoio pieno	2	2100000	0,38	0,31
Serbatoio con tirante idrico dimezzato	2	2100000	1,76	1,53

Con riferimento ad un solo nodo, posizionato in sommità al serbatoio, si confrontano le time history sperimentali con quelle restituite da entrambe le analisi numeriche.



9. CONCLUSIONI

Dal raffronto dei i risultati sperimentali con i risultati restituiti dall'analisi numerica, è stato possibile affermare l'affidabilità dei modelli numerici sia al SAP2000 sia al FemLab, nel simulare gli effetti di interazione fluido-suolo-struttura connessi al fenomeno dello "sloshing", nonché di confermare l'affidabilità dei modelli a "masse concentrate" decisamente più gestibili rispetto a modelli "continui discretizzati", consigliando questi ultimi solo per un approfondimento delle sollecitazioni e dei relativi stati tensionali che si generano nelle pareti del contenitore del serbatoio pensile. Infine, i risultati ottenuti sia numerici sia sperimentali confermano la pericolosità dello "sloshing" qualora esso non venga considerato nella progettazione e/o verifica sismica di un serbatoio, soprattutto se la sua configurazione è quella di serbatoio sopraelevato. Tale aspetto è stato evidenziato dal peggioramento del comportamento dinamico della struttura oggetto di studio, nel caso di riempimento della vasca con tirante idrico dimezzato rispetto al caso di contenitore con completo grado di riempimento.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Graham E.W., Rodriguez A.M., "The characteristics of fuel motion with effects airplane dynamics", *Journal of applied of mechanics*, n.3, 1952.
- [2] Housner G.W., "Dynamic pressures on accelerated fluid containers", *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol.11, 1957.
- [3] Bauer H.F., "Fluid oscillations in the containers of a space vehicle and their influence upon stability", *NASA TR R 187*, 1964.
- [4] Bratu C., "Sul comportamento in regime sismico dei liquidi contenuti in serbatoi rettangolari", *IX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, Trieste, 1965.
- [5] Valetsos S.A., "Seismic effects in flexible liquid storage tanks", *Fifth World Conference on Earthquake Engineering*, Rome, 1973.
- [6] Como M., Lanni G., "Elementi di costruzioni antisismiche", Ed. Cremonese, Roma, 1979.

- [7] Gavarini C. "Ingegneria antisismica", ESA, Roma, 1980.
- [8] Haroun M.A., Housner G.W., "Seismic design of liquid storage tanks", *ASCE Journal of Technical Councils* n. 107 (191-207), 1981.
- [9] D.M. LL.PP. 24.03.1982, "Norme tecniche per la Progettazione e la costruzione delle dighe di Sbarramento", *Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale* n. 212 del 4.08.1982.
- [10] Haroun M.A., Ellaithy M.H., "Seismically induced fluid forces on elevated tanks", *Journal of Technical Topics in Civil Engineering* n. 111 (1-15), 1985.
- [11] Valetsos S.A., Prasad M.A., Tang I., "Design approaches for soil structure interaction", *Technical Report NCEER 88*, National Center for Earthquake Engineering Research, 1988.
- [12] Citrini D., Nosedà G., "Idraulica", Ambrosiana, Milano, 1991.
- [13] Mahlotra P.K., "Seismic analysis of liquid storage steel tanks", *Structural Engineering International*, 1997.
- [14] Dutta S.C., Jain S.K., Mutry C.V.R., "Assessing the seismic torsional vulnerability of elevated tanks with RC frame-type staging", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* n. 19 (183-197), 2000.
- [15] EC8 – Part 1, "General rules, seismic actions and rules for buildings; Design of structures for earthquake resistance", *CEN 2003*.
- [16] EC8 – Part 4, "Silos, Tanks and Pipeline; Design of structures for earthquake resistance", *CEN 2003*.
- [17] P. Fico, "Indagine sperimentale sul comportamento dinamico di un serbatoio pensile rettangolare", Tesi di laurea presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" (relatori: Prof. Ing. M. Pasquino; Dott. Ing. F. Fabbrocino) – 2004.
- [18] F. Fabbrocino, A. De Majo, M. Modano, M. Pasquino, "Un Modello di analisi numerica per la dinamica di un serbatoio pensile e confronto con i risultati sperimentali", *InVento*, Maggio 2006.
- [19] Livaoglu R., Dogangun A., "Seismic evaluation of fluid-elevated tank-foundation/soil system in frequency domain", *Structural Engineering and Mechanics* n. 21, (101-119), 2005.
- [20] Livaoglu R., Dogangun A., "Simplified seismic analysis procedures for elevated tanks considering fluid-structure-soil interaction", *Journal of fluids and structures* 22 421-439, Elsevier, 2006.
- [21] CIRCOLARE 2.02.2009, n. 617, "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2008.
- [22] D.M. 14.01.2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche", *Gazzetta Ufficiale* n. 29. del 04.02.2008.



METODOLOGIA DI STIMA DEI RICAVI DI UN PARCHEGGIO

Gaetano Trapanese

Ingegnere Gestionale
Direttore Commerciale
Quick – No Problem Parking S.p.a.

“ L’incasso dipende da quanto tempo ogni singola auto sosta nel parcheggio e, cioè, dalla durata media di ogni singola transazione di sosta ”

Il crescente interesse della classe politica, in particolare nella città di Napoli, nella ricerca di soluzioni alle annose problematiche legate alla mobilità urbana ha spinto la classe imprenditoriale ad avvicinarsi al settore della costruzione e gestione dei parcheggi, soprattutto nell’ultimo decennio, dopo l’approvazione, nel 1998, da parte del Comune di Napoli del Programma Urbano Parcheggi (PUP), che prevedeva proprio la forma della “costruzione e gestione” come strumento operativo principale.

Se da un punto di vista squisitamente costruttivo, la realizzazione di un parcheggio comporta le medesime problematiche di una qualsivoglia altra infrastruttura, da un punto di vista economico-gestionale essa presenta una grossa insidia legata alla corretta valutazione del fatturato sviluppabile dalla sua gestione. Se, infatti, non è difficile immaginare un ordine di grandezza di massima dei costi, di costruzione e di gestione, di un parcheggio, alquanto più complessa è la determinazione preventiva dei ricavi da esso generabili.

In linea di massima è possibile suddividere i ricavi di un parcheggio in due macroclassi: ricavi immobiliari e ricavi gestionali; i primi sono legati all’alienazione di posti auto o box (della loro piena proprietà o del relativo diritto di superficie per un periodo – ad es. 90 anni – stabilito nella convenzione stipulata con l’Amministrazione), i secondi sono legati alla cosiddetta “rotazione”, ovvero al-

la gestione a tariffazione oraria della porzione di parcheggio non alienata. Si limiterà l’analisi esclusivamente ai ricavi gestionali, essendo quelli immobiliari facilmente assimilabili a quelli di una qualsiasi operazione immobiliare.

La stima dei ricavi per “rotazione” passa attraverso la valutazione delle caratteristiche del parcheggio (offerta di sosta) e delle caratteristiche del contesto al quale il parcheggio è asservito (domanda di sosta); è immediatamente intuibile, infatti, come la valenza economica di un parcheggio non è un valore assoluto, ma è inscindibilmente collegata alla sua conurbazione: 100 posti auto in un quartiere a forte vocazione commerciale, ad esempio, hanno una redditività potenziale molto superiore agli stessi posti auto in un quartiere residenziale. Nel presente studio saranno analizzate le modalità di stima del fatturato sviluppabile da “rotazione” di un parcheggio attraverso l’analisi delle variabili che concorrono alla sua determinazione.

Le variabili da considerare nell’analisi di redditività di un parcheggio sono di tre tipi:

- strutturali;
- occupazionali;
- di distribuzione della sosta.

Le variabili strutturali di un parcheggio ne identificano in maniera univoca l’offerta di sosta e sono legate alla sua capacità in termini di posti auto a disposizione dell’utenza.

I posti auto da considerare nell'analisi di redditività, però, non sono tutti quelli di cui dispone il parcheggio; anzitutto vanno sottratti al numero di posti auto complessivi quelli eventualmente alienati; in secondo luogo occorre sottrarre i posti auto riservati ad utenti a ridotta mobilità, che sono quelli che la normativa impone di riservare gratuitamente ai possessori del contrassegno di cui al DPR 495/92 (il c.d. "contrassegno invalidi") in numero di 1 ogni 50 posti (o frazione di 50); in ultimo vanno sottratti gli eventuali posti auto ceduti gratuitamente, tipicamente previsti nelle convenzioni firmate con l'A.C. in favore di soggetti terzi (la stessa A.C., le forze dell'Ordine, etc.).

Si supponga, ad esempio, di disporre di un parcheggio di nome "Alfa" da 120 posti auto, in cui 5 posti debbano essere riservati gratuitamente all'A.C. in base a quanto previsto dalla convenzione stipulata. Ai 120 posti auto, per una corretta analisi di redditività, ne vanno sottratti 3 riservati agli utenti a ridotta mobilità e 5 riservati all'A.C.; pertanto il numero di posti auto che effettivamente generano reddito (identificato con la variabile n) sarà di 112.

Le variabili occupazionali di un parcheggio identificano il suo grado di occupazione rispetto alla massima capienza ed esprimono una prima importante informazione sulla do-

manda di sosta. Se si avesse la capacità (e la pazienza) di osservare, istante per istante, il numero di auto presenti in un giorno all'interno del parcheggio Alfa, ci si troverebbe innanzi ad una occupazione qualitativamente analoga a quella rappresentata in Figura 1.

La funzione $\eta(t)$, che descrive il coefficiente di occupazione del parcheggio nel corso della giornata, e che può assumere valori compresi tra 0 e 1, dipende dal grado di "attrattività" del parcheggio e può variare (molto) in base a fattori endogeni alla società di gestione (la politica commerciale, la politica tariffaria, il sistema software di gestione, la visibilità dell'ingresso, etc.) e a fattori ad essa esogeni (il flusso di auto nella zona della città dove sorge il parcheggio, la presenza di concorrenza, la vicinanza a poli attrattori come aree commerciali, cinema, ospedali, locali notturni, la presenza di ZTL, etc.). Per questo motivo non esiste una formulazione matematica che identifichi la funzione $\eta(t)$ e la renda applicabile a qualsiasi parcheggio.

È intuitivo immaginare come le "ore di sosta" (h) vendute giornalmente in un parcheggio siano il risultato della seguente relazione (con n è indicato il numero dei posti auto a reddito):

$$h = \int_0^{24} n \cdot \eta(t) dt$$

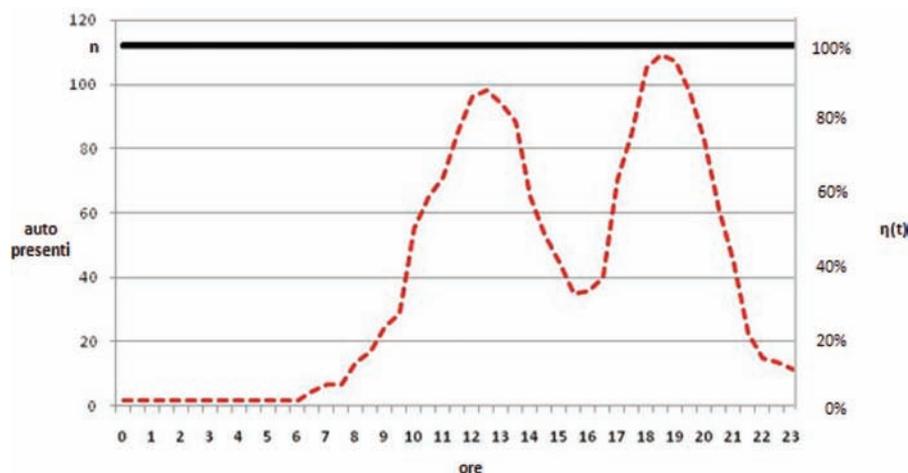


Figura 1. Occupazione del parcheggio Alfa (giorno tipo).

la cui risoluzione, però, risulta alquanto ardita in virtù, come detto, delle innumerevoli variabili in gioco. Esistono, però, delle logiche comuni alla maggior parte dei parcheggi che consentono di stimare, sulla base dell'esperienza, un valore medio di $\eta(t)$ e di procedere nell'analisi di redditività.

La Figura 2 riporta una rappresentazione grafica del valore medio della funzione $\eta(t)$ del parcheggio Alfa nelle 24 ore.

In sostanza attraverso la Figura 2 si stima che, in media, un osservatore che si rechi nel parcheggio Alfa a qualsiasi ora del giorno o della notte conterà 34 auto presenti, con evidentemente picchi nelle ore diurne e punti di minima nelle ore notturne.

Si noti come la stima dell'occupazione media rappresenti il punto cruciale dell'analisi che si sta conducendo. Molto spesso si è spinti a sovrastimare il suo valore convinti della assoluta "esplosività commerciale" del parcheggio che si sta analizzando, e quindi ad enfatizzare i punti di massima della funzione $\eta(t)$, omettendo di considerarne i relativi punti di minima. È buona norma attribuire ad $\eta(t)$ un valore medio mai superiore al 60%.

Con l'identificazione del valore medio di $\eta(t)$ si è giunti alla determinazione del numero di ore di sosta vendute giornalmente nel parcheggio (h). Esso è dato dalla semplice relazione

$$h = \bar{\eta} \cdot n \cdot 24$$

dove n è il numero di posti auto su cui si genera reddito e $\bar{\eta}$ è il valore medio di $\eta(t)$ nelle 24 ore.

Nel caso del parcheggio "Alfa" si avrà

$$h = 30\% \cdot 112 \cdot 24 = 806 \text{ ore}$$

e, cioè, nel parcheggio Alfa sono giornalmente vendute 806 ore di sosta.

È a questo punto del ragionamento che la maggior parte dei neofiti, nella determinazione del fatturato sviluppabile, cade nell'errore di applicare la tariffa oraria al monte ore giornaliero h . La logica, erroneamente, seguita è più o meno la seguente: se il parcheggio Alfa sviluppa 806 ore al giorno e la tariffa oraria è di 1 €/h, cioè ciascuna ora è venduta ad 1 €, il fatturato giornaliero del parcheggio è di 806 € Iva inclusa. Per dimostrare la fallacità di questo approccio si consideri il caso limite di un parcheggio costituito da un unico posto auto, con una tariffa di 1 €/h. Se sapessimo che il suo coefficiente di occupazione medio è del 100%, l'affermazione "il parcheggio incassa 1 euro ogni ora" sarebbe vera? L'affermazione sarebbe senz'altro vera se ogni auto, in media, sostasse nel parcheggio per 60 minuti. Ma cosa succederebbe se la durata media della sosta fosse, invece, di 30 minuti? Ogni ora sul singolo posto

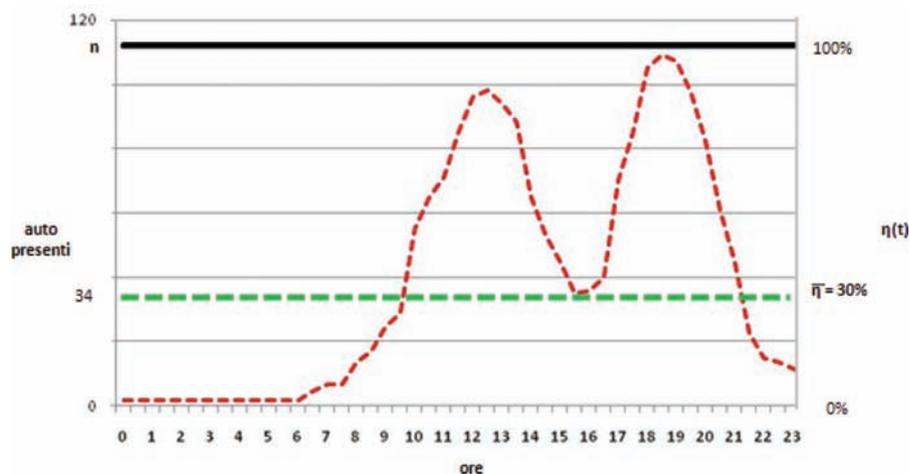


Figura 2. Occupazione media del parcheggio Alfa (giorno tipo).

auto costituente il parcheggio sosterebbero 2 auto, ciascuna della quali pagherebbe 1 €, e pertanto l'incasso sarebbe di 2 € ogni ora. Analogamente, se la durata media della sosta fosse di 20 minuti l'incasso salirebbe a 3 € ogni ora, e così via. La risposta corretta è, dunque, "dipende"; l'incasso dipende da quanto tempo ogni singola auto sosta nel parcheggio e, cioè, dalla durata media di ogni singola transazione di sosta.

Il passaggio successivo nella stima del fatturato di un parcheggio è, dunque, la trasformazione del monte ore giornalmente sviluppato nel numero di transazioni di sosta giornaliere, laddove per numero di transazioni si intende il numero di auto che hanno completato il ciclo di utilizzo del parcheggio (ingresso-pagamento-uscita). È questa la fase dell'analisi delle variabili di distribuzione della sosta ovvero della stima del tempo che gli utenti trascorrono all'interno del parcheggio.

In prima battuta occorre clusterizzare l'utenza del parcheggio segmentandola in un numero t di fasce orarie in base alla durata della sosta, identificando, per ciascuna di esse, la percentuale di utenza che si stima vi ricada, che sarà indicata con c_i ; si ipotizzi, ad esempio, per il parcheggio Alfa, una segmentazione in 6 fasce orarie con la seguente distribuzione della sosta:

Fasce orarie	Riparto %
Fino a 1 ora	15%
Fino a 2 ore	35%
Fino a 3 ore	40%
Da 4 a 6 ore	8%
Da 6 a 24 ore	2%
Oltre 24 ore	0%

Si sta ipotizzando, quindi, che il 15% dell'utenza del parcheggio Alfa sia rappresentato da coloro i quali sostano entro l'ora, il 35% da coloro i quali sostano entro le due ore (cioè la loro sosta duri tra i 61 e i 120 minuti), e così via.

Si associ, poi, in base all'esperienza e alle caratteristiche di conurbazione del parcheggio, a ciascuna della fasce orarie identificate una durata media della transazione di sosta, espressa in hh:mm:

Fasce orarie	Riparto %	Durata sosta (hh:mm)
Fino a 1 ora	15%	0:45
Fino a 2 ore	35%	1:20
Fino a 3 ore	40%	2:10
Da 4 a 6 ore	8%	3:20
Da 6 a 24 ore	2%	12:30
Oltre 24 ore	0%	48:0

Si è, a questo punto, in grado di stimare la durata media della sosta d , utilizzando la relazione

$$d = \sum_{i=1}^t c_i \cdot (hh_i \cdot 60 + mm_i)$$

dove:

d = durata media della sosta

t = numero di fasce orarie in cui si è segmentata l'utenza

c_i = peso percentuale della fascia i -ima (la somma di tutti gli c_i deve essere pari a 1)

hh_i = ore di sosta medie previste per la fascia i -ima (trasformate in minuti)

mm_i = minuti di sosta medi previsti per la fascia i -ima.

Nel caso del parcheggio Alfa $d=118$ minuti.

È ora possibile trasformare il monte ore giornaliero h in transazioni di sosta giornaliere (trx), secondo la relazione:

$$trx = \frac{h \cdot 60}{d} = \frac{(\bar{n} \cdot n \cdot 24) \cdot 60}{d}$$

Si noti come, essendo la durata della sosta d espressa in minuti, occorra trasformare preliminarmente le ore h in minuti.

Per il parcheggio Alfa

$$trx = \frac{806 \cdot 60}{118} = 411$$

cioè il parcheggio Alfa sviluppa 411 transazioni al

giorno. Applicando a questo valore i pesi c_i è possibile individuare il numero di transazioni per ciascuna fascia oraria precedentemente identificata.

Il parcheggio Alfa svilupperà, quindi, 411 transazioni di sosta al giorno che genereranno un fatturato di 1.081 € al giorno Iva inclusa. Scorrendo l'Iva, la cui aliquota è del

Fasce orarie	Riparto %	Durata sosta (hh:mm)	Trx per giorno
Fino a 1 ora	15%	0:45	62
Fino a 2 ore	35%	1:20	144
Fino a 3 ore	40%	2:10	164
Da 4 a 6 ore	8%	3:20	33
Da 6 a 24 ore	2%	12:30	8
Oltre 24 ore	0%	48:0	-
			Totale: 411

E quindi: il 15% delle 411 transazioni giornaliere (cioè 62 transazioni) sono transazioni che ricadono entro l'ora; il 35% (cioè 144) ricadono entro le due ore, e così via.

Si è ora in grado di valutare correttamente l'impatto di una tariffa oraria sul parcheggio. Si indichi con p_i il prezzo che l'utente della fascia i -ima dovrà pagare per la sosta. Il fatturato giornaliero F , da cui è immediato ricavare il fatturato annuo, sarà dato dalla seguente relazione:

$$F = \text{trx} \cdot \sum_{i=1}^n c_i \cdot p_i$$

Si ipotizzi che nel parcheggio Alfa vigga una tariffa oraria di 1 € Iva inclusa per ogni ora o frazione di ora. La tariffa che l'utente di ciascuna fascia pagherà è riportata in Tabella, così come il fatturato giornaliero sviluppato da ciascuna fascia e, quindi, il fatturato giornaliero globale.

20%, si ottiene un fatturato netto di 901 €.

Moltiplicando il fatturato giornaliero per i 365 giorni dell'anno si ottiene un fatturato annuo stimato di 328.706 €.

Occorre considerare e ben evidenziare come la determinazione del fatturato annuo è stata qui condotta sotto le ipotesi semplificative che non vi siano sostanziali differenze nel "comportamento economico" del parcheggio tra giorni feriali e giorni festivi e tra estate e inverno. Nella maggior parte dei casi, infatti, occorre segmentare lo studio di un parcheggio, seguendo sempre lo schema sovra descritto, tra analisi di redditività nei giorni dal Lunedì a Venerdì, il Sabato e la Domenica, e tra mesi invernali ed estivi. Il ragionamento di base non cambia, ma il fatturato annuo sarà dato dalla somma dei fatturati parziali stimati in ciascun periodo in cui si è frazionato l'anno.

Fasce orarie	Riparto %	Durata sosta (hh:mm)	Trx per giorno	Tariffa IVA inclusa	Fatturato per giorno
Fino a 1 ora	15%	0:45	62	€ 1,00	€ 62
Fino a 2 ore	35%	1:20	144	€ 2,00	€ 288
Fino a 3 ore	40%	2:10	164	€ 3,00	€ 493
Da 4 a 6 ore	8%	3:20	33	€ 4,00	€ 131
Da 6 a 24 ore	2%	12:30	8	€ 13,00	€ 107
Oltre 24 ore	0%	48:0	-	€ 48,00	€ 0
			Totale: 411		1.081

Una volta stimati transazioni giornaliere, durata media della sosta e incasso giornaliero è possibile avere tutta una serie di altre informazioni utili all'analisi del parcheggio.

La rotazione del parcheggio indica il numero di auto che giornalmente ed in media occupa un singolo posto auto. Esso è dato dal rapporto tra le transazioni sviluppate giornalmente e il numero di posti auto a reddito del parcheggio:

$$r = \frac{itrn}{n}$$

Per il parcheggio Alfa $r = 3,7$: ogni singolo posto auto del parcheggio Alfa è occupato, in media, ogni giorno da 3,7 auto diverse. La rotazione è utile per effettuare un'analisi dimensionale sul parcheggio: se $r \geq 1$ la ca-

pacità del parcheggio è sufficiente a gestire la domanda di sosta, mentre se $r < 1$ il parcheggio è sovradimensionato.

La tariffa media indica l'importo mediamente pagato da ciascun utente ed è espressione del valore economico di ciascuna transazione. Evidentemente è data dal rapporto tra il fatturato e il numero di transazioni giornalmente sviluppati dal parcheggio. Nel caso del parcheggio Alfa è di 2,63 € Iva inclusa.

La tariffa media per ora è l'importo reale al quale è venduta ciascuna ora di sosta sviluppata nel parcheggio, ed è data dal rapporto tra il fatturato e il numero di ore giornalmente sviluppati nel parcheggio. Il parcheggio Alfa ha una tariffa media per ora di 1,34 € Iva inclusa.

L'UNI HA PRESENTATO IN ANTEPRIMA A NAPOLI LA NORMA UNI 11367 SULLA CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DEGLI EDIFICI

Nella sala riunione della Camera del Commercio di Napoli l'UNI, l'ente nazionale italiano di unificazione, su sollecitazione dell'Ordine degli ingegneri di Napoli, del consorzio Promos Ricerche (presso la c.d.c.) e dell'ACEN, ha presentato in anteprima a Napoli la nuova norma riguardante la classificazione acustica delle unità immobiliare, uno strumento normativa di grande interesse per i progettisti nell'imminenza della emanazione da parte del governo di un decreto che ne determinerà di fatto l'applicazione.

Per gli ingegneri napoletani si è trattato di un'occasione importante per acquisire conoscenza di uno strumento di lavoro professionale, da approfondire attraverso uno studio attento e responsabile. In tal senso la Camera del Commercio mette a disposizione, presso il consorzio Promos Ricerche (al II Piano dell'edificio della CdC in via S. Aspreno 2) la possibilità di leggere ed approfondire questa norma, come tutte le altre norme dell'UNI.

Alla manifestazione di presentazione erano presenti l'ing. Pietro Ernesto De Felice, vice presidente del consiglio nazionale ingegneri, mentre l'ing. Nicola Monda, vice presidente dell'ordine di Napoli, ha portato il saluto all'iniziativa da parte degli ingegneri Napoletani.

In breve sintesi, la classificazione acustica di una unità immobiliare, basata su misure effettuate al termine dell'opera, consente di informare i futuri abitanti o proprietari delle caratteristiche acustiche della stessa e di tutelare i vari soggetti che intervengono nel processo edilizio (progettisti, produttori di materiali da costruzione, costruttori, venditori, ecc.) da possibili successive contestazioni.



LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E IL RUOLO DELL'INGEGNERE

Seminario

Paola Morgese

Commissione Ambiente
dell'Ordine degli Ingegneri di Napoli

“ Il risultato di un anno di lavoro della Commissione Ambiente è stato soddisfacente: il 96% degli obiettivi raggiunti rispetto a quelli prefissati ad inizio anno nel piano di progetto ”

Quando, come project manager della Commissione Ambiente dell'Ordine degli Ingegneri di Napoli, ho proposto al coordinatore della stessa, il prof. ing. Mario Pasquino, la sostenibilità ambientale come tema dell'anno 2010, non mi era ancora stato conferito l'incarico di Knowledge Management Leader nel consiglio direttivo della Project Management Global Sustainability Community of Practice del PMI (Project Management Institute). Questo testimonia l'interesse, l'impegno ed il lavoro in questo settore, nel mondo, di molti professionisti: ingegneri inclusi.

Durante il seminario su "La sostenibilità ambientale e il ruolo dell'ingegnere", svoltosi lo scorso 16 novembre 2010 nell'Aula Magna dell'Ordine, sono stati raccolti e presentati soprattutto i contributi di componenti della Commissione stessa e di un inatteso sponsor, una ditta internazionale produttrice di mobili per ufficio, che ci ha anche offerto due dei suoi prodotti come premio per i componenti più meritevoli della Commissione. È stata una piacevole sorpresa per noi tutti.

Purtroppo solo il gruppo di lavoro sulla sostenibilità ambientale nel campo dei rifiuti è giunto al seminario, l'altro gruppo sulle risorse idriche si è disperso subito dopo la sua composizione. Questi sono gli inconvenienti delle attività di volontariato, in cui ciascuno è coinvolto e responsabile in prima persona. Il risultato di un anno di lavoro della Commissione Am-

biente è stato comunque soddisfacente. Forse si potrà fare di meglio in futuro, ma anche quanto conseguito fino ad oggi è stato un successo: il 96% degli obiettivi raggiunti rispetto a quelli prefissati ad inizio anno nel piano di progetto; 9 riunioni collettive dal vivo; 9 riunioni in team virtuale, 11 ospiti alle nostre conversazioni mensili; 1 elaborato: "Le linee guida rifiuti" (disponibili sul sito Internet dell'Ordine nella sezione "Documenti"); 1 seminario gratuito con 7 relatori ed il già citato sponsor internazionale con 2 premi: 1 seduta Aeron chair ed 1 seduta Mirra chair, 1 questionario con le lessons learned.

Tra gli ultimi ospiti delle riunioni mensili di commissione, non citati in un mio precedente articolo, ci sono stati: il drammaturgo Manlio Santanelli (Vademecum di scrittura), il dott. ing. Francesco Sacco (Geocompositi drenanti), il dott. ing. Luca Palmiero (Volontariato tecnico in Africa); il prof. ing. Francesco Pirozzi (Risparmio idrico) ed il prof. dott. Edgardo Filippone (Biotecnologie ed OGM).

Il seminario è stato introdotto dal coordinatore, prof. ing. Mario Pasquino, che ha accolto i partecipanti con il suo benvenuto.

È seguita la mia presentazione, con una introduzione generale su cosa è la sostenibilità e quale è il ruolo del moderno ingegnere relativamente ad essa. Ci sono così tante definizioni disponibili sulla sostenibilità, nei suoi aspetti ambientale, economico e sociale, che ho deciso di affidarmi al

dizionario ed alle sue definizioni delle singole voci. Ambiente: ciò che ci circonda; le condizioni esterne; lo spazio, inteso come luogo e tempo, in cui viviamo. Questo, per introdurre il quarto parametro fondamentale della progettazione ingegneristica: il tempo, per le generazioni future, oltre alle consuete tre dimensioni. Questo, per sottolineare che è molto diverso lavorare in un ambiente con una foresta pluviale o in un ambiente con una città metropolitana antica di 2.500 anni come Napoli, in cui passato e presente vanno insieme verso il futuro.

Sostenere, che significa aiutare o proteggere, implicando un approccio passivo. Oppure sostenere nel senso di alimentare, dare vigore, mantenere in forze, implicando un approccio attivo. E sostenere inteso come prendere su di sé un impegno, una responsabilità, un onere morale o materiale, implicando un comportamento etico.

E poi c'è l'ingegnere: colui o colei che è responsabile della progettazione e della realizzazione di opere tecniche. L'ingegnere, con la sua affidabile conoscenza, fatta di studio, di ricerche, di aggiornamenti, di pratica, di linee guida, di strategia, di decisioni, di azioni, di servizi, di strumenti e di prodotti. Dietro la nostra vita quotidiana ci sono la mente e la mano di un ingegnere, dietro un ago per cucire, la carta per scrivere, le comunicazioni, l'acqua potabile nelle nostre case. Quando volete una soluzione, chiamate gli esperti: gli ingegneri.

Inoltre, l'ambiente è un settore trasversale e multidisciplinare, dove gli ingegneri lavorano insieme e si confrontano con altri tecnici come i geologi, i chimici ed i biologi.

Giungiamo infine alla mia personale definizione di sostenibilità, intesa come il risultato di equilibrate azioni umane sull'ambiente sociale, economico e naturale nello spazio e nel tempo.

La maggior parte del seminario è stata dedicata ai rifiuti, anche perché abbiamo perso per strada il gruppo

di lavoro sulle risorse idriche. Tutti sanno che a Napoli abbiamo dei problemi immensi con i rifiuti, ma non tutti sanno che qui abbiamo anche degli ottimi tecnici, che possono occuparsene con professionalità e con efficacia. Le successive tre delle relazioni, presentate al seminario, sono raccolte anche in linee guida, come detto sopra, gratuitamente disponibili sul sito Internet dell'Ordine (<http://www.ordineingegnerinapoli.it/news/documenti/ambiente-linee-guida-rifiuti.pdf>).

Il successivo relatore, il giovane collega dott. ing. Salvatore A. Paciolla, con i suoi pratici indirizzi, ci ha illustrato come redigere un piano municipale per la gestione dei rifiuti. Il problema dello smaltimento dei rifiuti può essere efficacemente risolto solo con la raccolta differenziata. E lui ci ha illustrato proprio come progettarla con precisi strumenti tecnici, considerando anche tutte le peculiarità fisiche e culturali dei contesti esaminati. L'ingegneria della gestione urbana può fornire il giusto e concreto sostegno alla programmazione di questa tipologia di interventi.

Il dott. ing. Francesco D'Agresti ci ha parlato dei principi guida, da seguire per la scelta dei siti in cui ubicare le discariche di rifiuti. L'identificazione del luogo in cui costruire una discarica è un processo estremamente complicato, che richiede al professionista di districarsi attraverso un insieme frammentato di leggi e di regolamenti, emanati per salvaguardare la salute pubblica, l'ambiente e le risorse naturali. Nella sua presentazione, ha definito un approccio alla ricerca della corretta ubicazione di una discarica, che tiene in considerazione solo dati oggettivi e verificabili. Alla fine, seguendo alla lettera tutte le leggi ed i regolamenti vigenti, ci sarebbero davvero pochissime aree nella nostra regione in cui poter costruire una discarica.

Il dott. ing. Francesco Sacco ci ha illustrato come preservare la risorsa naturale durante la costruzione delle discariche di rifiuti. La sua presenta-

zione si è concentrata su una lacuna della relativa normativa italiana, a proposito dell'uso di nuovi materiali, e su come ridurre il ricorso alle cave, sostituendo all'argilla ed alla ghiaia i geosintetici disponibili sul mercato internazionale. Ci ha fornito un confronto tecnico ed economico tra l'uso di materiali tradizionali nella stratigrafia di una discarica, in accordo con la legge vigente, e l'uso alternativo di materiali geosintetici, allo scopo di evidenziare gli aspetti positivi e negativi di entrambi.

Il dott. **Ciro Tortora**, laureato in chimica industriale con un master in ingegneria sanitaria ed ambientale, ci ha parlato del controllo degli odori molesti dei rifiuti con l'uso di bioformulati. Uno dei maggiori problemi dei centri di accumulo, di movimentazione e di stoccaggio dei rifiuti è rappresentato dalla presenza di odori molesti, che infastidiscono la cittadinanza e che complicano il lavoro degli operatori stessi. I prodotti, chiamati bioformulati, combinando una nuova componente biologica con una tradizionale componente chimica a basso impatto ambientale, aiutano a ridurre gli odori sgradevoli in maniera marcata e durevole, rendendo meno gravoso lavorare e vivere nelle aree circostanti.

Il prof. ing. **Francesco Pirozzi** ci ha dapprima presentato il corso di laurea, di cui è presidente, in ingegneria per l'ambiente ed il territorio dell'Università di Napoli Federico II. Ha poi parlato delle tecniche per il riutilizzo delle acque reflue e delle acque meteoriche in ambito urbano. Ha elencato le dichiarazioni ufficiali internazionali redatte dal 1968 ad oggi sulle questioni idriche mondiali, giungendo fino alle direttive della comunità europea, alle leggi italiane ed alle leggi ed ai regolamenti regiona-

li. Ha illustrato i sistemi di raccolta delle acque meteoriche con bacini di ritenzione, con sistemi ad infiltrazione e con bacini di fitodepurazione, in scala di quartiere. Ha illustrato i dispositivi per raccogliere le acque meteoriche, per riutilizzare le acque grigie e per ridurre i consumi di acqua potabile, a livello di singola utenza o di singolo edificio. Ha suggerito di prendere in considerazione anche l'acqua nascosta nei cicli industriali. Al termine, ha presentato tre casi pratici italiani per un confronto con e senza l'uso dei dispositivi precedentemente descritti.

Il dott. **Pier Carlo Gentili** della Herman Miller ci ha parlato dei più di cinquant'anni di esperienza della società, produttrice di mobili per ufficio, nel campo della sostenibilità ambientale, che coinvolge l'intero ciclo di vita dei prodotti, gli edifici aziendali e la catena dei fornitori. Prodotti: due prodotti sono certificati con il McDonough-Braungart Cradle-to-Cradle Protocol, uno di essi è riciclabile al 99%. Edifici: due edifici hanno ottenuto la certificazione statunitense Gold LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ed ogni sito aziendale prevede il 50% di aree a verde. Forniture: adozione di un programma per la qualificazione dei fornitori, uso di legno da foreste sostenibili, uso di tessuti riciclabili o compostabili al 100%, riciclaggio del 95% dei rifiuti. Obiettivi per il 2020: zero emissioni di sostanze organiche volatili, zero consumi di acqua di processo, zero rifiuti pericolosi, zero rifiuti solidi in discarica, solo uso di energia rinnovabile.

E vorrei concludere con le stesse parole, con le quali ho concluso il mio intervento al seminario: "Grazie a tutti quei colleghi che ci accompagnano verso un futuro sostenibile".