

Novembre - Dicembre 2005

6

# INGEGNERI NAPOLI

Bimestrale di informazione  
a cura del Consiglio dell'Ordine

In copertina:  
*Posillipo vista dal mare*

Notiziario  
del Consiglio dell'Ordine  
degli Ingegneri  
della Provincia di Napoli

Novembre - Dicembre 2005

ORDINE DEGLI INGEGNERI DI NAPOLI  
Bimestrale di informazione a cura del Consiglio dell'Ordine

*Editore*

Consiglio dell'Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Napoli

*Direttore Editoriale*  
Luigi Vinci

*Direttore Responsabile*  
Armando Albi Marini

*Redattore Capo*  
Pietro Ernesto De Felice

*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 direzione*  
Edoardo Benassai

Annibale de Cesbron de la Grennelais  
Salvatore Landolfi  
Francesco Mondini  
Marco Senese

*Redattori*  
Edoardo Benassai  
Annibale de Cesbron de la Grennelais  
Matteo De Marino  
Paola Marone  
Nicola Monda  
Mario Pasquino  
Ferdinando Passerini  
Giorgio Poulet  
Vittoria Rinaldi  
Benni Scarpati  
Marco Senese  
Federico Serafino  
Luciano Varchetta

*Coordinamento di redazione*  
Claudio Croce

*Progetto grafico e impaginazione*  
Denaro Progetti

*Stampa*  
Legoprint Campania srl - 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

*Finito di stampare nel mese*  
*di Dicembre 2005*



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

► **EDITORIALE**

Elezioni: la lista di Vinci conquista i 15 seggi disponibili  
a cura della redazione 3

► **SISMICA**

Il sisma e l'importanza della ricerca  
di *Edoardo Cosenza* 9

► **PROFESSIONE**

Esame di abilitazione e logica professionale  
di *Edoardo Benassai* 10

► **TRASPORTI**

La stazione Dante della Linea 1 della metropolitana  
di *Alessandro Mandolini e Guglielmo Montella* 12

► **FONTI RINNOVABILI**

Fonti rinnovabili: la situazione del fotovoltaico  
di *Alessandro Daino* 20

Termovalorizzazione dei rifiuti: le torce al plasma  
di *Michele Irmici* 49

► **AMBIENTE**

Formazione e sviluppo degli addetti alle ispezioni  
di *Filomena Romano e Domenico Fedele* 31

► **URBANISTICA**

Napoli: la riqualificazione del territorio urbano  
di *Edoardo Benassai* 33

► **COSTRUZIONI**

Nuove tecniche e materiali per il restauro delle murature  
di *M. Modano, S. Fabbrocino e A. de Majo* 37

► **TESI DI LAUREA**

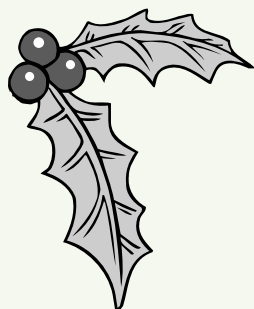
Rischio incendi ed esplosioni negli insediamenti industriali  
di *Marco Salvi* 44

► **LEGGI E CIRCOLARI**

56

► **DOCUMENTI**

Tabella dei prezzi - maggio-giugno 2005/1° luglio 2005 59



*Il Consiglio dell'Ordine  
augura a tutti gli iscritti  
Buon Natale  
e Felice Anno Nuovo*

# Elezioni: la lista di Vinci conquista i 15 seggi disponibili

a cura della Redazione

La lista messa in campo del presidente uscente Luigi Vinci (ormai da anni al vertice dell'organismo di autogoverno professionale) si è aggiudicata i quindici seggi.

La partecipazione al voto è stata fra le più alte registrate in Italia per le elezioni degli altri consigli dell'Ordine degli Ingegneri. Con Vinci (che ha ottenuto 1.709 preferenze, pari al 7,1 per cento dei consensi complessivamente espressi) entrano in consiglio i colleghi Marco Senese (1.218), Nicola Monda (1.164), Vittoria Rinaldi (1.158), Paola Marone (1.151), Oreste Greco (1.135), Fabio De Felice (1.114), Mario Pasquino (1.112), Ferdinando Passerini (1.078), Annibale de la Grennelais (1.060), Salvatore Vecchione (1.020), Eduardo Pace (1.012), Giorgio Poulet (1.005), Norberto Salza (871). Per la sezione "B" dell'Albo risulta eletto Ferdinando Orabona (con 698 preferenze). Nel consiglio i nuovi eletti sono Greco, De Felice, Vecchione e Salza (già coordinatore della Commissione aerospaziale dell'Ordine). Il primo dei non eletti (con 478 preferenze) è *Ciro Marino*.

Il neo-eletto Consiglio riunitosi il 27 ottobre 2005, per procedere all'attribuzione delle cariche istituzionali (presidenza, segreteria e tesoreria), ha riconfermato l'ing. Vinci nella carica di vertice, l'ing. de la Grennelais segretario e l'ing. Senese tesoriere.

I votanti sono stati 2.421, le schede valide risultano 2.406. "Sono soddisfatto - commenta Luigi Vinci - le elezioni hanno registrato un'ampia partecipazione di iscritti e si sono svolte in un clima sereno e di autentico confronto democratico. Il consenso riscosso dalla mia lista mi spinge, insieme agli altri consiglieri, a impegnarmi sempre di più in favore dei colleghi che mi hanno confermato la loro fiducia".

Gli obiettivi programmatici del nuovo Consiglio possono così sintetizzarsi:

1. promuovere un'assemblea rappresentativa degli iscritti, in rapporto alla loro presenza sul territorio provinciale e per categorie di attività dell'Ingegneria, che affianchi il Consiglio anche per lo sviluppo di nuove idee;
2. dare maggiore autonomia alle Commissioni con la partecipazione del Coordinatore alle sedute del Consiglio;



Luigi Vinci

3. creare un "Centro Studi" che affianchi il Consiglio nell'elaborazione di ricerche e studi di interesse sociale, territoriale e di categoria;
4. intensificare su tutto il territorio provinciale i contatti con le Pubbliche Amministrazioni per dare vita a tavoli di concertazione in cui gli Ingegneri siano sempre presenti per concorrere alla definizione delle strategie di sviluppo del territorio e dell'economia locale;
5. intensificare i rapporti con le Facoltà di Ingegneria operanti sul territorio (Federico II, Seconda Università di Napoli, Parthenope);
6. migliorare ulteriormente il Notiziario "Ingegneri Napoli", portandolo da bimestrale a mensile e, nello stesso tempo, proporsi con ancora maggiore frequenza e significatività sulla stampa regionale e nazionale;
7. attivare iniziative di formazione in servizio per gli ingegneri docenti con accreditamento presso il MIUR utilizzando piattaforme di e-learning, anche con prospettive di inserimento nella docenza universitaria di 1° livello;
8. intervenire a tutela della professione in qualsiasi forma essa sia esercitata, anche attraverso iniziative di natura legale, sul modello già attivato dalla Commissione con rapporto di lavoro continuativo;
9. realizzare forme più efficaci nei contatti con gli iscritti, anche al fine di coinvolgerli nelle attività dell'Ordine, attraverso e-mail, portale Web, TV satellitari e creando una casella e-mail per tutti gli iscritti;
10. creare una catena di "quaderni" tematici di approfondimento che possano rappresentare anche il frutto del lavoro delle Commissioni;
11. intensificare le già consistenti azioni di formazione per gli iscritti, con corsi di elevata qualità sulle tematiche indicate dalle Commissioni, dislocandoli anche in Provincia;
12. aumentare gli "sportelli" di informazione per gli iscritti, oltre a quelli già attivati per "Sicurezza", "Impianti" e "Giovani";
13. creare una banca dati centralizzata dei curricula degli iscritti a disposizione delle aziende e società,

- potenziare il rapporto dell'Ordine con le stesse sul modello già attivato dalle Commissioni aerospaziali, gestionale, innovazione tecnologica;*
14. *incrementare, con opportune iniziative, l'associazionismo tra gli iscritti per partecipare a gare di progettazione;*
  15. *promuovere il finanziamento regionale degli studi professionali analogamente a quanto già avviene nella regione Emilia Romagna.*
  16. *continuare nel processo di internazionalizzazione della cultura dell'Ingegnere attraverso il confronto con i migliori professionisti Nazionali e Stranieri, scelti tra i massimi esperti nelle diverse discipline dell'Ingegneria, sul modello già attivato dalla nostra Commissione ambiente nel settore dell'ingegneria naturalistica;*
  17. *favorire scambi culturali con le associazioni di categoria presenti nell'UE.*

### INVITO A COLLABORARE COL CENTRO STUDI URBANISTICI

Da tempo il Centro Studi Urbanistici della provincia di Napoli discute, seppure con un numero limitato di colleghi, le tematiche presenti nella nostra realtà napoletana con l'obiettivo di svolgere un contributo critico sui processi di pianificazione in atto, nonché le decisioni politiche e sociali in corso sul territorio.

La Regione Campania, le Province, i Comuni, gli stessi differenti Enti preposti alla formazione e controllo delle scelte in corso di realizzazione rappresentano un tessuto di prospettive culturali e professionali sulle quali è anche nostra responsabilità assumere una posizione esplicita quanto documentata.

La recente legge urbanistica regionale, la strumentazione dei tanti Piani regolatori in un momento nel quale la pianificazione tende a confermare un proprio ruolo di notevole importanza per la collettività appare oggettiva la necessità di una più attenta collaborazione attiva del nostro Ordine, come degli Organismi interessati e delle stesse competenze specifiche, di noi ingegneri in particolare.

Di qui anche l'interesse e la responsabilità del Centro Studi Urbanistici per la più ampia discussione su definiti approfondimenti della condizione urbanistica nella realtà napoletana e regionale. Un'insieme articolato di dibattiti hanno costituito, seppure in un contesto di limitate partecipazioni, un serio riferimento del Centro Studi dal quale è necessario partire per ogni più attenta analisi critica.

Diviene allora irrinunciabile l'obiettivo di un più ampio coinvolgimento dei colleghi date le capacità presenti, in grado di affrontare l'impegno verso un ulteriore impulso e un maggiore contributo efficace.

Per tale motivo si sollecitano i colleghi ingegneri della provincia di Napoli, in contemporanea ad un'azione del Centro Studi Urbanistici regionale, a partecipare al prossimo congresso provinciale da convocare entro gennaio per discutere un piano di lavoro da elaborare e costruire insieme.

Per questo si richiede una estesa iscrizione al Centro Studi in vista della riunione convocata per il giorno 9 gennaio 2006 alle ore 17 presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli. Si tratta inoltre di concordare tempi e procedure per l'elezione del prossimo Direttivo.

Richiamo l'importanza di tale incontro generale per potere di conseguenza affrontare in maniera efficace le nostre prossime iniziative e partecipare in forma propositiva agli incontri, dibattiti e manifestazioni varie i quali si svolgeranno nel prossimo anno 2006.

Edoardo Cosenza

# Giuseppe Mengoni

**E'** nato a Fontanelice (Bologna) nel 1829 e si è laureato in ingegneria a Bologna.

Deve la sua fama agli edifici della Galleria Vittorio Emanuele e della Piazza del Duomo di Milano, il cui progetto gli fu affidato a seguito di concorso del 1861. Si è occupato della Porta di Saragozza a Bologna, dove nel 1963 ha progettato il palazzo Poggi; dello stesso anno è il progetto per il palazzo municipale di Malalbergo. (def. nel 1877)



1



2



3

*Laureato  
in ingegneria  
nel 1851*

1. Galleria Vittorio Emanuele verso Piazza del Duomo (1877), Milano
2. Galleria Vittorio Emanuele verso Piazza della Scala, Milano
3. Galleria Vittorio Emanuele, angolo dell'ottagono tra via Ugo Foscolo e il Duomo Milano
4. Il Grande Arco, Galleria Vittorio Emanuele, Milano



4

# Il sisma e l'importanza della ricerca

DI EDOARDO COSENZA

*Presidente di Ingegneria  
Università di Napoli Federico II*

23 Novembre 1980, 25 anni fa. Dunque è trascorsa una intera generazione da quella data che ha provocato tanto dolore ed ha segnato il destino di tante famiglie. Ma che ha evidenziato la necessità di una moderna rete accelerometrica in Italia.

Che ha fatto decollare la Protezione Civile italiana che oggi è la migliore del mondo. Che ha creato una generazione di Ingegneri esperti in Ingegneria sismica, costretti ad imparare sul campo l'effetto distruttivo di un terremoto.

Ma i neolaureati in Ingegneria di oggi non erano ancora nati. Perciò si ha il dovere di ricordare quello che è successo.

Naturalmente con spirito positivo. Da ogni terremoto si impara tanto. Anzi si ha il dovere di imparare, perché costituisce un enorme esperimento naturale che deve essere studiato. Per rispetto delle tante vittime e perché non se ne abbiano in futuro.

Dal punto di vista tecnico tanto è stato fatto. Le nuove normative, basate anche sulle esperienze dei terremoti di Northridge, California, 1985 e Kobe, Giappone 1995, hanno fatto passi da gigante.

Oggi si sa molto di più sul comportamento sismico delle costruzioni, tanto per le tipologie costruttive tradizionali (cemento armato, muratura) quanto per quelle innovative.

Le norme tecniche di nuova generazione (In Italia l'Ordinanza della Protezione Civile n.3274; in Europa l'Eurocodice 8), consentono di costruire in modo razionale, controllando la probabilità di danno nelle strutture per terremoti di diversa intensità.

Di rinforzare in modo razionale ed economico le strutture esisten-

ti, magari utilizzando materiali moderni come i compositi con fibre di carbonio o di vetro.

Di utilizzare tecnologie innovative per le nuove strutture, come l'isolamento sismico.

Ma anche gli ingegneri devono fare maggiormente la loro parte. Devono aggiornarsi.

Devono abituarsi ad utilizzare, gradualmente, metodi più moderni di progetto, che diventeranno obbligatori nel 2011 in Europa. Gli stessi metodi che in paesi ad alta sismicità, come Nuova Zelanda, California, Giappone, si usano da decine di anni.

Intanto la ricerca in Campania è andata avanti con passi da gigante. Tempo pochi mesi ed avremo attiva la più moderna rete sensoristica d'Europa, che addirittura consentirà di avere un preavviso di alcuni secondi sull'arrivo di un terremoto a Napoli.

Tempo che sembra irrisorio, ma che dal punto di vista dell'ingegneria è enorme. Che consente di attivare procedure automatiche di messa in sicurezza dei treni, delle reti di servizio, degli ospedali. Ancora, a breve saranno attive due tavole vibranti asincrone, uniche in Europa e, per molti aspetti, nel mondo.

Tavole che, movendosi esattamente come il terreno quando arriva un terremoto, consentono di provare l'efficacia delle strutture direttamente al vero, senza intermediazione di modelli o di calcolo.

25 anni non sono passati invano, ma si ha il dovere di ricordare e andare avanti.

Per questo la Facoltà Ingegneria ha organizzato il Convegno "a 25 anni dal terremoto dell'Irpinia: i progressi scientifici, tecnologici e normativi".

# Esame di abilitazione e logica professionale

DI EDOARDO BENASSAI  
*Professore Ingegnere*

La formazione professionale dell'ingegnere ed il successivo aggiornamento permanente, costituiscono motivo di discussione sia per le modalità di attuazione sia per le sedi preposte a svolgere le predette attività.

In questa dialettica si inseriscono le regole e lo svolgimento degli esami di abilitazione alla professione (obbligatori per coloro che si iscrivono all'Albo), ovvero degli esami di stato.

Da molti anni a questa parte e ancora oggi, gli esami di stato sono affidati ad una commissione costituita da docenti delle Facoltà di Ingegneria e da professionisti sorteggiati da appositi elenchi preparati dall'Ordine professionale provinciale di appartenenza.

Si è avuto modo di constatare che l'esame di abilitazione viene ancora oggi considerato da chi lo deve sostenere come **un corollario all'esame di laurea**. È inutile dire che **questo modo di concepire l'esame di abilitazione è fuori da ogni logica professionale** ed è in antitesi con lo spirito della norma (D.P.R. 328/01 art. 5).

Ne segue che interrogare il candidato su argomenti contenuti negli insegnamenti impartiti nei corsi di laurea significa ripetere un esercizio simile a tanti altri già svolti, spesso per questi ultimi avendo maggiore tempo a disposizione.

Come fare a riportare l'esame di abilitazione professionale alla funzione di accertamento di avere il candidato acquisito una logica professionale?

Occorre innanzitutto chiarire che la logica professionale è frutto di una visione trasversale dei problemi da affrontare da parte di un ingegnere. Tale visione, più vasta di quella di un qualsiasi esame univer-

sitario, comprende un campo di conoscenza spesso maggiore di quello di un intero corso di laurea, che interagisce con materie di confine all'ingegneria (economia, agraria, materie giuridiche, ecc.). Fermo restando che il conseguimento della laurea (breve o specialistica) costituisce base di partenza per poter poi giungere alla visione trasversale accennata. A chiarire questo concetto sta il fatto che la professione nelle diverse aree di competenza (civile – ambientale, industriale, informatica – telematica) rappresenta per tutti i soggetti che la praticano, il passaggio dal primo ordine di conoscenza ad un ordine di conoscenza più elevato. Il conseguimento del maggior sapere, spesso trasversale, si ottiene non solo con le conoscenze acquisite nel corso di laurea, ma con la guida di qualcuno (studio professionale, singolo professionista) in grado di condurre l'allievo ad acquisire la visione interattiva dei problemi, insegnando tutto quel che occorre a muovere i primi passi.

Tuttavia non è possibile che la guida sia in grado di coprire le esigenze di settori così disparati, come quelli dell'ingegneria e accade invece che al posto di una sola guida ce ne sia bisogno di un numero commisurato ai settori di interesse.

Il che avrebbe per conseguenza periodi troppo lunghi di attesa tra la laurea e l'esame di abilitazione. Di fatto, per abbreviare le attese, dovendo commisurare gli strumenti ai tempi, l'aspirante professionista deve seguire un'altra strada per acquisire le nozioni generali necessarie alla sua futura attività.

Si presenta pertanto la necessità di uno strumento duttile in grado di soddisfare le esigenze evidenziate. Si ritiene perciò fondamentale mettere a disposizione dei neo laureati,



un'apposita guida pratico-operativa edita dall'Ordine (realizzata con il contributo di professionisti qualificati unitamente ad ingegneri docenti nelle Facoltà di Ingegneria): un compendio di conoscenze pratico-operative che possa essere utile al candidato per la preparazione all'esame di abilitazione e che sia altresì consultabile dal professionista alle prime armi o da chi deve affrontare aspetti professionali che esulano dalla sua quotidiana esperienza.

Tale guida pratico-operativa va tenuta aggiornata e migliorata grazie al contributo di conoscenza degli operatori del settore (professionisti, studi e associazioni).

Le esperienze dei professionisti vanno quindi raccolte in un compendio pratico-operativo che presenti le seguenti caratteristiche:

- costituisca un riferimento sia per il candidato che deve affrontare

l'esame di Stato sia per gli esaminatori che devono giudicare la sua preparazione in materia di abilitazione;

- rappresenti una reale selezione di saperi che valorizzi le competenze della professione;
- possa servire per anticipare e articolare gli indirizzi dell'iniziale "formazione professionale" dell'ingegnere e del successivo "aggiornamento professionale";
- possa essere utile anche nel quadro di assistenza che ogni professionista (tutor) può offrire ai colleghi più giovani, come già avviene in altre nazioni dell'Unione Europea.

In questo quadro si colloca un fascicolo pubblicato a cura dell'Ordine di Napoli disponibile sul sito telematico dello stesso.

Per giungere ad un quadro più ampio come quello dell'Europa e del

mondo vale la pena di segnalare che, per rendersi conto delle attuali tendenze in materia di formazione di ingegneri, è offerta un'interessante pubblicazione del Centro studi del Consiglio Nazionale degli Ingegneri.

La sintesi del documento, che per motivi di appartenenza limitiamo all'Europa, ci fa capire che, prescindendo dalle situazioni specifiche di ogni Stato, resta comunque evidente l'interesse comune ad anticipare la formazione professionale (iniziale e permanente) degli ingegneri, quale espressione di capacità di utilizzo nella aree più disparate di nozioni trasversali (tipiche del professionista), capacità comunque necessarie per realizzare la cerniera tecnico economica che collega l'imprenditore interessato a produrre determinati beni o servizi e la reale possibilità di realizzarli, dove come e quando crede.

### INCONTRI "ETICA E PROFESSIONE DELL'INGEGNERE"

Il Consiglio dell'Ordine ha organizzato una serie di incontri per illustrare ai partecipanti all'attuale sessione di Esami di Stato di abilitazione alla professione di ingegnere le tematiche riguardanti l'esercizio della professione.

Il primo sarà rivolto a tutti i partecipanti e avrà luogo il giorno 20 dicembre 2005 alle ore 12,00 nell'Aula Magna "Leopoldo Massimilla" della Facoltà di Ingegneria a Piazzale Tecchio.

Ne seguiranno poi altri per l'esame e l'approfondimento delle specifiche problematiche dei vari corsi di laurea che si svolgeranno presso la sede dell'Ordine in via del Chiostro 9, con inizio alle ore 17, secondo il seguente calendario:

- martedì 10 gennaio: ingegneri meccanici, navali e aeronautici
- mercoledì 11 gennaio: ingegneri elettrici
- giovedì 12 gennaio: ingegneri gestionali
- venerdì 13 gennaio: ingegneri informatici e telematici
- martedì 17 gennaio: ingegneri ambientali
- mercoledì 18 gennaio: ingegneri civili
- giovedì 19 gennaio: ingegneri elettronici

# La stazione Dante della Linea 1 della metropolitana

DI ALESSANDRO MANDOLINI  
E GUGLIELMO MONTELLA

*Ingegneri*

## Sommario

Per far fronte alla sempre crescente domanda di collegamenti su binario in sotterraneo, nella città di Napoli sono stati avviati alcuni anni fa i lavori di costruzione della linea 1 della Metropolitana. Il progetto completo prevede la realizzazione di un percorso chiuso che collega tra loro la periferia Nord della città, la zona collinare, il centro storico, la stazione centrale, il centro direzionale e l'aeroporto, per un totale di oltre 30 km di linea e 25 stazioni. Al momento circa la metà dei lavori è stata completata (tratto Piscinola - Dante) ed è già in esercizio, con ovvie positive ripercussioni sulla circolazione di superficie. L'interazione tra un'opera così importante ed una città intensamente urbanizzata e ricca di opere di notevole valore artistico e monumentale ha reso necessario porre in essere un intenso programma di controlli e misure al fine di prevenire un qualunque effetto negativo tra i lavori di scavo delle gallerie e delle stazioni e le opere circostanti (strade, edifici, monumenti, ecc.).

Nell'articolo sono riportati i risultati e le interpretazioni del complesso di misure eseguite nel corso dello scavo del pozzo stazione di Piazza Dante (profondità dal piano stradale 28 m; dimensioni in pianta 38.0x41,5 m<sup>2</sup>), entrata in esercizio nel recente 27 marzo 2002.

## Premessa

La stazione Dante della Linea 1 della Metropolitana di Napoli è situata nella centrale Piazza Dante, in pieno centro storico della città di Napoli, è pertanto in una zona densamente urbanizzata e popolata. L'area è delimitata a nord da Via Toledo, su cui insistono numerosi edifici di proprietà pubblica e priva-

ta nonché la Chiesa di S. Domenico Soriano, ad est dallo slargo antistante via Port'Alba in direzione del Museo Archeologico Nazionale, a sud dal Convitto Vittorio Emanuele II, a ovest da numerosi edifici (lato Piazza Carità).

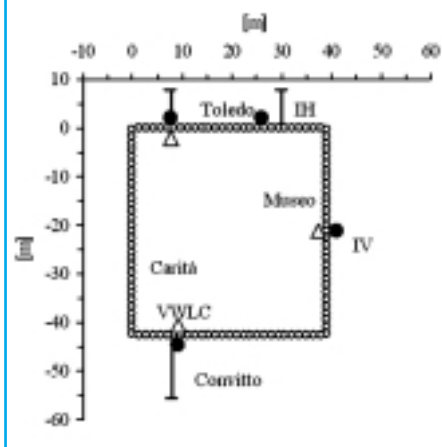
La stazione è composta da un corpo centrale nel quale sono situati il piano mezzanino, il piano intermedio, la sottostazione elettrica, le scale di accesso al piano intermedio, i locali di deposito, ecc., e da un sistema di gallerie nel quale si sviluppano il piano banchina e le discenderie con le scale mobili per l'accesso alle banchine esterne. Il corpo centrale è realizzato all'interno di un pozzo di dimensioni in pianta 38,0x41,5 m, profondo circa 28 m rispetto al piano stradale circostante (Via Toledo + 34,5 m s.l.m.). Le gallerie di banchina, poste a quota 12,1 m s.l.m. e larghe 8 m, si estendono per circa 55 m dal lato Carità e per circa 27 m dal lato Museo.

Le numerose campagne di indagini geologiche e geotecniche che si sono succedute ed integrate negli anni hanno evidenziato un'estrema eterogeneità dei terreni. In particolare, a partire dal p.c., sono state individuate le seguenti principali unità litostratigrafiche:

- alternanze di materiali di riporto e ceneri rimaneggiate;
- ceneri rimaneggiate;
- pozzolana incoerente;
- tufo giallo napoletano.

Per quanto concerne i materiali di riporto, si tratta di terreni molto eterogenei, prodotti dall'attività antropica; sono presenti terreni pozzolanici, frammenti di diversa dimensione di muratura di tufo, etc. Essi sono caratterizzabili da un peso dell'unità di volume  $\gamma = 18-20$

Figura 1 - Strumentazione per il monitoraggio geotecnico



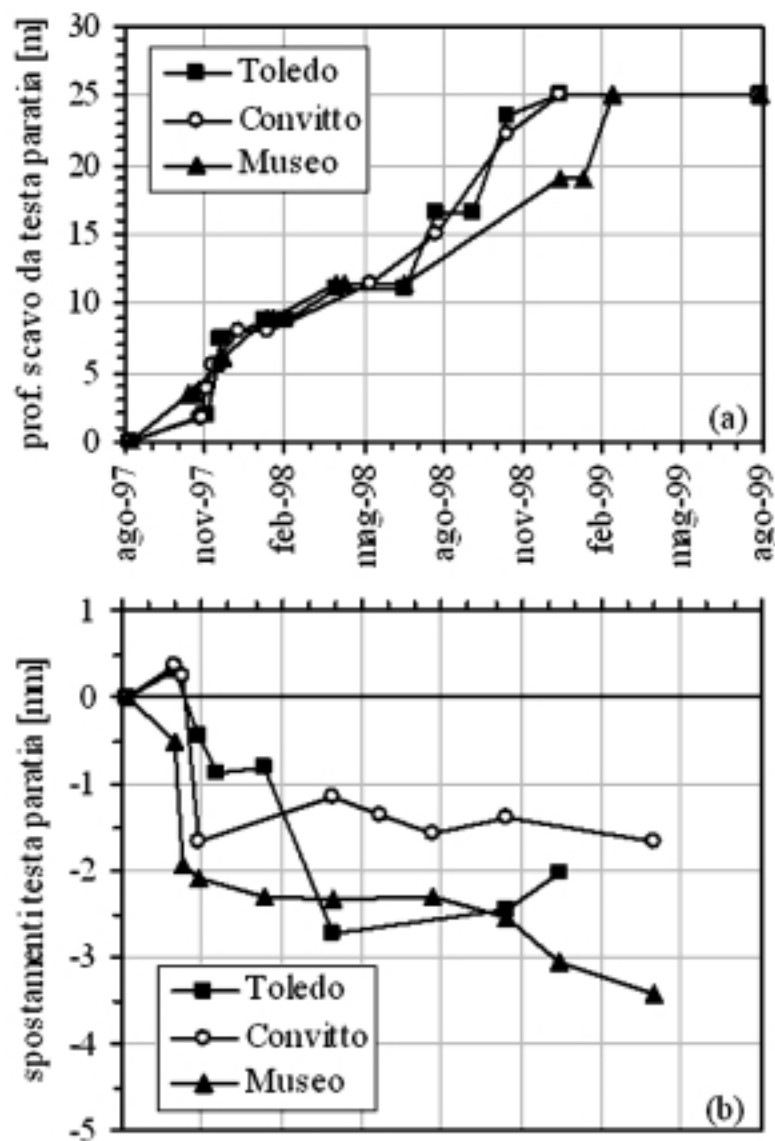
kN/m<sup>3</sup> ed un angolo di attrito  $\phi$  mai inferiore a 30°.

Le ceneri rimaneggiate e le pozzo-lane sono state indagate sia attraverso prove in sito (CPT e SPT) sia attraverso prove di laboratorio su campioni a contenuto naturale d'acqua o preliminarmente saturati. L'insieme dei dati ha consentito di caratterizzare questi materiali con parametri abbastanza simili tra di loro, indipendentemente dal tipo di terreno esaminato. In particolare il peso dell'unità di volume è risultato sistematicamente compreso tra 13 kN/m<sup>3</sup> e 16 kN/m<sup>3</sup>, la porosità  $n$  compresa tra 0,42 e 0,53, la coesione intercetta  $c \approx 0$ , l'angolo di attrito  $\phi$  compreso tra 32° e 36°.

Con riferimento, infine, al tufo giallo napoletano, nel corso delle diverse campagne di indagini sono stati prelevati diversi campioni indisturbati dai quali è stato possibile ricavare i seguenti valori medi delle caratteristiche fisiche e meccaniche: peso dell'unità di volume  $\gamma = 13,5$  kN/m<sup>3</sup>; porosità  $n = 0,55$ ; resistenza a compressione uniaassiale  $\sigma_c = 3$  MPa; coesione intercetta  $c = 1$  MPa; angolo di attrito  $\phi = 28^\circ$ ; modulo di Young  $E = 1500$  MPa.

Il pozzo stazione e le gallerie si sviluppano in parte nella formazione tufacea (rinvenuto a quote estremamente variabili, comprese tra 8 e 30 m di profondità dal p.c.), in parte nei terreni incoerenti sovrastanti. La falda è presente ad una quota pratica-

Figura 2 - Storia dello scavo (a) e spostamenti orizzontali misurati alla testa della paratia (b)



mente coincidente con il fondo scavo.

Per il sostegno dei quattro fronti di scavo del pozzo a cielo aperto si è ricorso alla preventiva realizzazione di una paratia costituita da n° 116 pali trivellati lunghi 28,5 m ed aventi diametro pari a 1,2 m, con interasse 1,4 m; essi sono collegati alla testa da un cordolo in c.a. di altezza 1,5 m sormontato da una paretina in calcestruzzo di altezza 1,2-1,4 m per il contenimento del terreno fino al piano stradale circostante. Per ridurre le profondità di infissione della paratia (3,5 m) e per contenere al massimo gli spostamenti prodotti dalle opera-

zioni di scavo, sono stati utilizzati n° 338 tiranti attivi sui quattro lati, disposti su più file (4 sul fronte Carità, 5 sui fronti Convitto e Museo, 6 sul fronte Toledo).

La stazione è entrata in esercizio il 27 marzo 2002, garantendo il collegamento tra la periferia a Nord di Napoli, la zona collinare (Arenella, Vomero) ed il centro storico. I lavori sono stati realizzati dal raggruppamento di imprese CESIF soc. cons. p.a., il quale, attesa l'importanza delle opere e la loro ubicazione nel cuore della città di Napoli, ha ritenuto indispensabile procedere ad un controllo in fase di costruzione, affidato al

Centro Sperimentale di Ingegneria CSI s.r.l. di Napoli e, attraverso una Convenzione, al Dipartimento di Ingegneria Civile della Seconda Università di Napoli.

Nel seguito verranno illustrati i risultati di tale monitoraggio (figura 1), che è consistito nella:

- misura degli spostamenti verticali e orizzontali della paratia mediante livellazione topografica di precisione e n° 4 tubazioni inclinometriche verticali (IV),
- misura degli spostamenti verticali indotti nel terreno mediante n° 3 tubazioni inclinometriche orizzontali (IH),
- misura degli sforzi negli ancoraggi mediante n° 11 celle di carico a corda vibrante (VWLC).

**Storia dello scavo**

In figura 2-a è riportato l'andamento delle profondità di scavo nel tempo a partire dall'agosto 1997.

Ad una fase iniziale della durata di 4 mesi in cui si è proceduto con una velocità di scavo pari a circa 2 m/mese (≈ 100 m³/giorno), ha fatto seguito un lungo periodo di circa 8 mesi nel quale la produzione è significativamente calata (≈ 0,4 m/mese, ossia ≈ 20 m³/giorno) per effetto del ritrovamento di reperti archeologici.

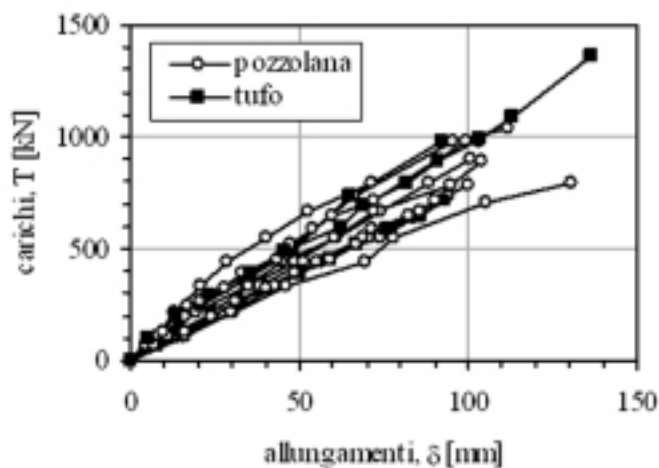
Terminata la fase di rilievo, studio e prelievo da parte dei tecnici incaricati dalla competente Soprintendenza, l'approfondimento dello scavo è ripreso con velocità leggermente superiore, pari a circa 2,3 m/mese (oltre 120 m³/giorno) pur interessando principalmente il banco tufaceo. In totale il volume di materiale asportato è stato pari a circa 45000 m³.

A mano a mano che si approfondiva lo scavo, sono stati installati i tiranti attivi, realizzati con trefoli in acciaio armonico e bulbo di ancoraggio iniettato in pressione con miscela cementizia di opportuna composizione. La scelta del tipo di tirante è avvenuta a seguito di una sperimentazione, che ha previsto la costruzione di n° 13 tiranti preliminari, di cui n° 3 sul fronte Convitto con bulbo in tufo e n° 10 sui restanti tre fronti con bulbo in pozzolana. Le loro caratteristi-

**Tabella 1 - Caratteristiche dei tiranti di prova**

Terreno	Prof. [m]	α [°]	L <sub>L</sub> [m]	L <sub>C</sub> [m]	D <sub>N</sub> [mm]
Pozz.	11.6-17.0	20-36	14.0-19.8	2.0-15.0	150-200
Tufo	11.4-18.5	25-36	14.0-18.0	5.0-18.0	200

**Figura 3 - Risultati delle prove su tiranti preliminari**



che geometriche principali (profondità dal piano campagna, inclinazione a rispetto all'orizzontale, lunghezza del tratto libero L<sub>L</sub> e del tratto connesso L<sub>C</sub>, diametro nominale D<sub>N</sub>) sono riassunte nella tabella 1.

La fase di tesatura è avvenuta mediante il sistema a cicli della TAC TENSACCIAL. La misura degli allungamenti è stata eseguita, per ciascun trefolo, mediante un righello di precisione solidale al pistone del martinetto. Il bloccaggio dei trefoli è stato assicurato attraverso un sistema a cunei.

Nel rispetto delle raccomandazioni AICAP, le prove preliminari hanno riguardato una terna di tiranti per ogni tipo di terreno e per ogni tipo di tirante. Per ciascuno dei tiranti che compongono la terna, si sono previste prove del I, II e III tipo, spinte fino a valori del carico massimo compreso tra 640 e 1090 kN per i tiranti in pozzolana, tra 720 e 1370 kN per i tiranti in tufo (figura 3).

L'interpretazione dei risultati in termini di tensioni tangenziali s mobili-

tate all'interfaccia tra bulbo e terreno attraverso la relazione:

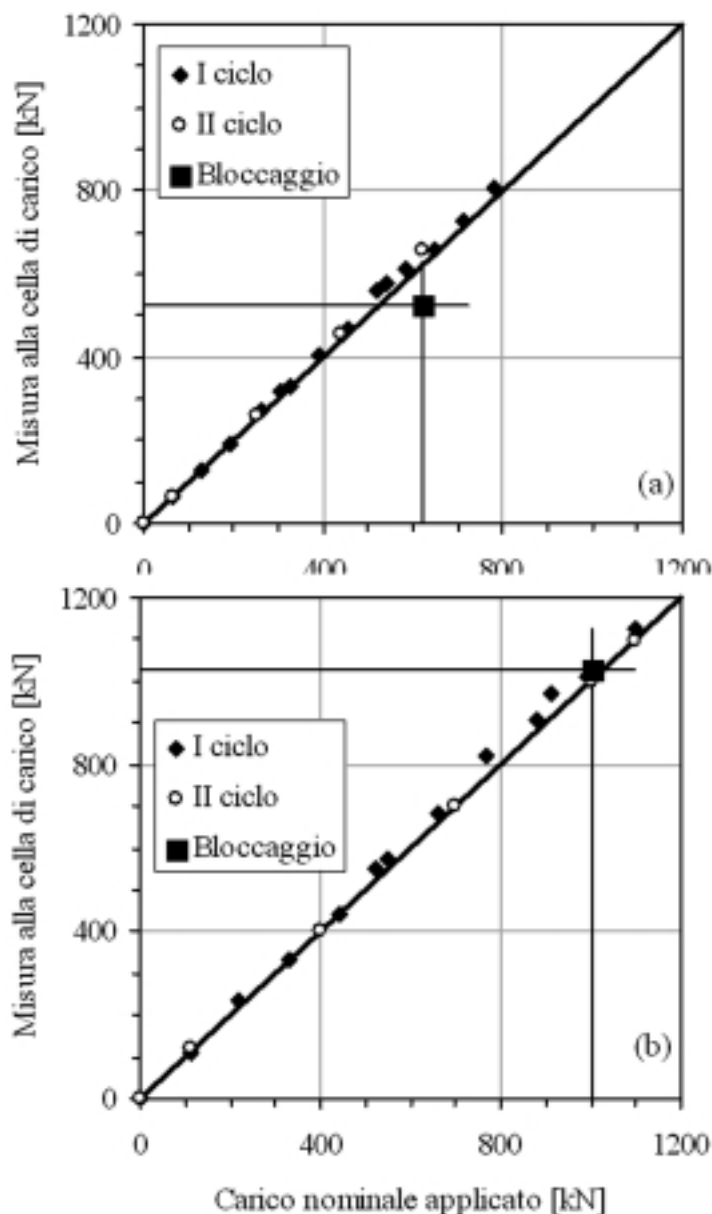
$$s = \frac{T}{\pi \cdot d_N \cdot L_C} = k \cdot \sigma_v$$

ha portato a valori di k compresi tra 0,6 e 1,4 sia per i tiranti in pozzolana che per quelli in tufo.

Su 11 dei 338 tiranti definitivi sono state installate delle celle di carico a corda vibrante fornite dalla CMCS (Inghilterra) per il rilievo in fase di tesatura, a seguito del bloccaggio ed in fase di esercizio del carico. In particolare sono stati strumentati n° 2 tiranti lato Convitto (file I-II), n° 4 tiranti lato Museo (file I-II-III-IV), n° 5 tiranti lato Toledo (n° 2 della fila I, i rimanenti delle file II-III-V).

Con riferimento alla tesatura del primo tirante strumentato, in figura 4-a è riportato il confronto tra le misure eseguite con la cella di carico ed i carichi nominali desunti dalle misu-

Figura 4 - Misure in fase di tesatura dei tiranti VWLC\_02 sul lato Convitto fila I (a) e VWLC\_03 sul lato Toledo fila V (b)



re al manometro disposto lungo il circuito oleodinamico di alimentazione dei martinetti. Una volta raggiunto in 12 fasi un carico massimo superiore del 20% allo sforzo T di progetto del tirante (620 kN), si è proceduti nello scarico in tre fasi ed un successivo ricarico in cinque fino al carico T.

L'accordo tra i diversi tipi di misura è abbastanza soddisfacente, con differenze contenute nel  $\pm 10\%$ . Le misure alla cella di carico hanno però evidenziato una perdita secca di carico

di circa 130 kN, pari al 20% del tiro di progetto per effetto del bloccaggio dei trefoli, probabilmente avvenuta a seguito di piccoli movimenti relativi tra il sistema di cunei utilizzato. Tale fenomeno non è stato, come atteso, assolutamente registrato al manometro; pertanto è stata adottata una procedura di tesatura leggermente modificata che, al termine del secondo ed ultimo ciclo ed immediatamente prima del definitivo bloccaggio, ha previsto l'applicazione di un ulteriore carico tale da compensare la prevista

perdita. Un esempio dei risultati conseguiti è mostrato in figura 4-b.

#### Misure di spostamenti

Gli spostamenti della paratia indotti dalle operazioni di scavo sono stati tenuti sotto controllo mediante tubazioni inclinometriche disposte su tre dei quattro lati dello scavo, di lunghezza compresa tra 20 e 30 m in funzione della profondità a cui si è rinvenuta la formazione tufacea, nella quale si sono approfonditi per almeno 3 m. Gli spostamenti orizzontali misurati alla testa della paratia in direzione ad essa ortogonale sono riportati in figura 2-b.

Essi sono compresi, al termine delle operazioni di scavo, tra  $-1,7$  e  $-3,4$  mm, ad indicare che l'effetto dei tiranti attivi ha determinato uno spostamento verso l'esterno dello scavo.

Su due dei quattro lati, in particolare quelli più delicati per quanto concerne l'interazione con strutture e infrastrutture esistenti (lato Toledo e lato Convitto), nel dicembre 1997 sono state installate tre tubazioni inclinometriche orizzontali a quattro scanalature, di lunghezza compresa tra 8 e 13 m dall'asse della paratia, poste ad una profondità di circa 8 m dalla testa della stessa. La scelta della quota di posizionamento è stata dettata dalla necessità di non interferire con opere esistenti nel sottosuolo (fognature, fondazioni, ecc.).

Le tubazioni sono state fornite dalla SOLEXPerts AG (Svizzera); l'installazione è stata eseguita sotto la supervisione del personale del Dipartimento di Ingegneria Civile della Seconda Università di Napoli, incaricato con una Convenzione di eseguire le relative misure con le particolari attrezzature di cui dispone. Esse infatti differiscono da quelle tradizionalmente usate per la misura in verticale a causa della duplice necessità di dover spingere (e non calare) la sonda inclinometrica, con la certezza che la generica misura sia eseguita sempre in corrispondenza della stessa posizione.

Per raggiungere tali scopi, la sonda inclinometrica della Glötzl (mod. NMGH 30/1/1 a due connettori, con campo angolare di  $\pm 30^\circ$ ) viene ag-

Figura 5 - Spostamenti verticali della paratia desunti dalle misure alle tubazioni inclinometriche orizzontali

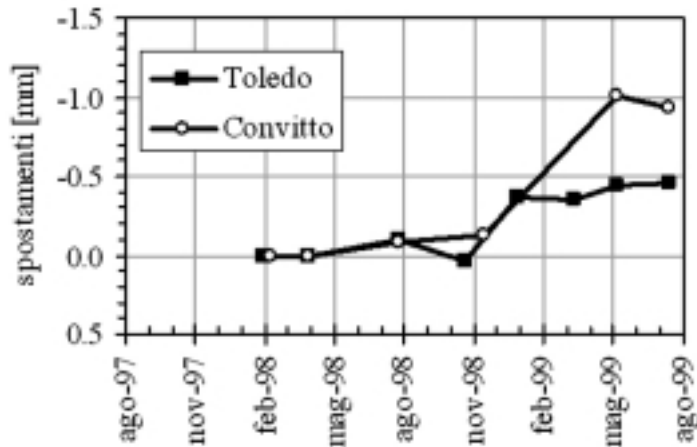
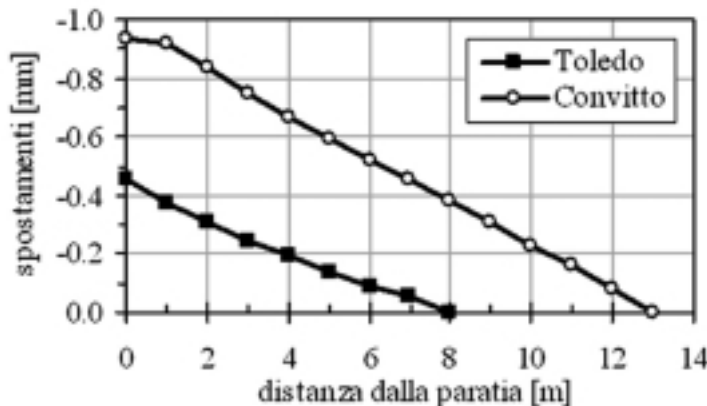


Figura 6 - Distribuzioni degli spostamenti verticali nel terreno posto a tergo della paratia (profondità 8 m)



ganciata ad aste di alluminio di lunghezza 2 m, avvitate in successione fino al raggiungimento della posizione desiderata. Le estremità tra le quali eseguire la misura di deviazione angolare sono materializzate all'interno della tubazione mediante appositi rialzi disposti ad intervalli regolari di 1,0 m, con precisione non inferiore a 0,001 m. A tali rialzi (coincidenti con i punti in cui si vuole eseguire la misura) si giunge spingendo la sonda all'interno della tubazione lungo apposite scanalature e, non essendo visibili dall'esterno, sono individuati con semplicità e ripetitività grazie ad un adattatore montato alla testa della sonda, di geometria tale da consentire il passaggio tra i rialzi sola-

mente in posizione assegnata (detta posizione di scorrimento). Ne consegue che, spingendo la sonda all'interno della tubazione a partire dal boccafuro mediante le aste in alluminio avvitate sull'adattatore posto in una posizione (detta di bloccaggio) ruotata di 90° rispetto a quella di scorrimento, la sonda viene bloccata in corrispondenza del primo rialzo che incontra. A questo punto, si fa dapprima scorrere la sonda oltre il punto di misura, quindi ruotando in senso opposto di altri 90° ed applicando un piccolo sforzo di trazione, lo strumento viene bloccato contro il rialzo e, quindi, si esegue la misura. Giunti a fondo foro (FF), a conferma delle letture eseguite durante la fase di di-

scesa, si possono eseguire le misure agli stessi punti e con la stessa tecnica descritta precedentemente, questa volta svitando via via le aste di alluminio.

Una volta eseguita la misura di zero circa due mesi dopo l'installazione delle tubazioni (2 febbraio 1998), i dati raccolti al termine delle operazioni di scavo (figura 5) hanno indicato uno spostamento verticale negativo in corrispondenza della paratia (ossia rivolto verso l'alto), di entità molto modesta (-0.5 mm per il lato Toledo, - 1 mm per il lato Convitto). Tale risultato è congruente con gli spostamenti verso l'esterno dello scavo misurati alle tubazioni inclinometriche verticali (figura 2-b).

Per quanto riguarda la distribuzione degli spostamenti al di fuori dell'area di cantiere, le deformate misurate al di fuori dello scavo sono riportate in figura 6. La "sospetta" variazione lineare con la distanza è probabilmente da attribuire alla elevata rigidità del complesso costituito dalla tubazione e dalla miscela di cementazione dello stesso al terreno circostante.

Il controllo topografico eseguito sulla testa delle tubazioni inclinometriche ha in ogni caso confermato i valori misurati, confermando un innalzamento verticale della testa delle tubazioni inferiori al millimetro.

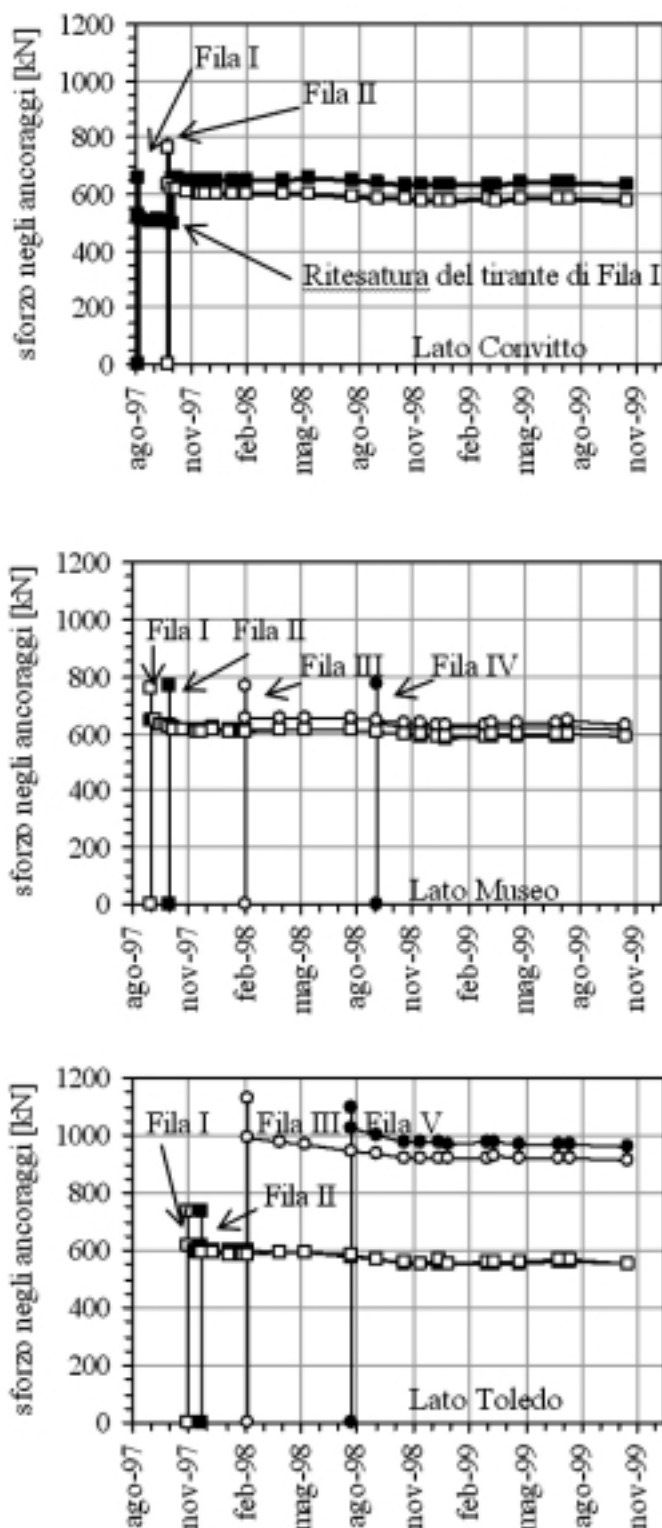
**Misure di sforzo su tiranti definitivi**

Durante tutte le operazioni di scavo sono state eseguite misure di sforzo agli undici tiranti definitivi strumentati con celle di carico a corda vibrante. I risultati complessivi delle misure sono riportati nella figura 7.

Si osserva che, una volta applicato lo sforzo all'atto dell'installazione, esso si mantiene praticamente costante nel tempo, indipendentemente dalle operazioni di scavo.

Le perdite di carico dovute al bloccaggio dei trefoli con il sistema a cunei (evidenziate nei grafici dai tratti verticali corrispondenti alla data di installazione) è sempre stato tale da garantire che lo sforzo di progetto fosse applicato con un margine di errore del 2%. Le difficoltà riscontrate al primo tirante strumentato installa-

Figura 7 - Sforzi misurati ai tiranti strumentati



to, di cui si è riferito in precedenza, sono state superate procedendo alla ritesatura del tirante.

Con riferimento all'intero periodo di osservazione, si è riscontrata una modesta dipendenza dello sforzo dal-

le escursioni termiche giornaliere e stagionali, che in parte potrebbero aver influenzato lo strumento di misura (anche se termocompensato), in parte hanno sicuramente determinato deformazioni termiche dei trefoli. In

ogni caso, le massime diminuzioni di carico registrate a tutti i tiranti strumentati non sono mai state superiori al 10%, ad indicare che gli sforzi di pretensione dei tiranti possono essere ragionevolmente ritenuti un sistema di forze di intensità nota che contribuiscono alla stabilità dell'opera di sostegno ed alla riduzione delle sollecitazioni negli elementi strutturali. Tale evidenza sperimentale è in accordo con altri dati riportati in letteratura (Fenelli G.B. e Pagano L, 1997-a; Russo G. e Viggiani C., 1997).

### Interpretazione delle misure

A partire dalle caratteristiche geometriche e meccaniche della paratia di pali e dei tiranti attivi, nonché dalla stratigrafia dei terreni desunta sui vari fronti sulla base delle indagini geotecniche disponibili, i risultati delle misure sono stati utilizzati per individuare i valori di rigidità operativa dei terreni tali da riprodurre gli spostamenti orizzontali misurati. A tale scopo si è fatto uso del ben noto codice di calcolo PARATIE 5.1 prodotto dalla C.e.A.S. s.r.l., basato su una discretizzazione ad elementi finiti della paratia e connessa al terreno attraverso molle elasto-plastiche, in grado di simulare le varie fasi di scavo. Il programma opera nell'ipotesi di problema piano di deformazione e, pertanto, attesa è stato utilizzato con diversi modelli geotecnici di sottosuolo, uno per ogni fronte di scavo.

Al fine di semplificare le procedure di interpretazione, dopo vari tentativi si è giunti alla conclusione che la successione di terreni sciolti presenti al di sopra della formazione tufacea e riportata in premessa potesse essere ragionevolmente sostituita da un'unica tipologia di terreno incoerente normalmente consolidato ( $OCR = 1$ ) caratterizzato da valori medi dei parametri rilevanti per il problema in esame (peso dell'unità di volume  $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$ , coesione  $c = 0$ , angolo di attrito  $\phi = 35^\circ$ , coefficiente di spinta a riposo  $k_0 = k_{0,NC} = 1 - \tan \phi$ ,  $\nu = k_0 / (1 + k_0) = 1/3$ ). Al tufo giallo napoletano sono stati assegnati i valori dei parametri ricavati dalle prove di laboratorio.

Per quanto concerne la rigidità

dei terreni, attesa la loro natura e seguendo i suggerimenti forniti da vari Autori (Janbu N, 1963; Lancellotta R., 1991; Fleming W.G.K. et al., 1992) nel campo deformativo di interesse (inferiore a 0,1 %), si è ipotizzata una dipendenza dalla pressione efficace media  $p$  del tipo:

$$\frac{E_i}{p_a} = R \cdot \left( \frac{p}{p_a} \right)^n$$

in cui  $E_i$  = modulo tangente iniziale,  $p_a$  = pressione di riferimento (assunta pari alla pressione atmosferica = 100 kPa),  $R$  = numero del modulo,  $n$  = esponente del modulo. Nelle figure da 8 a 11 è riportato il confronto tra gli spostamenti orizzontali misurati e quelli calcolati assumendo  $R = 125$  MPa e  $n = 0,5$ . L'accordo appare abbastanza soddisfacente con riferimento sia alle deformate misurate attraverso le tubazioni inclinometriche al termine della fase di scavo, sia all'evoluzione degli spostamenti orizzontali misurati alla testa della paratia nel corso dello scavo sui vari fronti.

Ne consegue che i valori di rigidità-

Figura 8 - Confronto tra gli spostamenti orizzontali misurati e calcolati sul lato Museo in data 22 dicembre 1998

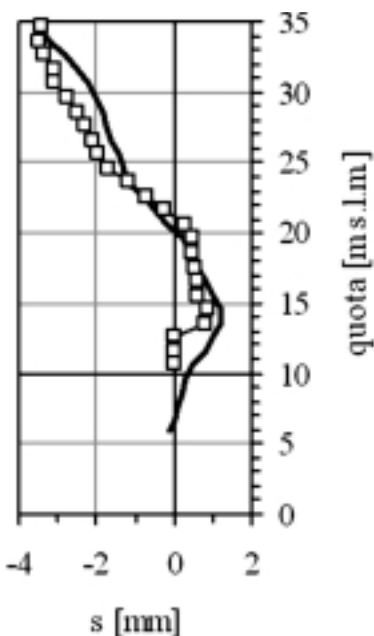


Figura 9 - Confronto tra spostamenti misurati e calcolati alla testa della paratia durante le operazioni di scavo (lato Toledo)

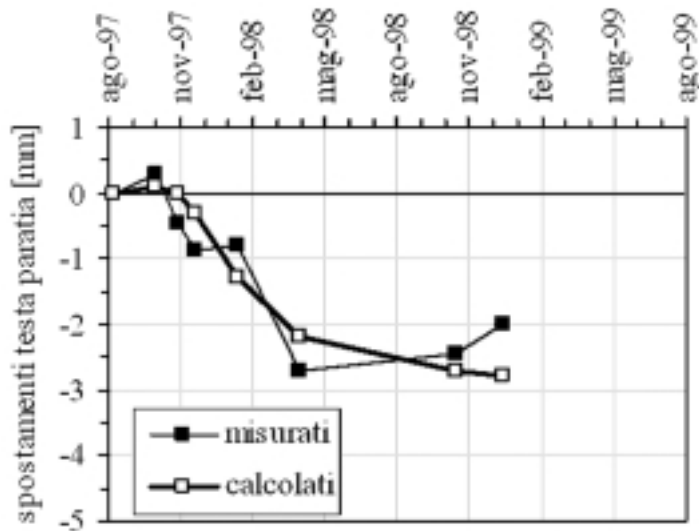


Figura 10 - Confronto tra spostamenti misurati e calcolati alla testa della paratia durante le operazioni di scavo (lato Convitto)

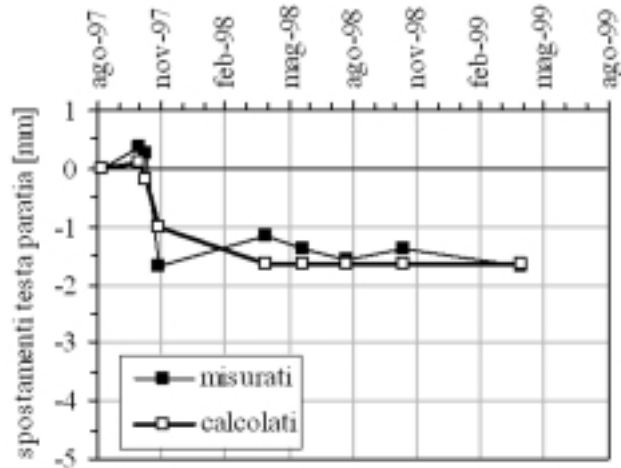
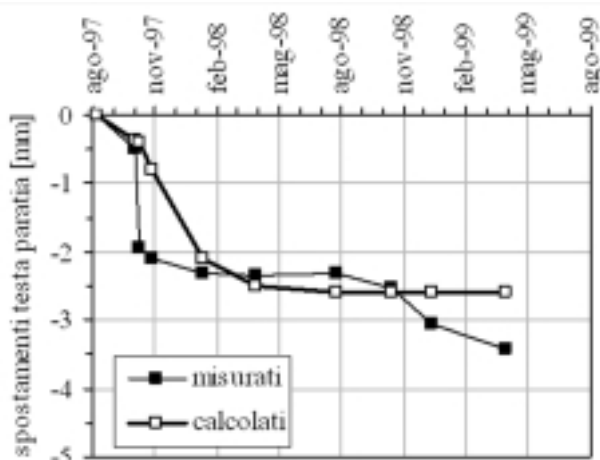


Figura 11 - Confronto tra spostamenti misurati e calcolati alla testa della paratia durante le operazioni di scavo (lato Museo)





za del terreno da adottare per riprodurre gli spostamenti osservati sono ben maggiori di quelli comunemente adottati nella progettazione, scelti in corrispondenza di livelli deformativi ben più alti.

A tale conclusione giunsero anche Fenelli G.B. e Pagano L. (1997-b): con riferimento a relazioni empiriche che legano la rigidità  $E$  del terreno con i valori  $q_c$  di resistenza alla punta misurati nel corso di prove CPT ( $E = \alpha \times q_c$ ), essi hanno mostrato che gli spostamenti osservati di una importante paratia multi-ancorata in terreni piroclastici sciolti del Napoletano possono essere riprodotti, attraverso una modellazione analoga per la paratia e per la sua interazione con il terreno, abbastanza fedelmente se si adottano valori di  $\alpha$  compresi tra 8 e 50, di gran lunga superiori a quelli (2,5-5) tradizionalmente suggeriti in letteratura.

### Conclusioni

Il 27 marzo 2002, circa 5 anni dopo l'inizio dei lavori, la stazione Dante della Linea 1 della Metropolitana di Napoli è entrata in esercizio, estendendo ulteriormente il collegamento tra la periferia nord della città, la zona collinare ed il centro storico. La necessità di realizzare uno scavo di notevoli dimensioni in pianta, spinto a grandi profondità dal piano stradale e posto in pieno centro storico, quindi in prossimità di strutture di importanza sociale, economica, storica e monumentale, ha reso necessario predisporre un

programma di monitoraggio in corso di esecuzione con finalità di controllo. Tutta la strumentazione installata ha funzionato correttamente ed ha consentito di verificare che l'opera progettata garantisse piccoli spostamenti indotti dalle operazioni di scavo. In particolare gli spostamenti misurati, dell'ordine di pochi millimetri, sono stati diretti verso l'esterno dello scavo, probabilmente a causa dei notevoli sforzi di pretensione applicati ai tiranti attivi. Questi hanno tra l'altro fornito ulteriore conferma, rispetto ad esperienze analoghe, che gli sforzi applicati si mantengono praticamente costanti nel tempo, indipendentemente dall'approfondimento dello scavo.

Il controllo dei tiranti in fase di applicazione dello sforzo di pretensione ha consentito di modificare le procedure di tesatura al fine di evitare indesiderate cadute di tensione conseguenti al particolare dispositivo di bloccaggio adottato.

Le misure di spostamento verticale eseguite alle tubazioni inclinometriche orizzontali hanno indicato valori estremamente piccoli, inferiori al millimetro e rivolti verso l'alto, in accordo con quanto osservato alle tubazioni inclinometriche verticali e con quanto riscontrato attraverso livellazioni topografiche di precisione.

Le analisi a ritroso svolte con un codice di calcolo ampiamente diffuso per la progettazione di tali opere ha consentito di individuare una legge di distribuzione delle rigidità operative con la profondità del terreno sostenuto tipica di terreni granulari incoerenti o dotati di modesti valori di co-

esione intercetta. I valori numerici ottenuti sono abbastanza elevati ( $E = 125$  MPa in corrispondenza di  $p = 100$  kPa), prossimi ai valori di rigidità osservati in prove di laboratorio condotte a bassi livelli di deformazione.

### Ringraziamenti

Un lavoro quale quello appena descritto può essere portato a termine con successo se e solo se le varie componenti in gioco (progettista, Direzione Lavori, impresa generale, imprese specializzate, ecc.) sono altamente qualificate e motivate.

Un programma di monitoraggio così complesso ed articolato può portare a risultati soddisfacenti solo se si attiva una fattiva collaborazione tra tutte le persone coinvolte, con diversi ruoli e competenze, nelle operazioni di cantiere. In tal senso, si esprime un sincero ringraziamento per la competenza e la disponibilità mostrata all'ing. Rosario Della Morte, all'ing. Enrico Papa, all'ing. Pisani, all'ing. Tidone, all'ing. Cerciello ed al geom. Di Claudio. La preparazione e lo scrupolo dei tecnici del Centro Sperimentale di Ingegneria s.r.l. di Napoli nel seguire l'installazione delle celle di carico per i tiranti definitivi sono state di fondamentale importanza per raccogliere dati di notevole valore, grazie ai quali è stato possibile, e lo sarà anche in futuro, approfondire alcune conoscenze e colmare alcune lacune. Altrettanto importante e fattiva è risultata la collaborazione dei tecnici della I.G. srl nella installazione delle tubazioni inclinometriche verticali e nel relativo rilievo dei dati.

### BIBLIOGRAFIA

- Fenelli G.B., Pagano L., 1997-a, Osservazioni sul comportamento di un diaframma realizzato in terreni piroclastici sciolti, Atti IV Conv. Naz. dei Ricercatori Universitari, Perugia 1997, vol. I, pp. 237-258
- Fenelli G.B., Pagano L., 1997-b, Modellazione del comportamento di un diaframma realizzato in terreni piroclastici, Atti IV Conv. Naz. dei Ricercatori Universitari, Perugia 1997, vol. I, pp. 209-236
- Fleming W.G.K., Weltman A.J., Randolph M.F., Elson W.K., 1992, Piling Engineering, Blackie Academic & Professional, Glasgow and London
- Janbu N., 1963, Soil compressibility as determined by Oedometer and triaxial tests, Proc. European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Wiesbaden 1963, vol. 1, pp. 19-24
- Lancellotta R., 1991, Geotecnica, Nicola Zanichelli ed., Bologna
- Russo G., Viggiani C., 1997, Osservazione del comportamento di opere a sostegno di uno scavo nel centro storico di Napoli, Atti IV Conv. Naz. dei Ricercatori Universitari, Perugia 1997, vol. I, pp. 423-442

# Fonti rinnovabili: la situazione del fotovoltaico

DI ALESSANDRO DAINO  
Ingegnere

*E' stato recentemente approvato il Decreto 28 luglio 2005 "Criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare", emanato dal Ministero delle Attività Produttive di concerto con quello dell'Ambiente; esso prevede un nuovo sistema di incentivazione per l'energia prodotta da fonti rinnovabili (fotovoltaico): il cosiddetto conto-energia (che sostituisce il non brillante sistema del conto-capitale) stabilisce tariffe circa la vendita di energia prodotta da impianti fotovoltaici*

*Alla luce delle nuove prospettive che si vanno profilando, si ritiene utile riportare l'attuale "stato dell'arte" della tecnologia fotovoltaica.*

## Lo scenario attuale

### Considerazioni generali

Uno dei principali ostacoli alla diffusione dei sistemi fotovoltaici per la produzione di energia è la loro economicità; infatti, la maggior parte dei pannelli esistenti è realizzato in silicio: tale elemento è presente in natura in notevoli quantità, ma si presenta con elevato grado di impurezze, mentre quello necessario per la produzione delle celle deve avere una percentuale di purezza notevolmente elevata (quasi pari a quella necessaria per l'industria elettronica) e ciò implica costi di produzione elevati; si arriva in sostanza al paradosso che l'energia solare è gratuita, ma l'energia elettrica ricavata risulta

costosa di quella prodotta dalle risorse energetiche tradizionali.

Ciò vale quando esiste una economica connessione alla rete di distribuzione (sistemi grid connect); per tutte quelle situazioni dove non è possibile o conveniente essere connessi (sistemi stand alone), il fotovoltaico risulta essere una delle migliori, se non l'unica, soluzione al problema dell'approvvigionamento energetico: classico esempio è l'utenza isolata (abitazioni distanti dai centri, applicazioni da campo, sia civili che militari).



*Tipiche installazioni di impianti fotovoltaici per utenze isolate - impianti stand alone*



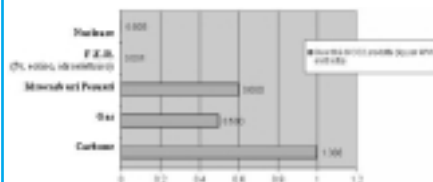


Applicazioni del fotovoltaico nei settori civile e militare – modalità stand alone

Se però si aggiungono considerazioni di carattere ambientale e di disponibilità di risorse energetiche a quelle meramente economiche, il discorso cambia radicalmente. A titolo di esempio, si riportano dei dati schematici di comparazione circa l'emissione di anidride carbonica connessi all'utilizzo delle diverse fonti energetiche:

**Grafico 1 – comparazione tra le quantità di anidride carbonica prodotta per kWh di energia tra le diverse fonti di energia**

(dati tratti da Science Across the World - ASE/BP Amoco 2000)



**Dati Grafico 1**

Carbone:	prodotti 2,4 kg di anidride carbonica per ogni kg di carbone bruciato prodotto 1,0 kg di anidride carbonica per kWh di energia (0,417 kg di carbone)
Gas:	prodotti 1,8 kg di anidride carbonica per ogni mc di gas bruciato prodotti 0,5 kg di anidride carbonica per kWh di energia (0,278 mc di gas)
Idrocarburi pesanti :	prodotti 2,5 kg di anidride carbonica per ogni l di olio pesante bruciato prodotti 0,6 kg di anidride carbonica per kWh di energia (0,240 l di olio)
Fonti Energetiche Rinnovabili:	non viene prodotta direttamente anidride carbonica prodotti 0,001-0,004* kg di anidride carbonica per kWh di energia
Nucleare:	non viene prodotta direttamente anidride carbonica prodotti 0,005* kg di anidride carbonica per kWh di energia

(\*Viene calcolata in base all'energia necessaria per realizzare la tecnologia e alla durata dell'impianto)

gli stessi autobus.

Infine, due semplici considerazioni circa l'indipendenza energetica di

una nazione e la sicurezza di approvvigionamento: i pannelli fotovoltaici possono essere realizzati in

Si riportano inoltre dati schematici circa i Paesi con maggiore quantità di emissione di anidride carbonica prodotta da combustibili fossili e l'andamento annuale della quantità globale di emissione di anidride carbonica prodotta da combustibili fossili.

Va inoltre ricordato che l'energia fotovoltaica può essere utilizzata come integrazione per la produzione di ulteriore energia, come, ad esempio, per l'idrogeno: in Inghilterra è in fase di sperimentazione un sistema di pensiline di attesa degli autobus che utilizzano i pannelli fotovoltaici come elementi di copertura, e l'energia prodotta da questi è utilizzata anche per la produzione di idrogeno, a sua volta utilizzato come propellente per

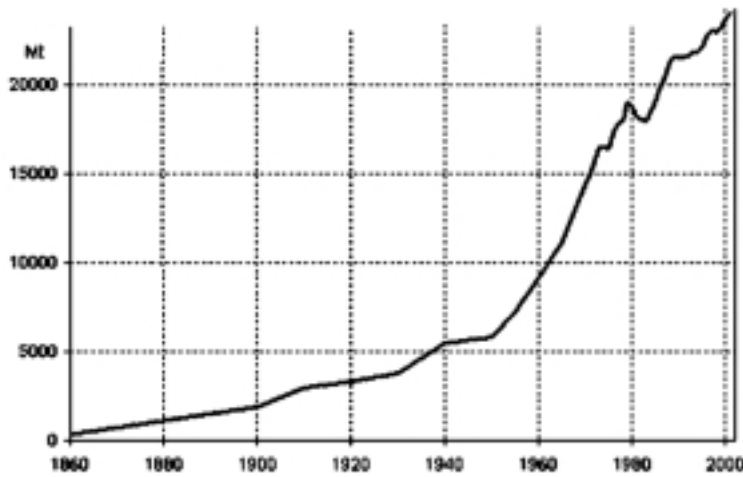
**Tabella 1 – Paesi con la maggiore quantità di emissione di anidride carbonica prodotta da combustibili fossili**

(dati tratti da IEA, State: 2001)

Paese	Emissione di CO2 (in Mt)	Emissione di CO2 per abitante (in t)
USA	5.673	19,84
Cina	3.075	2,42
Russia	1.519	10,50
Giappone	1.132	8,90
India	1.013	0,98
Germania	850	10,32
Gran Bretagna	541	9,20
Canada	520	16,72
Corea del Sud	436	9,21
Italia	425	7,34

Grafico 2 – Andamento annuale della quantità globale di emissione di anidride carbonica prodotta da combustibili fossili

(dati tratti dal sito [www.volker-quaschning.de](http://www.volker-quaschning.de))



ogni parte del mondo, oltre che poter essere utilizzati efficacemente praticamente ovunque; inoltre il sistema di produzione, presentandosi come un sistema diffuso, non si presta ad essere utilizzato come obiettivo da possibili attacchi terroristici.

#### I materiali – prestazioni e costi

Nonostante il fenomeno fisico-chimico della generazione di elettricità di un semiconduttore investito da luce fosse stato scoperto nel 1839 da Becquerel, è solo verso la fine degli anni '40 e l'inizio degli anni '50 che

si cominciarono a condurre i primi esperimenti volti ad un effettivo utilizzo del fenomeno fotovoltaico, grazie alla messa a punto di un nuovo (e relativamente economico) processo di raffinazione del silicio.

Sempre più numerosi studi e ricerche hanno portato, e portano, ad un miglioramento continuo della tecnologia, tale da determinare diverse tipologie - "generazioni" - di elementi:

- la **prima generazione**, essenzialmente basata sul silicio cristallino: i primi pannelli cominciarono ad essere commercializzati negli anni

'70, anche sotto l'impulso della severa crisi petrolifera che si stava verificando;

- la **seconda generazione**, caratterizzata dalle pellicole sottili di semiconduttori (sia silicio che altri): la loro commercializzazione si è avuta dalla seconda metà degli anni '80.

Gli attuali scenari di sviluppo per gli elementi della prima generazione sono dati da un ulteriore aumento dell'efficienza e diminuzione dei costi; per quanto riguarda la seconda generazione, si stanno sviluppando metodi più economici per la fabbricazione di celle e pannelli.

- la **terza generazione** di elementi si basa su nuovi materiali: le plastiche solari (organiche), le DSC e le pellicole sottili policristalline a giunzione multipla; i primi prodotti già stanno cominciando ad entrare nel mercato e presentano interessanti scenari di sviluppo;

- la **quarta generazione** si basa invece su nuove concezioni, derivando direttamente dai processi biologici e naturali, tra i quali la fotosintesi clorofilliana.

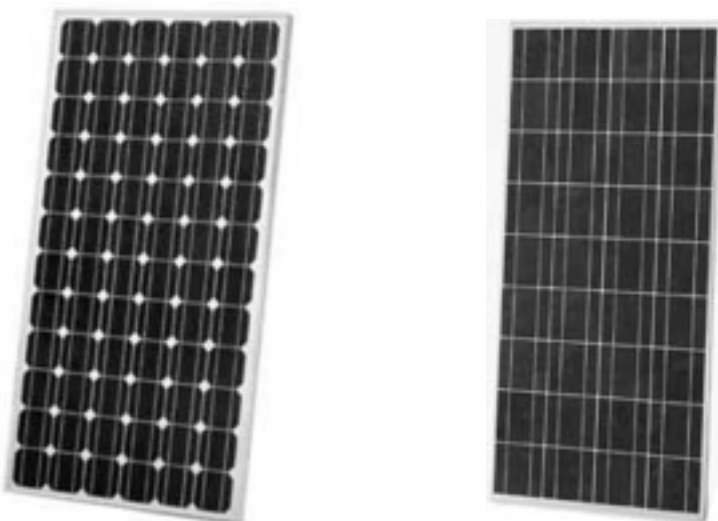
Per rendersi conto dell'ordine di grandezza delle energie in gioco e dei costi, è opportuno riportare, seppure in maniera schematica, le efficienze dei diversi materiali attualmente utilizzati o in avanzata fase di ricerca.

Allo stato, prove di laboratorio effettuate sulle singole celle, hanno dato i seguenti risultati:

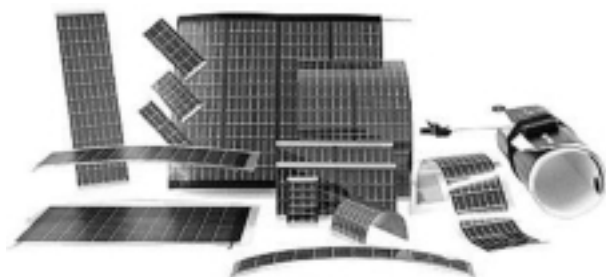
#### CELLA SINGOLA prove di laboratorio

- **silicio**
  - m-Si (silicio monocristallino) - efficienza pari al 24,7 (± 0,5) %
  - p-Si (silicio policristallino) - efficienza pari al 19,8 (± 0,5) %
- **pellicole sottili**
  - CIGS (seleniuro di rame/indio/gallio) - efficienza pari al 18,4 (± 0,5) %
  - CdTe (telloruro di cadmio) - efficienza pari al 16,5 (± 0,5) %
  - Silicio nanocristallino - efficienza pari al 10,1 (± 0,2) %
- **fotochimiche**
  - Celle colorate nanocristalline (dye) - efficienza pari all'8,2 (± 0,3) %

Pannelli fotovoltaici di prima generazione (silicio mono e policristallino)



## Elementi fotovoltaici di seconda generazione (silicio amorfo)



## Elementi fotovoltaici di terza generazione (DSC)



Tali dati divengono estremamente interessanti se sono confrontati con i risultati sperimentali delle efficienze dei moduli:

## MODULO – prove di laboratorio

• **silicio**

**m-Si** (silicio monocristallino) - efficienza pari al 22,7 ( $\pm 0,6$ ) %

**p-Si** (silicio policristallino) - efficienza pari al 15,3 ( $\pm 0,4$ ) %

• **pellicole sottili**

**CIGS** (seleniuro di rame/indio/gallio) - efficienza pari al 13,4 ( $\pm 0,7$ ) %

**CdTe** (telloruro di cadmio) - efficienza pari al 10,7 ( $\pm 0,5$ ) %

Come si può facilmente notare, a parità di materiale e con prove in laboratorio, già si abbassa l'efficienza misurata se si considera il pannello piuttosto che la singola cella, a cui bisogna aggiungere il rendimento effettivo di un impianto in esercizio; per cui si può affermare che una volta in opera, un impianto fotovoltaico ha una efficienza di conversione energetica pari al:

- 15-17% per il silicio monocristallino;
- 12-14% per il silicio policristallino;
- 4-10 % per il silicio amorfo (con abbattimento durante la sua vita utile – 4-6 % per pannelli monogiunzione, 7-10% per pannelli con le tecnologie a doppia o tripla giunzione che ricevono una più larga banda dello spettro solare utile);
- 7-9 % per il telloruro di cadmio;
- 5 % per le DSC.

Per quanto riguarda invece le produzioni di energia durante la vita

utile dei materiali rispetto a quella utilizzata (investita) per realizzarli ed i costi di impianto, si ha che:

• **Silicio monocristallino**

Per la produzione di un pannello da 1 kWp occorrono 6-9 MWh di energia.

L'energia prodotta nella vita media efficiente (20 anni) da un pannello da 1 kWp è 18-24 MWh.

• **Silicio policristallino**

Per la produzione di un pannello da 1 kWp occorrono 4-7 MWh di energia.

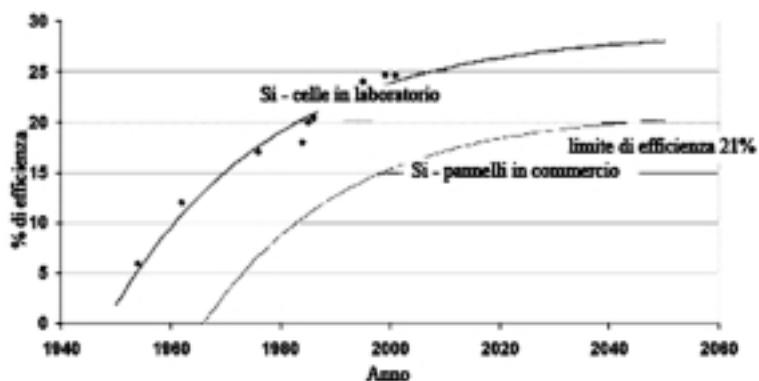
L'energia prodotta nella vita media efficiente (20 anni) da un pannello da 1 kWp è 16-20 MWh.

• **Silicio amorfo**

Per la produzione di un pannello da 1 kWp occorrono 3-5 MWh di energia.

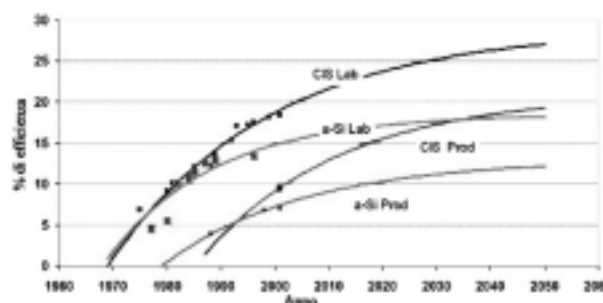
## Grafico 3 – confronto tra le efficienze di conversione del silicio: celle in laboratorio e pannelli in commercio

(tratto da A. Goetzberger, Applied Solar Energy – Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems – ISE)

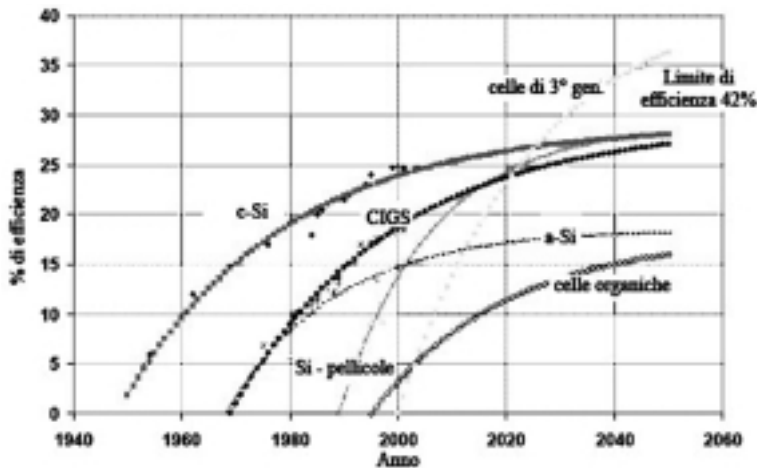


## Grafico 4 – confronto tra le efficienze di conversione del silicio e del CIS: celle in laboratorio e pannelli in commercio

(tratto da A. Goetzberger, Applied Solar Energy – Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems – ISE)



**Grafico 5 – confronto tra le efficienze di conversione dei diversi materiali e tecnologie esistenti**  
(tratto da A. Goetzberger, *Applied Solar Energy – Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems – ISE*)



processo (intesi sia come costi dei materiali utilizzati e degli elementi realizzati, che come efficienza dei sistemi) degli elementi di prima e seconda generazione, si possono sintetizzare in:

**Elementi di prima generazione – il silicio mono e policristallino**

Praticamente essi costituiscono l'85% di tutti i pannelli fotovoltaici installati attualmente. La tendenza è rivolta essenzialmente ad un aumento dell'efficienza: recentissimi esperimenti svolti da ricercatori tedeschi hanno fatto rilevare una efficienza in esercizio pari al 20,3%, agendo esclusivamente sulla temperatura di cristallizzazione del panetto di silicio, in modo da conferirgli migliori

**Tabella 2 - Produzione mondiale di celle/moduli – anno 2003 - (dati tratti dal sito www.jxj.com)**

Tecnologia	Produzione (MWp)					Totale	
	USA	Giappone	Europa	Resto del mondo	Totale		
Silicio policristallino	13.42	271.23	114.50	60.65	459.80	61.79%	
Silicio monocristallino	68.00	44.17	71.15	17.15	200.47	26.94%	
Silicio amorfo	7.10	5.01	7.70	6.00	25.81	3.40%	
Silicio cristallino (sistemi a concentrazione)	0.70	-	-	-	0.70	0.10%	
Silicio - nastri	6.80	-	-	-	6.80	0.90%	
CdTe (telloruro di cadmio)	3.00	-	-	-	3.00	0.40%	
CIS (diseleniuro di indio e rame)	4.00	-	-	-	4.00	0.54%	
Silicio nanocristallino	-	13.50	-	-	13.50	1.82%	
Silicio amorfo (da scarti di silicio cristallino)	-	30.00	-	-	30.00	4.00%	
<b>Totale</b>	<b>103.02</b>	<b>363.91</b>	<b>193.35</b>	<b>83.80</b>	<b>744.08</b>	<b>99.89%</b>	

L'energia prodotta nella vita media efficiente (20 anni) da un pannello da 1 kWp è 10-18 MWh (a secondo della tecnologia adottata – monogiunzione, a doppia o tripla giunzione). Per quanto riguarda il costo d'impianto, la maggiore voce d'incidenza è data proprio dai pannelli; il grafico seguente mostra i prezzi di impianti di taglie diverse (silicio policristallino) e le relative aliquote dovute ai diversi componenti. E' possibile notare come il prezzo del kWp in-

stallato si riduca con le dimensioni dell'impianto passando da 7 euro a Wp per gli impianti di taglia compresa tra 0 e 10 kW a poco meno di 4,8 euro a Wp per impianti di taglia superiore ai 300 kWp.

**La ricerca: gli ultimi sviluppi della tecnologia fotovoltaica "tradizionale" (elementi di prima e seconda generazione)**

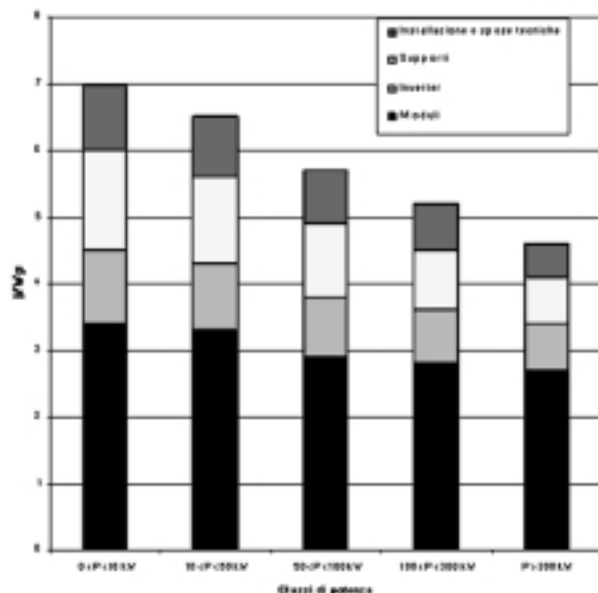
Gli attuali indirizzi della ricerca in campo tecnologico, volti essenzialmente ad abbattere i costi globali di

caratteristiche elettriche rispetto a quelle ottenute mediante i processi usuali.

**Elementi di seconda generazione – le pellicole sottili (thin films)**

Si spinge al massimo il principio del risparmio di materiale, arrivando ad avere spessori che, rispetto a quelli delle consuete celle in silicio mono e policristallino, vanno da 1/20 ad un 1/100 (gli attuali spessori di una pellicola sottile sono dell'ordine dei 50 – 200 nanometri), e di metodo continuo di produzione, ottenendo econo-

**Grafico 6 – comparazione tra i costi d'impianto per classi di potenza ed incidenze relative dei vari componenti**  
(dati tratti dal sito [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it))



la struttura comprende anche un sottilissimo strato superiore di CdS (solfuro di cadmio), che permette alla maggior parte della luce solare di passare al sottostante strato. Tali caratteristiche consentono di avere moduli ad elevata efficienza ed a basso costo di produzione; in laboratorio sono state ottenute efficienze pari al 16,5%.

La ricerca su tale materiale ha come obiettivi:

- l'incremento dell'efficienza, sperimentando innovativi ossidi conduttori trasparenti che permettono l'assorbimento di una maggiore quantità di luce solare da parte delle celle;
- lo studio della degradazione che alcuni apparati di CdTe mostrano ai contatti;
- lo studio delle interazioni che si hanno tra pannelli ed aggressivi chimici atmosferici.

mie di scala in caso di elevati volumi di produzione (la produzione a nastro assicura un notevole risparmio economico rispetto ad metodo di produzione discontinuo come quello della fusione e ricristallizzazione in forno del silicio cristallino).

- **a-Si (silicio amorfo):** il silicio amorfo è stato il primo materiale utilizzato nelle pellicole sottili; utilizzato dapprima per oggetti che necessitavano di un basso livello di energia (calcolatrici, orologi etc.), con l'aumentare dell'efficienza e della lavorabilità, ha visto espandere il suo mercato anche nell'ambito dell'architettura per le sue caratteristiche formali e compositive. Una delle caratteristiche negative del materiale è l'instabilità: una volta esposto alla luce solare, vede decrescere sensibilmente ed in un relativamente breve periodo la sua efficienza (il cosiddetto effetto Staebler - Wronski).

La ricerca su tali materiali ha come obiettivi:

- il miglioramento della stabilità e dell'efficienza di conversione;
- la riduzione dei costi per la fabbricazione degli elementi, migliorando

do i processi di produzione;

- il miglioramento della struttura di protezione del materiale, per rendere più resistente ai fattori ambientali esterni il singolo elemento;
- lo sviluppo di nuovi progetti per applicazioni/integrazioni in architettura.
- **CdTe (telloruro di cadmio):** tale materiale è un eccellente semiconduttore per le celle solari, data una sua peculiare caratteristica (egualianza quasi perfetta tra la sua lacuna di banda e lo spettro solare);

Svantaggi ascrivibili a tale tipo di materiale (che non permettono una sua piena accettazione da parte del mercato) sono essenzialmente legati alla limitata disponibilità del Tellurio ed alla tossicità del Cadmio.

- **CIS (seleniuro di rame ed indio), CIGS (seleniuro di rame, indio e gallio):** dopo circa 20 anni di studi, ricerche ed applicazioni, sono stati commercializzati dei prototipi che raggiungono un'efficienza dell'11%, mentre in laboratorio sono state ottenute efficienze pari al 19,2%.

Diverse sono le applicazioni in architettura, tra cui si riporta la sede dell'OptIC - St. Asaph Business Park, Galles (UK) (un "incubatore d'impresa", specialistico nel settore della ricerca e dello sviluppo nel settore elettronico ed informatico): è presente una parete costituita da pannelli fotovoltaici in CIS, avente una superficie di circa 1.000 mq, per una produzione di 84 kWp.

La ricerca su tali materiali ha come obiettivi:

- innalzamento dell'efficienza, sia migliorando la conoscenza della

**Elementi fotovoltaici in silicio amorfo**





*Percy Thomas Partnership  
(Architects) Ltd, OptIC - St. Asaph Business  
Park, Galles (UK)*

chimica e della fisica del materiale, sia aumentando lo spettro di assorbimento della radiazione solare;

- abbattimento dei costi per passare alla commercializzazione, aumentandone l'efficienza;
- decremento dei costi e della complessità di produzione.

#### Sviluppi tecnologici

Ulteriori studi e ricerche si possono riassumere in:

- ricerche su materiali diversi (composti semiconduttori - elementi del III-V gruppo);
- realizzazione di strutture abbinata (multigiunzioni);
- accorgimenti per la concentrazione della luce solare.

Con tali principi e tecniche è possibile ottenere efficienze notevolmente superiori a quelle prima riportate, fino a raggiungere anche il 30% di conversione.

- **Cella multigiunzione:** (anche definita come Split Spectrum Cell o VMJ - Vertical Multijunction Cell) dagli anni '90 sono iniziate le ricerche su di una nuova tecnologia per migliorare l'efficienza di conversione mediante l'utilizzo di una cella composta, avente un più largo spettro di assorbimento di energia e costituita da differenti materiali semiconduttori disposti a strati, film sottili, di diversa banda di "eV". In tale modo si permette alle differenti porzioni di spettro solare di essere convertite in elettricità a differenti profondità, aumentando quindi l'efficienza totale di conversione della cella.

Oggi buona parte della ricerca sulla tecnologia a multigiunzione è

incentrata sui semiconduttori all'arseniuro di gallio (GaAs) su uno o anche su tutte le pellicole componenti la cella, ma gli elevati costi limitano le applicazioni al solo settore aerospaziale (pannelli fotovoltaici per i satelliti artificiali); in laboratorio queste celle hanno raggiunto efficienze del 35%. Altri materiali utilizzati nella ricerca per questa tecnologia sono il seleniuro di rame ed indio (CIS), il telloruro di cadmio (CdTe), il fosforo di indio-gallio (GIP). Ricercatori italiani stanno inoltre studiando di combinare il silicio amorfo a quello cristallino.

Lo studio su tali materiali ha come obiettivo principale la ricerca di metodologie utili ad abbassare il costo delle celle a film sottili prodotte con materiali innovativi:

- determinazione di sistemi per il recupero dei semiconduttori a fine vita delle celle;
- diminuzione dello spessore dei film di semiconduttori;
- produzione di supporti-pellicola meno costosi.

- **Celle fotovoltaiche a concentrazione:** l'efficienza che connota una cella fotovoltaica è un parametro che risulta essere del tutto indifferente alla quantità di luce solare che la investe, e quindi alla quantità di energia trasformata: dunque maggiore è l'energia incidente sulla cella, maggiore sarà l'energia elettrica generata per l'effetto fotovoltaico (a patto, però, che la grande quantità di energia solare non contribuisca ad innalzare la temperatura della cella).

Il concentratore fotovoltaico si basa su questa semplice ma importante osservazione; esso consiste in piccoli concentratori (si utilizzano lenti o microprismi) in grado di concentrare la luce solare, centuplicandone l'intensità.

Un'unità di base tipica del concentratore fotovoltaico consiste in un sistema ottico che mette a fuoco la luce, un complesso di celle, un concentratore secondario per riflettere i raggi luminosi eccentrici sulla cella, un sistema per dissipare il

calore eccedente dovuto alla concentrazione, i contatti ed sistemi di fissaggio dei componenti.

Con sistemi fotovoltaici a concentrazione è possibile ricavare anche energia termica dal sistema di raffreddamento delle celle, ottenendo così un sistema di cogenerazione.

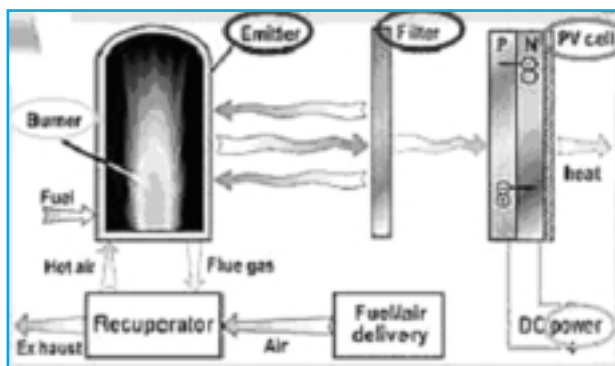
Le tecnologie a concentrazione sono interessanti per la possibilità di ridurre la quantità di semiconduttore necessario alla produzione dei moduli (componente più costoso); essi possono essere realizzati con materiali relativamente economici ed il rendimento è dato dal rapporto di concentrazione, che può raggiungere anche fattori di 400 - 500 soli.

La maggiore efficienza dei concentratori fotovoltaici si è ottenuta abbinandoli a celle multigiunzione con film sottili a base di semiconduttori innovativi e a basso costo.

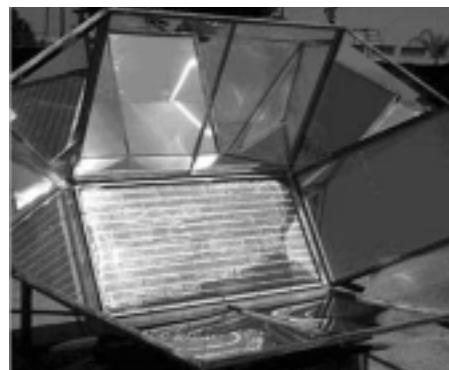
In Italia, l'ENEA sta sviluppando il progetto PhoCUS con attività sia di ricerca e sviluppo, che di dimostrazione e sperimentazione sul campo; in particolare, nell'area sperimentale di Monte Aquilone è installato un impianto pilota della potenza di picco di 25 kW, costituito da 5 unità base ad inseguimento solare, con una efficienza di modulo del 20% (con concentrazione di 200 soli).

La progettazione di un sistema fotovoltaico a concentrazione è più complessa rispetto al fotovoltaico piano, soprattutto se si vuole assicurare un alto grado di affidabilità, mantenere bassa l'incidenza della manutenzione e cogliere tutti i vantaggi tecnici ed operativi legati alla concentrazione della radiazione solare. In particolare il modulo presenta una maggiore complessità, dovuta alla numerosità dei componenti da assemblare; risulta necessario far uso di un sistema di supporto dei moduli capace di "inseguire" il sole durante la giornata in modo da massimizzare la radiazione incidente; la struttura di cella deve essere più sofisticata per poter ottenere alti valori di efficienza in presenza di una maggiore radiazione solare incidente.





Rappresentazione schematica del processo TPV



Elemento con sistema a concentrazione

La diffusione degli elementi a concentrazione, parallelamente allo sviluppo di componenti non fotovoltaici a basso costo, fa intravedere la possibilità di raggiungere, nel medio-lungo termine, un costo di sistema inferiore a 2 €/W (si ricorda che l'attuale costo di investimento di un sistema fotovoltaico piano si aggira intorno ai 7 €/W).

- **Sistemi termo-fotovoltaici:** con il termine termo-fotovoltaico si indicano due diverse tecnologie:

- **TPV (Termo Photo Voltaic):** il sistema TPV è un processo che genera energia elettrica mediante celle fotovoltaiche sensibili alla radiazione infrarossa irraggiate da un corpo portato a temperatura di emissione con un bruciatore alimentato da combustibili, ma in teoria anche l'energia solare concentrata ad alte temperature può essere utilizzata.

Il principio è quello di far avvenire una combustione controllata all'interno di uno schermo di materiale opportuno che, raggiunta la temperatura di esercizio, emette una radiazione principalmente infrarossa; essa, successivamente filtrata e condizionata, investe celle sensibili a quella lunghezza d'onda che trasformano la radiazione incidente in energia elettrica.

- **TPVS:** il sistema di cogenerazione TPVS consiste essenzialmente in pannelli nei quali sono integrati un collettore termosolare e delle celle fotovoltaiche; l'energia primaria è quella solare diretta. Que-

sta tecnica può essere interessante nel caso il fluido termico sia in grado di regolare la temperatura delle celle fotovoltaiche, per tenere sempre ad una temperatura di 20/25° C, dove l'efficienza di conversione è più elevata.

Un progetto che esplora la possibilità di massimizzare l'utilizzo della radiazione solare con sistemi minimi e a costi contenuti, prevede l'integrazione di moduli fotovoltaici e collettori termosolari in un sistema a concentrazione solare con inseguimento solare su due assi.

#### I rischi connessi alla fabbricazione, all'utilizzo ed allo smaltimento dei pannelli fotovoltaici "tradizionali"

Accanto alla sperimentazione circa efficienze, materiali, costi e prime

applicazioni sul campo, vanno ricordati importanti studi circa i rischi potenziali per la salute umana e l'inquinamento ambientale (si sono qui presi in considerazione gli studi effettuati da V.M.Fthnakis e K.Zweibel del National PV EHS Assistance Center, Department of Environmental Sciences, Brookhaven National Laboratory, NY, USA).

Infatti, per la produzione dei pannelli fotovoltaici vengono utilizzate sostanze tossiche ed infiammabili e sono connessi problemi legati a scarti e rifiuti, che a titolo esemplificativo e non esaustivo, si riportano nella tabella "Rischi potenziali".

I principali rischi per la salute si manifestano nella fase di realizzazione degli strati fotovoltaici (assemblaggio dei pannelli) e nello smaltimento degli stessi.

#### Rischi potenziali connessi alla produzione di elementi fotovoltaici

- x-Si (silicio mono e policristallino)
  - utilizzo di HF (ustionante), SiH<sub>4</sub> (infiammabile ed esplosivo), Pb (metallo pesante - tossico)
  - problemi per lo smaltimento dei pannelli dopo la vita utile
- a-Si (silicio amorfo)
  - utilizzo di SiH<sub>4</sub> (infiammabile ed esplosivo)
- CdTe (telloruro di cadmio)
  - utilizzo di Cd (metallo pesante - tossico e cancerogeno)
  - problemi per lo smaltimento dei pannelli dopo la vita utile
- CIS (seleniuro di rame ed indio), CGS (seleniuro di rame e gallio)
  - utilizzo di H<sub>2</sub>Se (tossico)
  - problemi per lo smaltimento dei pannelli dopo la vita utile
- GaAs (arseniuro di gallio)
  - utilizzo di AsH<sub>3</sub> (tossico), As (cancerogeno), H<sub>2</sub> (infiammabile)
  - problemi per lo smaltimento dei pannelli dopo la vita utile

Per quanto riguarda la realizzazione dei pannelli, particolari precauzioni, appositi macchinari, manodopera formata opportunamente e dotata di idonei dispositivi di protezione minimizzano i rischi, ma hanno un costo per l'industria che va a gravare sul prodotto finale.

Per lo smaltimento dei pannelli, si possono verificare diverse possibilità, a seconda che finiscano in:

- **discarica:** esiste la possibilità che i metalli pesanti presenti (Pb, Cd) si infiltrino nel suolo;
- **inceneritore e discarica:** i metalli pesanti presenti (Pb, Cd) vaporizzano ed una frazione di essi finisce in atmosfera; se il sistema è dotato di abbattitore di polveri, si riduce drasticamente l'emissione in atmosfera ed i metalli pesanti finiscono nelle ceneri, che però vanno stoccate in discariche controllate;
- **riciclaggio:** è possibile riciclare i pannelli, eliminando ogni possibile implicazione ambientale (riutilizzando i materiali si evita sia che questi vengano dispersi in maniera incontrollata, sia l'apertura di nuove cave di estrazione, trasporti e primo trattamento delle materie prime); ciò è tecnologicamente possibile ma si presenta ancora economicamente non conveniente dato che le attuali dimensioni del fenomeno non consentono di organizzare una raccolta diffusa sul territorio dei pannelli da porre fuori servizio.

Invece durante il loro esercizio, dato che:

- sono relativamente modeste le quantità di materiale tossico presente nei pannelli,
- gli strati di semiconduttore sono incapsulati tra spessori di vetro e/o plastica,
- i materiali sono stabili alle temperature ambientali,

ed è quindi praticamente impossibile qualunque rischio per la salute umana; sono inoltre stati analizzati gli effetti di un normale incendio dei pannelli: si arriva generalmente a temperature minori di quelle necessarie affinché i vari materiali tossici

vaporizzino e per questo sono minimi i rischi di emissioni tossiche.

È qui il caso di far notare l'ordine di grandezza delle emissioni e dei possibili rischi ambientali connessi alla produzione di energia per mezzo di tecnologia fotovoltaica e da impianti termici convenzionali (centrali termiche a combustibile fossile): a fronte dei minimi rischi connessi all'utilizzo dei materiali e delle tecnologie fotovoltaiche, si hanno sensibili vantaggi circa l'eliminazione delle emissioni in atmosfera di CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> etc. dovute ai combustibili fossili; inoltre, a titolo di esempio, il cadmio utilizzato nei pannelli di CdTe è circa 2500 volte più efficiente di quello utilizzato nelle batterie al Ni-Cd (nichel-cadmio), in termini di produzione di energia.

**La ricerca: le nuove concezioni per l'utilizzo della radiazione solare (elementi di terza e quarta generazione)**

Parallelamente alle ricerche volte a migliorare efficienze e risparmiare materiale, comunque rispetto i tradizionali principi fisici e chimici (elementi di prima e seconda generazione), si stanno svolgendo interessanti studi circa nuove concezioni per la conversione della radiazione solare in energia elettrica.

**La terza generazione - Nuovi materiali**

Si stanno svolgendo studi e ricerche su nuovi materiali che presentano l'indubbio vantaggio di essere estremamente economici, sia come materie prime che come processi produttivi.

**Plastiche solari:** la recente scoperta di plastiche conduttive ha aperto nuovi scenari per la produzione delle

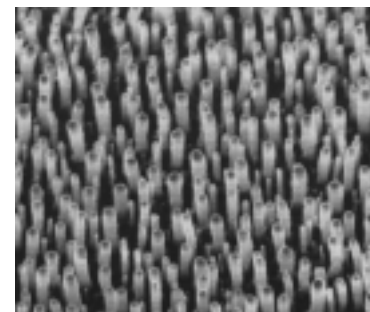


Immagine al microscopio a scansione di nanotubi plastici (foto Reuters)

celle fotovoltaiche: catene molecolari di polimeri plastici, in pratica cilindri dalle dimensioni nanometriche, permettono la cattura della luce e la successiva produzione di energia. Il vantaggio notevole consiste nel poter stampare le celle come una plastica normale, e dunque a basso costo e con forma qualsiasi.

Sono allo studio anche materiali ibridi, composti da semiconduttori inorganici e polimeri organici, che fanno combinare al meglio i due materiali: i semiconduttori plastici danno elevate prestazioni elettroniche mentre i polimeri organici hanno il vantaggio di essere processati a temperatura ambiente, fornendo un substrato flessibile; celle solari costituite da materiale ibrido (nanotubi plastici dispersi in una matrice polimerica organica) hanno spessore dell'ordine di 200 nanometri. Unico attuale svantaggio è la bassa efficienza di conversione, pari a circa all'1,7%, anche se i ricercatori prevedono, tramite processi già conosciuti, un rapido miglioramento delle prestazioni.

**Polimeri organici:** esperimenti sono stati condotti anche su materiali organici, sovrapponendo e poi facendo compenetrare strati alternati di polimeri, aventi la caratteristica di essere



Celle solari organiche flessibili su supporto plastico (tecnologia e foto Konarka)

donatori o accettori di elettroni; quando la luce solare raggiunge gli strati del materiale, fornisce energia agli elettroni del donatore e li libera dagli orbitali, creandone un flusso ordinato, incanalato verso opportuni elettrodi, e dunque generando energia elettrica.

Tali materiali possono migliorare notevolmente la loro efficienza di conversione: intervenendo a livello di struttura e morfologia molecolare, si diminuisce la resistenza del mezzo al passaggio degli elettroni.

In questo specifico settore la ricerca è ad uno stato avanzato e già sono in fase di commercializzazione i primi polimeri organici: la Konarka, industria statunitense del settore, è infatti riuscita a produrre celle solari su fogli flessibili (e soprattutto economici) di PET (polietilene tereftalato, lo stesso materiale trasparente che si utilizza, ad es., per la realizzazione delle bottiglie in plastica): particelle di biossido di titanio del diametro di 20-30 nanometri sono applicate su sottili strisce di acciaio o titanio e quindi sono laminate su fogli di materiale plastico, ricoperte da un elettrolita e racchiuse superiormente da un elettrodo.

**DSC (Dye Sensitized Solar Cell – Cella Solare a Tinta Sensibilizzata):** sono, allo stato, quelle che più possono interessare i progettisti, dato che si è in una avanzata fase di sperimentazione e già esistono interessanti realizzazioni.

Per meglio comprendere il principio di funzionamento della DSC è bene farne una breve descrizione, così da evidenziare le differenze con le “tradizionali” concezioni fotovoltaiche.

In una cella solare convenzionale, un singolo materiale come il silicio svolge tutte e tre le funzioni essenziali al funzionamento della cella:

- assorbire la luce solare, convertendo i fotoni in elettroni e “lacune”;
- resistere al campo elettrico necessario a separare gli elettroni dalle “lacune”;
- condurre le cariche libere presenti ai collettori delle celle.



*Schema di funzionamento della Dsc*

Per assolvere efficientemente a queste tre funzioni, occorre che il semiconduttore abbia un elevato grado di purezza, ed i procedimenti attuali per raggiungerla sono tali da essere ancora non economicamente competitivi con le tradizionali forme di produzione dell'energia.

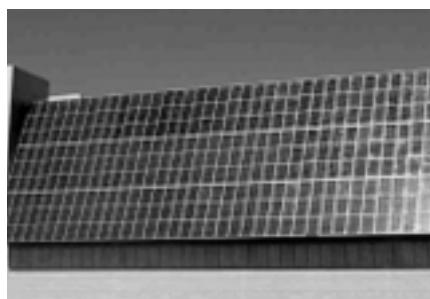
La DSC riproduce, invece, il meccanismo della fotosintesi, dove ogni singola funzione è assegnata ad una diversa sostanza, potendo così esaltarne le diverse caratteristiche; il principio di funzionamento della cella risulta essere il seguente: la cella è composta da un sottile strato di  $TiO_2$  (biossido di titanio), morfologicamente caratterizzato da una struttura superficiale “porosa” (sono presenti granuli dalle dimensioni nanometriche), ricoperta da un colorante organico, detto “sensibilizzatore”; quando la luce solare incide sul colorante, fornisce energia agli elettroni più esterni che lasciano i loro orbitali, lasciandovi quindi delle “lacune”, attraversando lo strato di  $TiO_2$  e migrano ai bordi della cella, dove opportuni elettrodi li accolgono e li convogliano ad un circuito esterno. Per evitare che gli elettroni liberati ritornino subito nel colorante, è presente un ulteriore strato formato da un elettrolita (una soluzione di iodio). Ulteriori sviluppi di queste celle prevedono la sostituzione

dell'elettrolita liquido con polimeri conduttori, consentendo una ulteriore riduzione dei costi.

La DSC viene inventata agli inizi degli anni '90 da un gruppo di ricercatori svizzeri; il Prof. Graetzel ed il gruppo di ricerca del Politecnico Federale di Losanna sono oggi arrivati ad avere materiali resistenti al calore ed ai raggi solari ed è cominciata la fase della commercializzazione: nel 2003 si è avuta la prima realizzazione in Australia nello CSIRO Energy Centre, un centro di ricerca per le energie rinnovabili.

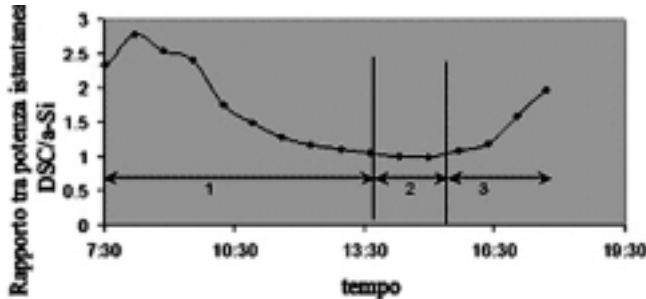
La DSC presenta diversi ed indubbi vantaggi nei confronti del silicio impiegato negli elementi di prima e seconda generazione:

- sicuramente il costo: si prevede che i costi di produzione saranno ridotti dell'80% a parità di rendimento energetico;
- una relativa indipendenza dalla radiazione solare diretta; come dimostrano prove sperimentali, le DSC riescono ad avere una buona percentuale di conversione anche quando non sono investite direttamente dalla luce (nel caso di sistemi fissi, ossia privi di inseguimento solare, ciò si traduce in una più omogenea produzione giornaliera di energia, oltre che il poter essere utilizzata in facciate verticali o coperture piane senza una eccessiva perdita di energia rispetto a quella massima ricavabile).
- la temperatura di maggiore conversione: rispetto ai moduli in silicio, che hanno la massima percentuale di conversione a 25° C, le DSC hanno come temperatura di funzionamento ottimale i 50° C; ciò è estre-



*John Holland, Cox Richardson, CSIRO (Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation) Energy Centre, 2003, Newcastle, NSW Australia*

**Grafico 8 – comparazione tra DSC e a-Si (a parità di potenza di picco) sulla potenza istantanea prodotta (dati e grafico sono tratti dal sito [www.greatcell.com](http://www.greatcell.com))**

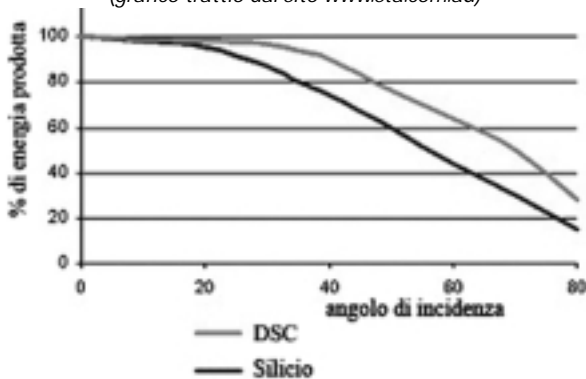


plasti degli spinaci.

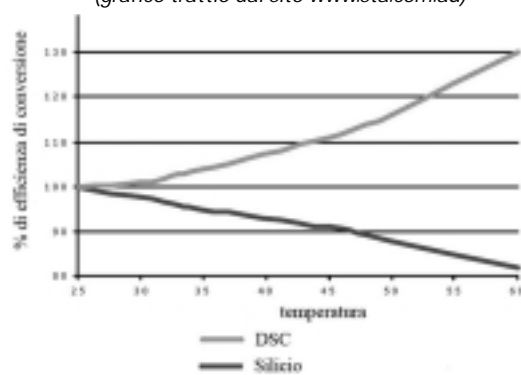
Nonostante le efficienze rilevate in laboratorio siano ancora estremamente basse ed è ancora comunque necessario operare in soluzioni acquose (ambiente difficilmente riproducibile in opera), affascinanti sono le connotazioni tecniche e promettenti sono le prospettive di sviluppo.

Interessante è notare che gli attuali materiali utilizzati nelle celle fotovoltaiche degradano più o meno rapidamente nel tempo; una cella costituita da proteine potrebbe invece "autori-

**Grafico 9 – comparazione tra DSC e silicio sulla energia prodotta rispetto l'angolo di incidenza con i raggi solari (grafico trattio dal sito [www.sta.com.au](http://www.sta.com.au))**



**Grafico 10 – comparazione tra DSC e silicio sulla energia prodotta rispetto la temperatura di esercizio (grafico trattio dal sito [www.sta.com.au](http://www.sta.com.au))**



mamente importante in quanto in condizioni di elevato irraggiamento (e quindi di teorica massima energia ricavabile) si innalzano notevolmente le temperature superficiali dei pannelli;

stanno studiando gli effetti di alcuni particolari complessi enzimatici vegetali che sono in grado di assorbire energia radiante e di attivare una catena di trasporto elettronico, mentre all'MIT si conducono studi sui cloro-

pararsi": così come le piante sostituiscono e reintegrano le loro proteine fotosintetiche, così anche quelle delle celle si potrebbero sostituire ciclicamente prima del loro definitivo degrado.

**Nuove concezioni: l'ispirazione della fotosintesi clorofilliana**

Basandosi sul principio della fotosintesi, si è recentemente sviluppato un interessante filone di studi per la conversione della radiazione elettromagnetica solare in energia elettrica, condotto da diversi studiosi e laboratori in tutto il mondo; esso, però, sta ancora muovendo i suoi primi passi.

**Sistemi organici - complessi enzimatici e cloroplasti – la bioconversione energetica:** diversi ricercatori, tramite studi ed esperimenti, hanno dimostrato che è possibile imbrigliare l'energia solare grazie alle piante: al CNR si

**Tabella 3 – Inizio commercializzazione e previsioni di fine utilizzo dei diversi materiali, tecnologie e generazioni di elementi fotovoltaici**

Tecnologia - Materiali	Generazione	Inizio commercializzazione
Previsioni di fine utilizzo		
Silicio mono e policristallino	1°	1970 - 2020
Silicio amorfo	2°	1983 - 2025
Silicio - pellicole sottili	2°	2001 - 2050
Telloruro di cadmio	2°	1995 - 2010
CIS/CIGS, altri elementi 3/5 e 2/4/6 gruppo	2°	2000 - 2050
DSC	3°	2003 - 2055
DSC ibride	3° +	2015 - 2100
Organiche - Ibride	3° +	2015 - 2100
Biologiche	4°	2030 - 2100 (ed oltre)

(dati tratti da Sylvia Tulloch, invited paper alla First International Conference on Energy Efficiency and Conservation – Hong Kong, 15 January 2003)

# Formazione e sviluppo degli addetti alle ispezioni

DI FILOMENA ROMANO  
E DOMENICO FEDELE

*Il ruolo dell'ispettore ambientale richiede idonee politiche di reclutamento e specifici programmi di formazione*

I controlli ambientali rappresentano un essenziale strumento di supporto per la sostenibilità delle politiche ambientali destinate alla prevenzione e riduzione dell'inquinamento e alla tutela degli ecosistemi.

Le crescenti esigenze di tutela degli ecosistemi naturali e antropizzati richiedono un controllo ambientale non limitato alla sola verifica di conformità a norme e prescrizioni (modello controllo/prescrizione), ma che consenta principalmente di ottenere dati sulle cause del degrado e sui connessi effetti, di aggiornare in modo continuo le conoscenze sullo stato e la dinamica evolutiva della qualità dell'ambiente nel suo complesso (modello controllo/conoscenza).

In Italia il ruolo sempre più importante dei controlli ambientali ha avuto riconoscimento con il referendum nazionale del 1993, che ha determinato la separazione di tali attività dal Servizio Sanitario Nazionale; ne è conseguita, con la Legge 61/94, la realizzazione di un sistema nazionale di controlli, centrato sulle Agenzie ambientali (Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale -ANPA, poi APAT- e dalle Agenzie Regionali e delle Province autonome per la Protezione dell'Ambiente -ARPA). Le ARPA sono autorità pubbliche che svolgono attività tecnico-scientifiche per la protezione dell'ambiente sul territorio regionale.

In Europa, è stata istituita la rete europea di implementazione e rafforzamento della legislazione ambientale (Implementation and Enforcement of Environmental Law,

IMPEL) che produce documenti di studio e ricerche sull'applicazione della normativa ambientale in ambito europeo sotto il profilo tecnico e regolamentare.



Il documento "Best Practices Concerning Training and Qualification for Environmental Inspectors - Final report" - IMPEL Network 18/03/2003 (derivante dall'art. IX.2 della "Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio sui criteri minimi per le ispezioni ambientali" - 2001/331/CEE), definisce i criteri minimi in materia di qualificazione e formazione degli addetti alle ispezioni ambientali.

L'ispettore ambientale è definito come il personale delle Autorità ispettive incaricato, individualmente o come appartenente ad un gruppo ispettivo, di effettuare la verifica di impianti industriali, imprese e siti, accertando il rispetto dei requisiti delle autorizzazioni, dei permessi e della legislazione ambientale in generale.

Il documento mira alla valorizzazione del ruolo dell'ispettore ambientale attraverso adeguate politiche di reclutamento e specifici programmi di formazione.

Alle Autorità ispettive è demandata la responsabilità di assicurare che le competenze richieste, ovvero l'insieme di conoscenze, abilità e caratteristiche personali dell'i-

spettore ambientale, siano garantite e valutate attraverso un adeguato processo gestionale.

Il documento identifica gruppi di competenze ritenute essenziali per l'ispettore ambientale, quali la conoscenza del quadro amministrativo, un'adeguata preparazione giuridica, la conoscenza delle procedure ispettive, le abilità tecniche in generale e nell'utilizzo di strumenti di comunicazione e gestione.

Il processo formativo, articolato in diverse fasi, inizia per il neo ispettore con un periodo di addestramento pratico con la supervisione di un esperto senior, mirante a colmare il gap formativo in relazione ai compiti e ruoli specifici da ricoprire.

La formazione prosegue con un aggiornamento professionale continuo che consente all'ispettore di incrementare, rinforzare e adattare ai cambiamenti, conoscenze ed abilità possedute.

Il documento prevede altresì una formazione specialistica al fine di disporre di competenze specifiche all'interno del corpo ispettivo.

Infine l'efficacia della formazione è verificata valutando le competen-

ze dell'operatore con quelle richieste per la figura di ispettore ambientale.

Gli ispettori sono quindi valutati nella procedura di selezione, nelle fasi del processo formativo e periodicamente durante l'intera carriera.

In Europa, relativamente alle specifiche caratteristiche da prevedere in fase di reclutamento, non è possibile istituire un sistema generale comunitario per le evidenti differenze tra i sistemi formativi degli Stati Membri.

Comunque si è generalmente d'accordo che è richiesto un titolo di studio, diploma o laurea, della durata di 2 o 3 anni dopo la scuola superiore.

In Italia, l'attuale offerta formativa universitaria che più si avvicina ai requisiti definiti dal documento IMPEL è il Corso di Laurea denominato "Tecnico della Prevenzione nell'Ambiente e nei Luoghi di Lavoro" (TPAL) previsto nelle Facoltà di Medicina.

Sono comunque semplici affinità, in quanto il piano di studi di TPAL si focalizza sugli aspetti sanitari, laddove un piano di studi per la

formazione dell'ispettore ambientale, avente a riferimento il documento IMPEL, dovrebbe essere contraddistinto da competenze e capacità ad ampio spettro sulle problematiche dell'ambiente e del territorio e sulle tecniche generali atte a risolverle.

Gli scenari futuri dell'offerta formativa per la figura professionale dell'ispettore ambientale, aventi a riferimento il documento IMPEL, si possono rappresentare con le seguenti opzioni:

- l'istituzione negli attuali Corsi di Laurea in TPAL di uno specifico indirizzo in materia ambientale,
- l'istituzione di un Corso di Laurea triennale di "Tecnico per la prevenzione e la protezione dell'ambiente" presso le Facoltà di Ingegneria,
- le Autorità ispettive organizzano autonomamente percorsi formativi specifici o di integrazione per i propri operatori.

Le prime due opzioni sono state sviluppate in specifiche proposte di piani di studio, nell'ambito dell'elaborato di stage effettuato presso l'ARPA Campania.

### L'ECONOMIST DICHIARA: "SCUOLA DI AVANGUARDIA" LA FACOLTÀ DI INGEGNERIA DI NAPOLI FEDERICO II

L'Ordine degli Ingegneri di Napoli è orgoglioso di pubblicare un forte segno di stima conquistato dalla Facoltà di Ingegneria attraverso l'impegno e l'entusiasmo del suo corpo docente e dei suoi allievi.

Questa conquista contrasta con l'opinione del mondo politico che vede la ricerca universitaria agli ultimi posti di importanza nella scala delle priorità nazionali a livello di finanziamenti.

La constatazione che a Napoli si lavora in modo più che soddisfacente, costituisce un ulteriore incentivo per pungolare la società civile e le professioni a svolgere in modo più incisivo il compito di promuovere quanto necessario allo sviluppo e alla innovazione nel campo delle maggiori applicazioni tecniche della Regione e del Paese.

Edoardo Benassai

# Napoli: la riqualificazione del territorio urbano

DI EDOARDO BENASSAI

*Professore Ingegnere*

Due richiami sembrano d'obbligo allorché professionalmente ci si occupa dello sviluppo compatibile del territorio urbano napoletano. Da un lato la necessità di riqualificare l'edilizia e, più in generale, il territorio urbano della città, il cui equilibrio precario viene evidenziato ogni volta che gli eventi geoidrologici superano i modesti livelli del tempo ordinario.

Dall'altro la possibilità di cogliere una occasione come quella della deindustrializzazione che pone a disposizione una superficie senza precedenti per attività a servizio del centro urbano e più generalmente del territorio.

E la prova che poco o nulla si è fatto in merito alla riqualificazione urbana, soprattutto del centro storico, sta nel fatto che soltanto di recente il governo della città ha elaborato un documento di intenti in cui si parla di un piano strategico di sviluppo della città frutto di **“una visione condivisa del futuro del territorio attraverso processi di partecipazione, discussione e di ascolto”**.

\*\*\*

È unanime l'affermazione che nella nostra città la formazione delle decisioni si effettua con difficoltà così come è difficile raccogliere il consenso della collettività. Se però l'attuazione delle decisioni richiede tempi lunghi con le procedure ordinarie, tempi non più compatibili con la necessità della città di uscire dal panorama di immobilismo presente, altre modalità vanno considerate che consentano di accorciare i tempi di attuazione in modo da renderli compatibili con lo sviluppo di una società che anela a restituire ai giovani la speranza ed il futuro.

Esempi europei dimostrano (Barcellona, Valencia, Berlino, Londra...) che tra il momento decisionale e quello attuativo passano tempi non superiori a sette-otto anni. Il confronto con i tempi trascorsi per l'approvazione della variante al PRG, per la decisione e l'attuazione della rete di trasporto metropolitano e quelli trascorsi o che trascorreranno per portare a termine la sistemazione dell'area occidentale di Bagnoli sono purtroppo di altro ordine di grandezza.

Sembra evidente che questo divario tra l'Europa e Napoli deve essere rapidamente colmato.

Non bastano le enunciazioni di principio o di carattere generale ma nei programmi occorre entrare nel merito.

A tal proposito circa un programma di riqualificazione urbana quasi nulla si è fatto né in periferia e tanto meno nel centro della città.

I pochi piani di recupero sono nella fase di prima impostazione e non fanno progressi per motivazioni poco chiare che non vengono mai esplicitate.

Tutta la questione dell'edilizia abusiva in città è rimasta invasa (decine di migliaia di pratiche di condono non definite) senza alcuna consapevolezza di dover prevedere nelle zone di abusivismo una rete di sottoservizi, opere di urbanizzazione, un piano di parcheggio. Né ad accelerare la realizzazione di un siffatto piano è valso il carattere di emergenza del traffico in città, per la cui soluzione sono stati proposti sul water-front, da parte dell'amministrazione comunale e dell'autorità portuale, soluzioni non concordate o addirittura incompatibili tra loro.

Ciò non tenendo in alcun conto la salvaguardia della salute di una

popolazione costituita per il 25% da persone avanti negli anni e quindi suscettibili di improvvisa emergenza ospedaliera.

In breve, occorre un programma di governo della città che, anche con procedure d'urgenza, sia capace di far uscire la collettività, soprattutto sotto l'aspetto della riqualificazione urbana, dallo stato di incertezza e dalla rassegnazione cui ci hanno portato i pochi sporadici interventi di facciata finora effettuati.

In altri termini è necessario trovare la forza di imboccare la strada di un'azione politica ad ampio respiro, basata su pochi fatti ma attuabili in breve intervallo di tempo (pochi anni).

\*\*\*

Limitando il discorso alla riqualificazione edilizia del centro storico vale la pena di fare un piccolo passo indietro e ricordare l'art. 9 della Costituzione della nostra Repubblica che così recita: "La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio ed il patrimonio storico ed artistico della Nazione". Di qui scaturisce che la tutela e valorizzazione di un patrimonio storico ed artistico come quello del centro storico di Napoli, incluso nella Convenzione UNESCO per la protezione e valorizzazione del patrimonio mondiale (Paris, 16-11-1972), poiché si rifà a valori collettivi deve essere di competenza dello Stato. Occorre però trovare il modo di coniugare le due grandi sfide dei tempi attuali: la salvaguardia delle autonomie regionali e la necessità di individuare unicità nella concezione della tutela evitando squilibri fra le regioni ricche, più attente al proprio territorio e le altre che hanno minori tradizioni e disponibilità. Ciò possibile sul piano giuridico facendo una distinzione tra tutela (che spetterebbe allo Stato) e valorizzazione del patrimonio storico ed artistico (che spetterebbe alla Regione).

Sul piano attuativo le azioni di tale patrimonio non possono essere separate ad arbitrio poiché costituiscono un'attività unica che si fonda

sulla conoscenza dello stesso patrimonio e ne include tutela, gestione, valorizzazione e fruizione.

Poiché molte difficoltà si frappongono per chi voglia distinguere tali fasi, la soluzione del problema deve passare per la ricomposizione della unitarietà nella cura del patrimonio culturale attraverso speciali convenzioni tra lo Stato e gli Enti locali.

In siffatti documenti dovrà essere riconosciuto allo Stato il ruolo centrale dei saperi tecnico-scientifici dei beni culturali a cui deve essere garantita la piena libertà e professionalità di giudizio (e naturalmente l'indipendenza), tale ruolo può essere svolto attraverso la disponibilità di risorse proprie. Gli Enti locali e le Regioni dovranno, di contro, svolgere la altrettanto significativa funzione della direzione operativa delle attività programmate a livello centrale.

La proposta per la riqualificazione edilizia del centro storico di Napoli deve quindi partire dalla stesura di una convenzione del tipo accennato in cui il ruolo centrale di tutela sarà affidato agli Organi periferici dello Stato (Sovrintendenza ai beni monumentali) e la direzione operativa affidata alla Regione. Circa i finanziamenti viene qui avanzata una seconda proposta, che sembra l'unica facilmente praticabile date le circostanze di scarsa disponibilità finanziaria da parte dello Stato: la fiscalità di vantaggio.

Più in generale è opportuno, e anzi, è doveroso, che lo Stato adotti una fiscalità di maggior vantaggio per i centri storici protetti dall'UNESCO (Roma, Firenze, Venezia, Napoli, San Gimignano, Vicenza, Siena, Ferrara, Assisi, Urbino, i Sassi di Matera, Pienza, Verona, Ravello, Amalfi, Positano, le città barocche della Val di Noto). Questa fiscalità postula sgravi, impositivi e contributivi, ai soggetti pubblici e privati interessati e alle imprese chiamate ad operare nell'area. Tali incentivazioni si giustificano per i più delicati e perciò anche più costosi interventi volti alla conservazione e valorizzazione dei centri storici proclamati dall'UNESCO patrimonio

dell'umanità e, come tali, da trasmettere integri alle generazioni future. Per effetto della concessione dell'ambito riconoscimento scatta a carico dello Stato il preciso obbligo di salvaguardia e riqualificazione in base alla Convenzione UNESCO di Parigi del 1972 per la protezione del patrimonio mondiale agli artt. 4 e 5. In ciò pienamente secondata dall'Unione Europea, che, in conformità all'art. 151 del Trattato istitutivo, promuove "la conservazione e la salvaguardia del patrimonio culturale d'importanza europea" e, nel contempo, mediante l'IVA ridotta, promuove le attività ad alta intensità di lavoro, quali appunto gli interventi di restauro (Direttiva 77/388/CEE e succ. mod.).

Peraltro, la fiscalità di vantaggio attiva celermente un enorme afflusso di capitali, perché, operando da strumento moltiplicatore degli investimenti, incentiva gli stessi interessati ad impiegare le proprie risorse e, grazie ai bassi interessi, attingerne altre dalle banche. Per cui sono indotti essi stessi a farsi protagonisti della rigenerazione degli antichi quartieri, sotto il controllo delle competenti autorità.

In questa ottica, più ancora e doverosamente urge che lo Stato, per il centro storico di Napoli, riconosciuto dall'UNESCO "patrimonio culturale di valore universale eccezionale", adotti una fiscalità di ulteriore vantaggio (ad esempio una detrazione IRPEF del 70%, l'IVA al minimo consentito dalla relativa direttiva, congrua riduzione dell'ICI e dei contributi previdenziali) per i più impegnativi e perciò anche più onerosi interventi di consolidamento statico, di risanamento conservativo e comunque di restauro richiesti dalla conservazione e dalla valorizzazione dell'area tutelata secondo la perimetrazione vigente nel 1995, anno dell'ambito riconoscimento, e con l'esclusione degli immobili postbellici sostitutivi di quelli bombardati.

Lungi dal configurare soltanto un centro storico medievale, quello di Napoli, si distingue nettamente dagli altri contesti urbanistici protetti:



per la Neapolis greco-romana che esso custodisce con le sue insule e l'impianto viario risalenti al V sec. a.C., conservatisi integri e tuttora vissuti; per la vetustà delle sue fabbriche; per il dissesto del sottosuolo; per la zona ad elevato rischio sismico in cui si colloca; per le condizioni economiche dei pur industriosi

ceti popolari che vi abitano; per la miriade di "bassi" ancora adibiti ad abitazione.

Le misure volute dal vincolo internazionale, anziché comportare un aggravio per l'Erario, al di là di una visione ragionieristica, determinerebbero al contrario un incremento delle entrate, sia per il moltiplicarsi

degli interventi, sia perché questi altrimenti non sarebbero mai attivati, sia per l'indotto movimentato.

Infine, la documentazione richiesta dai committenti per profittare della fiscalità di vantaggio determinerebbe la emersione fiscale delle imprese appaltatrici coinvolte nelle operazioni di riqualificazione.

### PUBBLICAZIONE TESI DI LAUREA O DI DOTTORATO SUL NOTIZIARIO DEGLI INGEGNERI

La Redazione del Notiziario sta promuovendo un'iniziativa che interessa in particolare i colleghi più giovani. In uno dei prossimi numeri del notiziario uscirà una monografia dedicata alle tesi di laurea dei giovani ingegneri iscritti all'albo.

È un'occasione per far conoscere a tutti il proprio lavoro; spesso infatti la tesi resta un documento sterile e fine a se stesso, difficilmente pubblicato, mentre in realtà gli argomenti delle tesi di laurea, siano esse tesi progettuali, sperimentali o descrittive, possono interessare molti colleghi.

I colleghi interessati all'iniziativa sono invitati a depositare in Segreteria un cd-rom contenente la tesi con tutti gli elaborati, unitamente ad una relazione (sempre su supporto informatico) da pubblicare sul Notiziario contenente una sintesi del lavoro svolto evidenziando, a discrezione dell'interessato, gli aspetti salienti e ritenuti più interessanti e innovativi.

#### Note per la compilazione

Nella relazione dovranno essere precisamente riportati luogo e anno di laurea, istituto e corso all'interno del quale si è svolta la tesi, nomi e qualifica del relatore ed eventuali correlatori, oltre ovviamente al titolo della tesi stessa. Le eventuali foto o diagrammi vanno anch'esse presentate in formato digitale. Indicativamente la relazione non dovrebbe superare le 15.000 battute.

L'eventuale pubblicazione di elaborati grafici (foto, disegni, tabelle, ecc.) sarà subordinata alle esigenze di impaginazione e di spazio e sarà comunque valutata e discussa di volta in volta con gli interessati.

I colleghi sono invitati a segnalare se la tesi è già stata oggetto di pubblicazione, specificando dove e quando (atti universitari, riviste, ecc.). Riteniamo che per la pubblicazione possa essere interessante qualunque tipo di tesi (sperimentale, progettuale, descrittiva, ecc.).

La Redazione del Notiziario si riserva di esaminare le sintesi pervenute e di apportare modifiche per esigenze editoriali e di uniformità, ovviamente nel pieno rispetto dei contenuti del quale ciascun collega interessato è responsabile.

Per maggiori informazioni relativamente a questa iniziativa:

Ing. Barbara Castaldo - Cel. 3333889955 - e-mail: [ingcastaldo@libero.it](mailto:ingcastaldo@libero.it)

# Nuove tecniche e materiali per il restauro delle murature

DI MARIANO MODANO  
FRANCESCO FABBROCINO  
ANTONIA DE MAJO

*Ingegneri*  
*Dipartimento di Scienza*  
*delle Costruzioni*  
*Università degli Studi di Napoli*  
*Federico II*

*Riceviamo e volentieri pubblichiamo alcuni risultati su una ricerca relativa a nuove tecniche e nuovi materiali per il rinforzo di strutture murarie, condotta presso il Dipartimento di Scienza delle Costruzioni "Vincenzo Frasciò", diretto dal nostro collega e consigliere Prof. Ing. Mario Pasquino*

Pietro Ernesto De Felice

## Premessa

Nella presente nota vengono illustrati i risultati numerici e sperimentali ottenuti dall'analisi comparativa su un edificio in muratura di tufo e sullo stesso edificio rinforzato con lamine di materiale composito. In fase di modellazione e di analisi è stato affrontato il problema dell'ortotropia del materiale di rinforzo per la cui corretta identificazione meccanica si è proceduto con un metodo inverso. A tal fine sono state effettuate misure in laboratorio sulla struttura reale che hanno consentito di calibrare il modello numerico. I risultati ottenuti hanno mostrato la validità degli schemi di calcolo adottati e la efficacia della tecnica di identificazione parametrica. Sono stati valutati inoltre i notevoli benefici che si ottengono prevedendo tali tipologie di rinforzo su strutture in muratura già danneggiate da azioni di natura sismica.

## Introduzione

Il rinforzo ed il restauro di strutture in muratura, resi necessari dall'incremento dei carichi di progetto o dalla creazione di un danno, sono stati tradizionalmente realizzati impiegando materiali e tecniche convenzionali. Oggi l'impiego di materiali compositi con Polimero Rinforzato di Fibre (FRP) rappresentano una valida alternativa alle tradizionali tecniche di rinforzo strutturale.

La realizzazione di questo tipo di intervento si basa su una tecnica molto sofisticata ed è per questo che necessita di una accurata pro-

gettazione che deve essere preceduta da una approfondita indagine sulla struttura, sulla sua resistenza e sulle caratteristiche dei materiali impiegati.

Fino ad oggi la legislazione italiana non prevedeva specifiche norme tecniche per la progettazione di interventi di tipo "non convenzionale" come questo, ammettendo, in buona sostanza, la libera progettazione purché fondata su basi scientificamente corrette ed accompagnata da verifiche sperimentali.

In campo internazionale sono state intraprese più iniziative volte all'individuazione di linee guida rispondenti a tali esigenze, tra cui si ricordano le istruzioni americane (ACI 440), quelle giapponesi (JSCE), le europee FIB-CEB, ed infine il documento CNR del '99 dal titolo "Impiego delle armature non metalliche nel c.a.". Posto che tutti questi documenti si riferiscono a strutture con ossatura in conglomerato cementizio armato, è sorta l'esigenza di mettere a punto un documento italiano di più ampio respiro, utilizzabile per tutte le tipologie strutturali presenti nel patrimonio edilizio nazionale, dalle costruzioni in c.a. e in c.a.p. a quelle murarie, dalle costruzioni in legno a quelle metalliche.

Per rispondere a questa esigenza di conoscenza e di standardizzazione è stato redatto il primo testo italiano che rappresenta uno strumento tecnico-informativo nel settore delle applicazioni dei materiali compositi nel consolidamento delle costruzioni.

Tale è il documento CNR DT200/2004 dal titolo "Istruzioni per la Progettazione l'Esecuzione ed il controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati (FRP)", Materiali, strutture in c.a. e in c.a.p., strutture murarie.

In tali istruzioni, che non costituiscono, per loro natura, delle norme cogenti ma rappresentano esclusivamente una guida, si sviluppano tematiche relative ai materiali in questione, al rinforzo di strutture in c.a. e in c.a.p. ed al rinforzo di strutture murarie.

L'individuazione di queste nuove tecniche si è sviluppata attraverso programmi scientifici di ricerca sperimentale sugli FRP. E' proprio in questa ottica che, presso il Laboratorio di Scienza delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, si sono sperimentate nuove soluzioni che hanno per protagonista le fibre di carbonio e di vetro.

Tra queste si rileva una ricerca, a carattere sia teorico che sperimentale, che ha avuto per obiettivo quello di valutare la fattibilità di un innovativo tipo di legatura su edifici in muratura.

La sperimentazione è stata eseguita su un prototipo di edificio in muratura di tufo sottoposto a sollecitazioni di tipo dinamico, studiato prima e dopo l'applicazione di un sistema di rinforzo realizzato con materiale composito.

efficiente di Poisson. Assegnando due diversi moduli di elasticità per i componenti membranali e flessionali, è possibile modellare un materiale ortotropico nella direzione dello spessore dell'elemento, superando il limite dell'isotropia.

Il modulo elastico del componente membranale è legato a quello del componente flessionale da un moltiplicatore. Per materiali come la muratura, se la rigidità flessionale non è richiesta, viene assegnato un valore molto basso al moltiplicatore.

La funzione

$$H_{\alpha}(s_{\alpha\beta}, u_{\alpha}) = \int_{\Sigma} C dA + \int_{\partial\Omega} (p_{\beta} - n_{\alpha} s_{\alpha\beta}) u_{\beta} d\Gamma$$

viene utilizzata per dedurre il modello discretizzato per le analisi del piano scarico nel regime membranale. Lo stato tensionale  $S_{\alpha\beta}$  è rappresentato come somma di due parti;  $S^0_{\alpha\beta}$ , in equilibrio con lo stato tensionale nullo e,  $S^*_{\alpha\beta}$ , in equilibrio con lo stato tensionale assegnato. Il campo degli spostamenti è definito solo sullo spigolo dell'elemento.

Il singolo componente del moto è rappresentato, su ognuno dei quattro lati, attraverso due funzioni cubiche dell'ascissa curvilinea, estese lungo il lato corrispondente dell'elemento considerato, collegato al nodo intermedio sul valore della funzione e della derivata prima.

Alle funzioni viene data una forma Hermitiana in modo che ogni componente del moto dipenda da 3x2 parametri nodali (3 nodi con 2 parametri per nodo), che rappresentano il valore della funzione e della derivata prima in ogni nodo. I parametri che esprimono le derivate prime dei due componenti del moto in ogni nodo sono usati per definire la rotazione della tangente al lato in corrispondenza dei nodi e da questa si deduce la rotazione nodale. Nei nodi ai vertici, le rotazioni sono continue, in modo che siano definiti 3 gradi di libertà in ogni nodo, questi si identificano con i due componenti di moto e la rotazione con l'asse vettoriale perpendicolare al piano dell'elemento. Quindi il campo degli spostamenti sul perimetro dipende da 24 (3x8) parametri.

La relazione

$$KU = b$$

identifica la matrice K (simmetrica e semidefinita positiva) come matrice delle rigidità e il vettore b come vettore dei carichi nodali. Il montaggio di alcuni elementi avviene nello stesso modo dei modelli di moto.

Il modello è stato schematizzato con una maglia di 25 cm, assegnando le caratteristiche meccaniche degli elementi che costituiscono la struttura, tufo e calcestruzzo armato, ossia modulo elastico "E", modulo di elasticità tangenziale "G", modulo di Pois-

## 1. Il modello numerico

### 1.1 Il modello numerico senza rinforzo

La struttura è stata rappresentata con un modello agli elementi finiti "Plate & Shell" a otto nodi, che mostra il comportamento derivante dalla combinazione dei singoli elementi resistenti (cf. fig. 1.1-1).

Le pareti perpendicolari alla direzione dello sforzo contribuiscono allo schema resistente, incrementando la rigidità della struttura.

Le pareti hanno spessore costante ed il comportamento del materiale è definito dal modulo elastico e dal co-

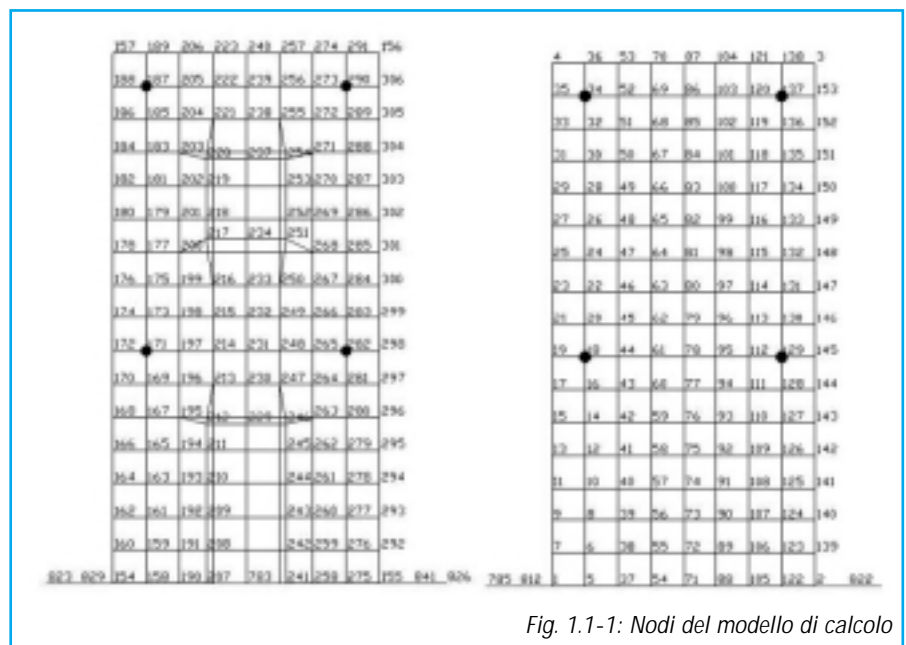


Fig. 1.1-1: Nodi del modello di calcolo

son e peso specifico. Le analisi del modello riprodotto, derivanti dai primi tre modi liberi di vibrare determinano la frequenza del primo modo, 6.80 Hz. La ricerca sperimentale, effettuata con l'ausilio di un martello in grado di applicare una forza nota, ha fornito una frequenza propria di vibrazione di 5.52 Hz.

**1.2 Il modello numerico con rinforzo**

Il modello teorico per la struttura consolidata è stato sviluppato a partire dal modello creato e testato per l'edificio non consolidato, con l'aggiunta di una seconda maglia con elementi shell tra i nodi sui quali sono state collocate lamine in fibre di carbonio (cf. fig. 1.2-1). Le caratteristiche fisiche e meccaniche delle fibre (cf. tab. 1) sono state assegnate agli elementi shell usati per la seconda maglia.

La continuità tra le due maglie è stata garantita da un particolare elemento chiamato rigel (elemento rigido), che è un indicatore della relazione cinematica esistente tra i relativi nodi delle maglie sovrapposte. Il modello proposto trova una spiegazione teorica nel fatto che la trasposizione del moto è perfettamente rigida nel passaggio dal primo al secondo nodo dell'elemento rigel. La trasformazione è, pertanto, tale che l'energia cinetica del sistema non cambi:

$$V = \frac{1}{2} \dot{u}^T M \dot{u}$$

Dove la matrice M è la matrice delle masse ed u l'autovettore.

Il modello dinamico sotto questa particolare condizione si è modificato, conservando l'energia cinetica dell'intero sistema.

La frequenza del primo modo libero di vibrare è stata calcolata a 8.95 Hz. Conseguentemente le analisi dinamiche del modello con il rinforzo strutturale sono state effettuate con la stessa procedura utilizzata per l'analisi del modello senza rinforzo e sotto le stesse condizioni, registrando, anche in questo caso, lo spostamento dell'insieme dei nodi.

**Tab. 1: Caratteristiche dei materiali di rinforzo**

	Carbonio	Vetro
Peso specifico	330 g/m <sup>2</sup>	230 g/m <sup>2</sup>
Tensione ultima di trazione	4800 N/mm <sup>2</sup>	3500 N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità a trazione	240 N/m <sup>2</sup>	230 N/m <sup>2</sup>
Carico di rottura della fibra	> 640 kg/cm	-
Densità	1.80 g/cm <sup>3</sup>	2.45 g/cm <sup>3</sup>



*Fig.1.2-1: Il modello con i materiali di rinforzo*

**2. Il modello fisico**

**2.1 Descrizione dell'edificio**

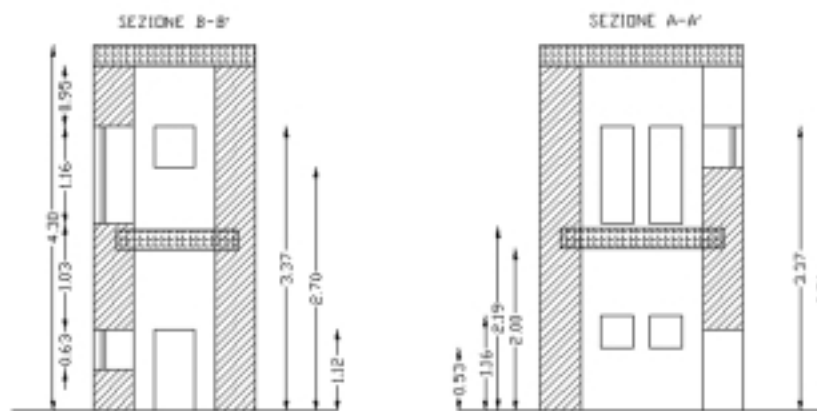
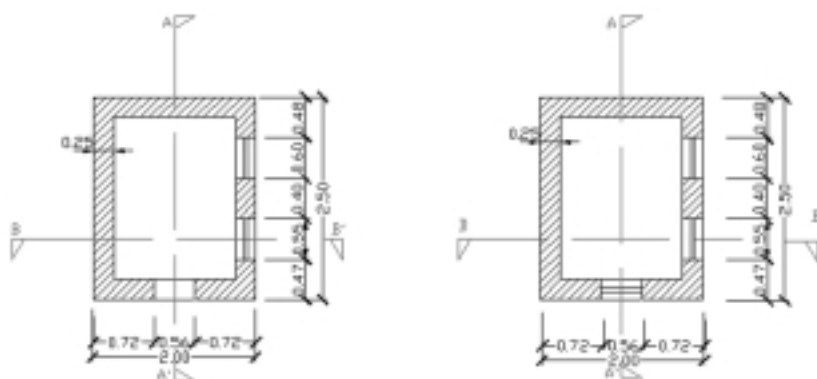
Il modello sperimentale ha le dimensioni riportate in Fig.2.1-1 e 2.1-2 e riproduce un edificio in scala 1:2 rispetto ad ipotetiche dimensioni reali, di forma parallelepipedica, in muratura ordinaria di tufo, su due livelli, conservando lo stesso spessore della muratura (25 cm). Il piano terra ed il primo piano sono privi di aggetti esterni, ma sono dotati di vani finestra dispo-

sti sulla stessa verticale e da un vano ingresso.

I solai sono stati realizzati con soletta piena di calcestruzzo R<sub>ck</sub> 250 con rete elettrosaldata, ed hanno uno spessore di 0.12 m al piano impalcato e di 0.20 m alla copertura.

Sono stati condotti tests di laboratorio su tutti i materiali impiegati per determinare le loro caratteristiche meccaniche (cf. tab. 2). Nelle analisi teoriche viene fatto riferimento ai valori riportati Il modello è stato usato

*Fig. 2.1-1: Sezione in pianta della struttura*



*Fig 2.1-2: Sezione laterale della struttura*

per una doppia serie di verifiche sperimentali, effettuate sul campione così come costruito e, successivamente, sullo stesso campione rinforzato con lamine di materiale composito, a base di fibre di vetro e fibre di carbonio. A tale scopo si è provveduto all'applicazione di questi materiali, confezionati sotto forma di strisce di altezza 0.5 m, utilizzando resine epossidiche ad alta resistenza.

Sono state applicate fibre di vetro in corrispondenza degli spigoli della struttura, mentre le fibre di carbonio sono state collocate orizzontalmente a diverse quote, ritenute "critiche" dal punto di vista strutturale.

**2.2 La strumentazione di prova**

Per la sollecitazione del prototipo è stato predisposto un sistema di forzamento consistente in una vibrodina il cui principio di funzionamento è basato sulla rotazione di due piatti in contrapposizione, sui quali sono clettate delle masse in modo tale da esplicare una forza orizzontale variabile con legge sinusoidale rispetto all'asse centrale della macchina stessa (cf. fig. 2.2-1).

Tale forza è direttamente proporzionale alla distanza *r* tra l'asse di rotazione e le masse concentrate, al quadrato della velocità angolare  $\omega$  ed alle masse *m*:

$$F = \omega^2 r m \text{sen}(\omega t)$$

Nel caso in esame abbiamo 9 masse da 3.1 Kg e 4 masse da 1.4 Kg per ogni disco, per cui

$$p = 2 * (9 * 3.1 + 4 * 1.4) = 67 \text{ Kg};$$

$$m = p/g. \text{ e } \omega_{\text{MAX}} = f_{\text{MAX}} * 2 \pi = 27.63 \text{ rad/s. di conseguenza } \omega_{\text{MAX}}^2 = 763.52 \text{ rad}^2/\text{s}^2.$$

La  $f_{\text{MAX}}$  è stata ricavata osservando, mediante strumento ottico, il sistema di trasmissione di moto nella vibrodina; è stato rilevato che alla frequenza di alimentazione di 50 Hz del motore, corrispondeva una frequenza di rotazione dei piatti pari a 2 Hz; con una frequenza di alimentazione di 120 Hz si è riscontrata una frequenza di rotazione dei piatti pari a 4.4 Hz.

Considerato il raggio pari a  $r = 0.24$  m, ipotizzato come punto virtuale di

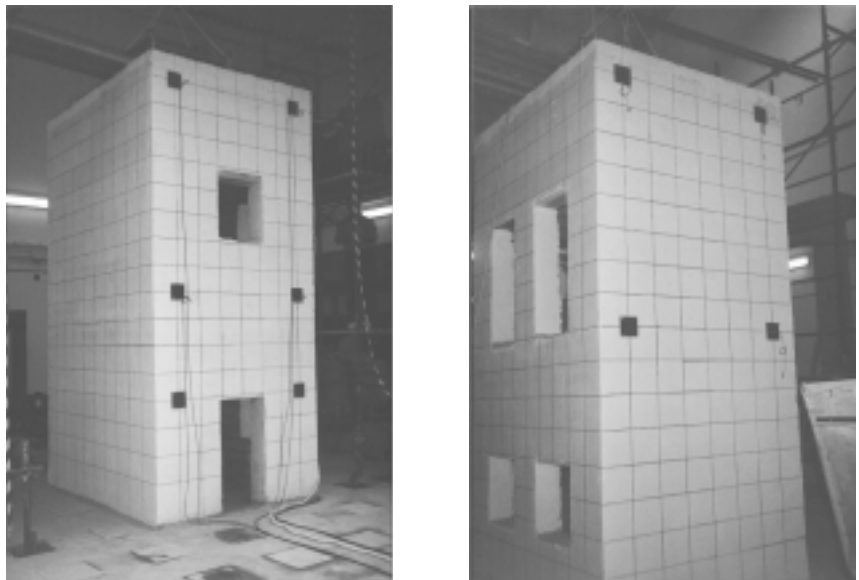


Fig. 2.1-3: Particolari dell'edificio in muratura

**Tab. 2: Caratteristiche meccaniche dei materiali**

	Tufo	Calcestruzzo
peso specifico	1600 kg/m3	2500 kg/m3
modulo di Poisson	0.15	0.10
modulo elastico	20000 kg/cm2	300000 kg/cm2

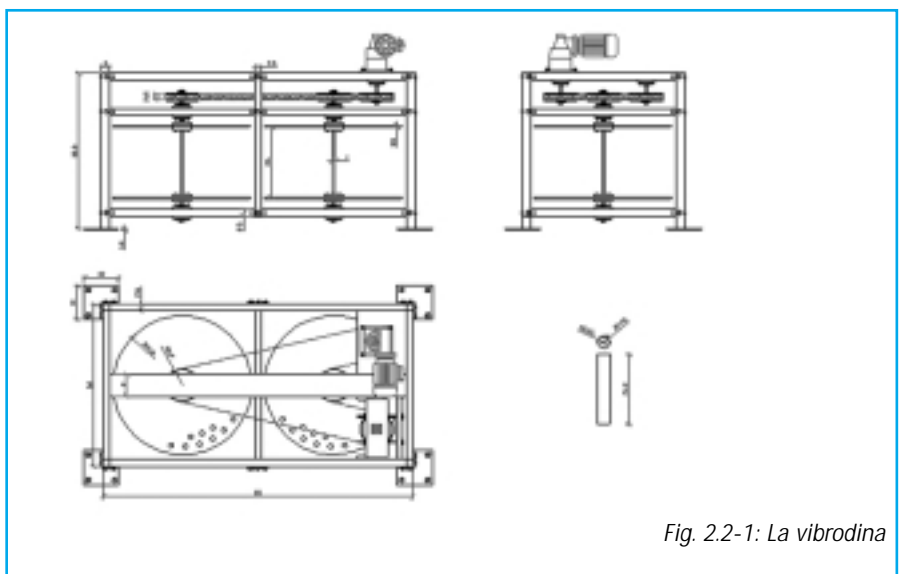


Fig. 2.2-1: La vibrodina

**Tab. 3: Valori di forza in funzione della frequenza**

f (Hz)	1.6	2.0	3.0	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4
F (Kg)	172.61	258.58	581.81	837.82	933.50	1034.35	1140.09	1251.56



Fig. 2.2-2: Disposizione della vibrodina

concentrazione delle masse, abbiamo che:

$$F_{MAX} = m \omega_{MAX}^2 r = (67/9.81) * 763.52 * 0.24 = 1251.56 \text{ Kg}$$

La vibrodina è stata ancorata all'impalcato superiore della costruzione in muratura, utilizzando un telaio metallico annegato nel conglomerato cementizio, mediante perni elettrosaldati (cf. fig. 2.2-2).

Il moto ai piatti è stato trasmesso tramite un sistema di cinghie dentate e pulegge, ed è generato da un motore elettrico avente le seguenti caratteristiche:

- Fasi 3
- Potenza 0.50 kW
- Coppie polari 2
- Giri/minuto 1395
- Frequenza di aliment. 50 Hz

Il posizionamento dei sensori e l'esecuzione della misurazione per l'acquisizione dei dati, hanno fornito una quantità di risultati sufficiente a formulare alcune considerazioni di carattere generale a riguardo della struttura di analisi. Inoltre è stato possibile apprezzare il tipo di movimento della struttura quando è sottoposta a solle-

citazione armonica di tipo sismico.

Lo studio è stato effettuato utilizzando la stazione automatica di misura messa a punto ed il relativo modulo software di acquisizione (cf. fig. 2.2-4), adoperando i sensori accelerometrici piezoelettrici. Dopo un'accurata analisi della struttura, considerato che il movimento della stessa volgeva in un'unica direzione e cioè quella della forzante, si è scelto di posizionare i sensori nei punti di massima ampiezza del fenomeno vibratorio (cf. fig. 2.2-3). In particolare, 4 sulla facciata anteriore ed altri 4 sulla facciata posteriore, di cui 2 all'altezza del solaio superiore e 2 all'altezza del solaio inferiore.

Tale tipo di soluzione ha garantito l'integrale trasmissione delle vibrazioni della struttura al sensore, dando la certezza della fedele riproduzione del fenomeno fisico.

Dopo aver accuratamente cablato i sensori è stata verificata la continuità elettrica dei circuiti di potenza e di segnale e l'assenza di offset

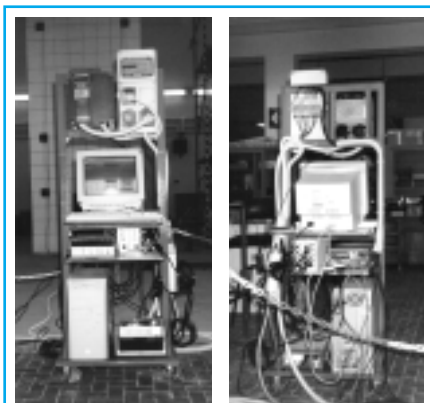


Fig. 2.2-4: Il quadro rack



Fig. 2.2-3: disposizione dei sensori sulla struttura

proveniente dai sensori a sistema fermo, ed inoltre si è provveduto a controllare che il livello dei disturbi elettromagnetici irradiati e condotti nell'ambiente di misura, non disturbi il segnale da acquisire. È stato realizzato, per i sensori, un adeguato sistema di alimentazione/filtraggio da un dispositivo dedicato.

### 3. Risultati

Le acquisizioni dei dati, ottenute con il posizionamento dei sensori e la successiva misurazione, hanno fornito una quantità di dati sufficiente a formulare alcune considerazioni di carattere generale a riguardo della struttura in analisi. In particolare si sono osservate le differenze, in termini di accelerazione, tra la soluzione costruttiva "standard" e quella con l'utilizzo dei materiali per il rinforzo strutturale. Inoltre è stato possibile apprezzare il tipo di movimento della struttura quando è sottoposta a sollecitazione armonica di tipo sismico ed in particolare identificare alcuni valori caratteristici.

Individuato un campo di frequenze per il forzamento da sottoporre all'edificio (da 1.6 a 4.0 Hz) sono state eseguite 2 serie di acquisizioni, uguali tra loro per tempo e spaziatura in frequenza (0.2 Hz, per un totale di 12 acquisizioni), memorizzando i risultati in files di tipo testo, uno per ogni acquisizione.

In particolare si è scelto di acquisire 10000 campioni alla frequenza di campionamento di 1000 Hz (10 secondi di acquisizione), ritenuta più che sufficiente per applicazioni di questo tipo, dove le frequenze in gioco sono al più dell'ordine di qualche Hz, limitando l'analisi alla quarta armonica. Di conseguenza si hanno a disposizione 12 files per un totale di 90000 punti.

Le acquisizioni sono state sospese nel momento in cui l'edificio ha subito irreversibili danni.

I risultati ottenuti possono essere condensati in una serie di tabelle riportanti i valori in funzione delle tre frequenze più elevate, ritenute più significative dell'esperienza condotta.

**Tab 4.1: Valori sul modello senza rinforzo**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Massimo (g)	0.098	0.172	0.053	0.070	0.196	0.140	0.061	0.051
Distorsione (%)	23.70	12.42	30.04	58.16	13.34	23.53	40.27	30.57
Ampiezza 1 (g)	0.102	0.165	0.039	0.055	0.169	0.101	0.049	0.039
Frequenza 1 (Hz)	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90
Fase 1 (°)	180.1	180.1	180.1	180.1	0	0	0	0
Ampiezza 2 (g)	0.010	0.016	0.004	0.022	0.017	0.010	0.008	0.004
Frequenza 2 (Hz)	7.79	7.79	7.81	7.81	7.79	7.81	7.79	7.79
Fase 2 (°)	205.7	202.4	203.2	208.6	25.6	23.0	39.7	22.5
Ampiezza 3 (g)	0.003	0.005	0.003	0.001	0.006	0.003	0.002	0.002
Frequenza 3 (Hz)	11.68	11.68	11.71	11.72	11.68	11.68	11.67	11.69
Fase 3 (°)	137.5	138.8	151.2	136.3	-43.7	-40.3	-63.8	-35.6

Struttura integra

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Massimo (g)	0.088	0.156	0.043	0.065	0.183	0.120	0.065	0.047
Distorsione (%)	24.33	17.61	32.49	74.78	17.20	24.22	44.83	31.24
Ampiezza 1 (g)	0.092	0.152	0.035	0.050	0.155	0.091	0.046	0.034
Frequenza 1 (Hz)	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72
Fase 1 (°)	0	0	0	0	180.1	180.1	180.1	180.1
Ampiezza 2 (g)	0.015	0.023	0.006	0.027	0.022	0.015	0.007	0.006
Frequenza 2 (Hz)	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.43	7.44
Fase 2 (°)	36.4	49.9	54.7	63.1	232.0	219.0	-58.0	215.9
Ampiezza 3 (g)	0.008	0.006	0.002	0.003	0.007	0.008	0.007	0.006
Frequenza 3 (Hz)	11.16	11.15	11.15	11.14	11.16	11.15	11.15	11.15
Fase 3 (°)	-43.0	-42.7	-66.0	220.8	121.4	139.0	84.2	153.1

Struttura in fase di prima fessurazione

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Massimo (g)	0.041	0.060	0.018	0.023	0.083	0.054	0.024	0.022
Distorsione (%)	20.14	20.74	23.53	46.73	21.27	21.31	29.75	24.08
Ampiezza 1 (g)	0.039	0.062	0.015	0.020	0.063	0.039	0.018	0.015
Frequenza 1 (Hz)	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34
Fase 1 (°)	180.1	180.1	180.1	180.1	0	0	0	0
Ampiezza 2 (g)	0.007	0.012	0.003	0.008	0.013	0.008	0.003	0.003
Frequenza 2 (Hz)	6.68	6.68	6.68	6.68	6.68	6.68	6.68	6.68
Fase 2 (°)	173.5	181.7	172.7	202.0	8.4	11.2	47.8	3.1
Ampiezza 3 (g)	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
Frequenza 3 (Hz)	9.97	10.03	9.75	10.02	10.02	9.96	9.98	9.95
Fase 3 (°)	183.3	168.7	176.5	149.2	-31.8	-19.4	-72.1	-55.2

Struttura danneggiata

Dai risultati in termini di accelerazione ottenuti dalla sperimentazione, mediante l'applicazione della FRF, si è risaliti alla valutazione degli spostamenti sui modelli fisici.

Sul modello rinforzato le acquisizioni sono state condotte forzando la struttura con quattordici frequenze differenti, spaziate fra di loro di 0.2 Hz, partendo da 2.0 Hz fino a 4.4 Hz. Sono state acquisite due serie di dati, assumendo un numero di campioni pari a 10000, una frequenza di campionamento di 1000 Hz, per una durata complessiva di 10 secondi, ed effettuando la media aritmetica, come in precedenza. I risultati sono stati memorizzati in quattordici files direttamente sotto forma di accelerazioni, spaziando i valori di ogni sensore con un carattere ASCII in una modalità del tutto analoga a quella già utilizzata. I risultati ottenuti possono essere condensati in una serie di tabelle riportanti i valori in funzione delle tre frequenze più elevate.

Anche in questo caso dai risultati in termini di accelerazione ottenuti dalla sperimentazione si è risaliti alla valutazione degli spostamenti sui modelli fisici.

Dall'analisi comparativa dei dati ottenuti sui due modelli si è riscontrato un decremento dei valori degli spostamenti sulla struttura fibrorinforzata nonché una regolarizzazione del comportamento strutturale.

Il confronto tra i dati numerici e quelli sperimentali ha evidenziato una maggiore convergenza dei risultati sul modello rinforzato e si è con-

**Tab. 4.2: Valori sul modello con rinforzo**

	S1	S2	S3	S4
Massimo (g)	0.057	0.041	0.043	0.029
Distorsione (%)	30.67	39.99	48.44	69.66
Ampiezza 1 (g)	0.038	0.016	0.021	0.008
Frequenza 1 (Hz)	3.69	3.68	3.72	3.68
Fase 1 (°)	180.1	0	180.1	0
Ampiezza 2 (g)	0.011	0.005	0.009	0.004
Frequenza 2 (Hz)	7.42	7.36	7.43	7.35
Fase 2 (°)	158.9	-102.9	190.2	-49.5
Ampiezza 3 (g)	0.002	0.003	0.003	0.002
Frequenza 3 (Hz)	11.27	10.93	11.06	10.95
Fase 3 (°)	210.1	38.1	228.8	4.0

Stuttura rinforzata con FRP - 1° ciclo di carico

	S1	S2	S3	S4
Massimo (g)	0.056	0.036	0.049	0.034
Distorsione (%)	77.35	33.34	15.70	34.68
Ampiezza 1 (g)	0.023	0.008	0.012	0.008
Frequenza 1 (Hz)	3.33	5.21	6.67	5.19
Fase 1 (°)	180.1	180.1	0	180.1
Ampiezza 2 (g)	0.017	0.002	0.002	0.003
Frequenza 2 (Hz)	6.67	10.44	13.36	10.34
Fase 2 (°)	165.8	148.1	2.0	-101.7
Ampiezza 3 (g)	0.002	0.001	0.001	0.001
Frequenza 3 (Hz)	9.76	15.65	19.97	15.76
Fase 3 (°)	269.5	122.8	-9.8	-8.6

Stuttura rinforzata con FRP - 5° ciclo di carico

statato che l'applicazione degli FRP porta ad una linearizzazione della risposta strutturale dell'edificio in muratura.

Con questa tecnica di consolidamento si limitano i fenomeni di fessurazione, si conferisce al "materiale muratura" una certa resistenza a trazione e realizzando delle fasce di piano con FRP si tende a limitare la deformazione degli impalcati.

L'applicazione degli FRP ha portato in definitiva ad un innalzamento della rigidità globale: la frequenza del primo modo di vibrare è passata da 5 Hz circa della struttura non consolidata a 8 Hz circa della struttura consolidata ed a un notevole incremento del carico di prima fessurazione e di danneggiamento addirittura non raggiunti sul modello rinforzato.

Tale osservazione può essere motivo di ulteriori approfondimenti sulla variazione della duttilità globale della struttura.

#### Conclusioni

I risultati ottenuti confermano in gran parte le ipotesi utilizzate sul modello numerico. Si può quindi affermare che l'approccio al problema mediante l'utilizzo di metodi inversi risulta particolarmente efficace nell'analisi di strutture rinforzate con metodologie non convenzionali.

Su entrambi i modelli sperimentali è stato rilevato un lieve moto rotatorio in pianta che risulta fulcrato nello spigolo posteriore sinistro (direzione nord ovest) in virtù

della presenza di alcune aperture sulle pareti est e sud della struttura. I risultati della sperimentazione mettono in luce una diminuzione dell'ampiezza del segnale nella seconda fase dell'esperienza associata alla maggiore rigidità dovuta alla messa in opera delle fibre ed un cambiamento del meccanismo di rottura che è passato da un modello di tipo tagliente ad uno di tipo flessionale.

Si è inoltre osservato che l'efficacia dell'intervento risulta paragonabile a quella di un intervento di tipo tradizionale come quello degli incatenamenti, evitando forature, tracce, l'inevitabile incremento di peso della struttura e la messa fuori servizio dello stabile.

### ASSEMBLEA ANNUALE DELL'ASSOCIAZIONE INGEGNERI

L'assemblea annuale dell'Associazione Ingegneri si terrà nella seconda quindicina del mese di gennaio o nel mese di febbraio 2006. L'Avviso di convocazione contenente luogo, data, ora ed ordine del giorno sarà affisso nella bacheca dell'associazione presso l'Ordine degli Ingegneri di Napoli e inserito nei siti Web dell'associazione ([www.associazioneingegneri.it](http://www.associazioneingegneri.it)) e dell'Ordine ([www.ordineingegnerinapoli.it](http://www.ordineingegnerinapoli.it)) con almeno 15 giorni di anticipo.

### BIBLIOTECA DELL'ORDINE

La Biblioteca dell'Ordine si è arricchita del nuovo testo "Materiali e tecniche per il Recupero Edilizio" curato da CITTAM (Centro Interdipartimentale di Ricerca per lo Studio delle Tecniche Tradizionali dell'Area Mediterranea) del Polo delle Scienze e delle Tecnologie dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II". Il volume raccoglie le lezioni ed i seminari tenuti al Master Universitario di Primo Livello "Materiali e tecniche per il Recupero Edilizio in Area Mediterranea" dell'anno accademico 2004-2005. Il testo può essere consultato negli orari di apertura al pubblico della Biblioteca.



# Rischio incendi ed esplosioni negli insediamenti industriali

DI MARCO SALVI

*Ingegnere*

*Relatore*

*Prof. Ing. Roberto Macchiaroli*

Una "Atmosfera Esplosiva" è un'atmosfera che potrebbe causare una esplosione per via delle condizioni locali e/o operative. Si tratta di una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapori, nebbie o polveri, in cui, dopo l'infiammazione, la combustione si propaga all'insieme della miscela non bruciata.

Perché avvenga un'esplosione, devono coesistere un'atmosfera esplosiva ed una sorgente d'innesco. Le misure di prevenzione e protezione hanno lo scopo di ridurre ad un livello accettabile la probabilità che un impianto elettrico possa diventare una sorgente di innesco. Con un accorto progetto dell'impianto elettrico è spesso possibile installare molti componenti elettrici in zone meno pericolose o in luoghi non pericolosi.

Quando si devono installare costruzioni elettriche in luoghi dove possono essere presenti nell'atmosfera quantità e concentrazioni pericolose di gas, vapori, nebbie, fibre o polveri infiammabili, vengono prese misure di protezione per ridurre la possibilità che avvenga una esplosione innescata da archi elettrici, scintille o superfici calde, prodotti in funzionamento normale o anche in occasione di specifici guasti.

Gli incidenti legati alle esplosioni dovute alla creazione di atmosfere esplosive, hanno sempre rappresentato un problema di grande rilievo per la comunità internazionale. Per tale motivo, nei luoghi dove possono essere presenti quantità e concentrazioni pericolose di gas o vapori infiammabili, devono essere adottate misure di prevenzione per ridurre il rischio di esplosioni.

Si pensi ai problemi legati alle attività dei mulini, nei quali le pol-

veri di farina, che saturavano gli ambienti, generavano delle atmosfere potenzialmente esplosive con dei grossi rischi di scoppio e quindi pericoli per l'incolumità dei lavoratori e rischio di gravi perdite economiche.

Allo stesso modo si pensi alle condizioni che si venivano a creare nelle miniere, soprattutto quelle che potenzialmente potevano emettere grisou, che presentavano disagi ancora più evidenti data la scarsa possibilità di ventilazione e la rilevanza dell'incidente che, a parte gli scenari catastrofici, causava, e purtroppo causa tutt'oggi, numerose vittime.

Risulta evidente come il progresso e le conquiste tecnologiche abbiano influenzato notevolmente questo problema. L'automazione e quindi l'introduzione degli apparecchi elettrici e, più in generale, l'installazione e l'utilizzazione degli impianti elettrici hanno acuito questo problema portando delle cause d'innesco all'interno di questi ambienti.

In queste considerazioni, si aggiunga che le nuove scoperte e le nuove attività industriali hanno introdotto nuovi prodotti, spesso più instabili e quindi più esposti ai rischi in esame, e nuove lavorazioni industriali, che essendo sempre più estreme introducono nuovi fattori di rischio, vanno a collocarsi in una fascia di alto rischio per il problema in esame.

In questo quadro si inseriscono le aziende petrolchimiche, soprattutto quelle che si occupano della raffinazione del petrolio, e quelle chimiche.

Appare chiaro che la mancanza di una linea unitaria per la definizione delle caratteristiche degli impianti elettrici, rendeva queste attività ancora più pericolose, essendo

**Tab. 1 - Classificazione delle sostanze pericolose in base al tipo di fuoco o incendio**

CLASSE	NATURA DEL FUOCO	ESEMPI DI MATERIALI COINVOLTI
A	Fuochi di materie solide, generalmente di natura organica, la cui combustione normalmente avviene con produzione di braci.	Carta, legna, stoffa, rifiuti, paglia, pelli, fuliggine, materie plastiche, ecc.
B	Fuochi di liquidi o di solidi che si possono liquefare.	Nafta, benzina, alcool, vernici, oli, grassi, ecc.
C	Fuochi di gas infiammabili.	Metano, cloro, acetilene, propano, idrogeno, etilene, ecc.
D	Fuochi di metalli.	Magnesio, potassio, fosforo, sodio, ecc.
E	Fuochi da apparecchiature elettriche in tensione.	Quadri elettrici, condutture elettriche, macchine elettriche, ecc.

l'impianto elettrico un potenziale innesco della miscela esplosiva.

Per tale ragione, negli anni 70, sono state concepite in seno alla comunità internazionale, di concerto con gli enti normatori e tecnici di maggiore importanza, una serie di direttive volte a prescrivere i comportamenti più opportuni da tenere nella realizzazione degli im-

pianti elettrici nei luoghi con atmosfera potenzialmente esplosiva. Negli ultimi anni, di pari passo con il progresso delle scienze, si è reso necessario un aggiornamento delle direttive per tenere conto di tale evoluzione.

Bisogna anche dire che il progresso ha investito notevolmente anche le tecnologie impiantistiche,

per cui si è avuto un aumento della sicurezza intrinseca degli apparati elettrici che ha reso opportuno prescrivere il loro utilizzo nelle installazioni di nuova concezione.

A tutto questo, si aggiunga un sempre crescente bisogno di sicurezza, sia da parte dei lavoratori che dei datori di lavoro e il quadro della necessità di rendere le direttive più complete sarà chiaro.

A livello europeo, in tema di direttive, è stata introdotta la 94/9/CE che abroga tutte le direttive precedenti e sarà obbligatoria a partire dal 1° luglio 2003.

La direttiva, nota anche come direttiva ATEX, oltre a definire le linee guida per la costruzione, la posa in opera e l'utilizzo degli impianti elettrici in ambienti con atmosfera potenzialmente esplosiva, si occupa di definire gli obblighi e le responsabilità del fabbricante o del mandatario o dell'importatore o di qualsiasi altra persona responsabile delle apparecchiature installate.

Parallelamente alle direttive europee, a livello comunitario e a livello nazionale sono state sviluppate dagli enti normatori accreditati, IEC, CENELEC e CEI, una serie di norme tecniche che hanno tradotto le disposizioni legali in disposizioni pratiche.

In Italia, la massima autorità normatrice in tema di elettricità ed impianti elettrici è il CEI, che ha formato un comitato tecnico, il CT 31 relativo ai "Materiali antideflagranti" e il sotto-comitato SC 31J relativo agli "Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione o incendio", il quale ha elaborato, sulle indicazioni della direttiva, le norme CEI 31 - 30, 31 - 33, 31 - 35 e 31 - 35/A, alle quali si fa riferimento per la classificazione delle aree pericolose e per le installazioni elettriche in ambiente con atmosfera potenzialmente esplosiva.

Non basta però attenersi a queste norme, bisogna anche mantenere inalterato il modo di funzionare degli impianti, prevedendo un opportuno programma di manutenzione e verifica periodica.

**Tab. 2 - Industria petrolchimica - Classificazione degli oli minerali e dei residui delle miscele carburanti**

CATEGORIA	PUNTO DI INFIAMMABILITÀ (p.i.)	MATERIALI
A	$p.i. \leq 21 \text{ }^\circ\text{C}$	<i>Liquidi i cui vapori possono dare luogo a scoppio</i> Petroli greggio, virgin nafta, benzine, benzolo, etere di petrolio, etere solforico, miscele carburanti
B	$21 \text{ }^\circ\text{C} \leq p.i. \leq 65 \text{ }^\circ\text{C}$	<i>Liquidi infiammabili</i> Petrolio raffinato, acqua ragia minerale, alcool etilico, alcool metilico e cherosene
C	$p.i. > 65 \text{ }^\circ\text{C}$	<i>Liquidi combustibili</i> Gasolio per riscaldamento, olio combustibile, oli minerali lubrificanti, oli minerali bianchi, residui della distillazione, vaselina, paraffina, bitume del petrolio, coke di petrolio

Fig. 1 - Stoccaggio di materiale polverulento  
Minima energia di ignizione di polveri di prodotti vari


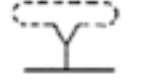


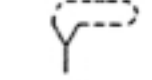


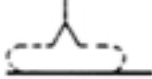
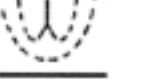

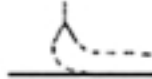
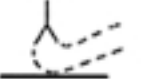

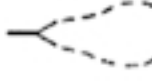
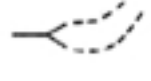
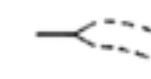

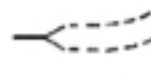
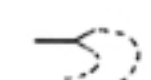

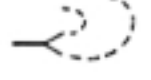
Polvere	Concentrazione (g/l)	Minima energia di ignizione (mJ)
Alluminio atomizzato	0.045	50
Ferro	0.105	20
Cellulosa acetata	0.035	20
Magnesio	0.030	40
Nylon	0.030	20
Polietilene	0.020	10
Polistirene	0.020	15
Torio (cont. 1.2% O <sub>2</sub> )	0.075	5
Zolfo	0.035	30
Amido di patate	0.045	25
Urea formaldeide	0.020	34
Titanio	0.045	25
Farina di legno	0.050	20
Cannella	0.060	30
Sughero	0.035	35
Cereali	0.055	30

All'atto dell'installazione degli impianti, deve essere rilasciato dall'installatore un certificato di conformità. Inizialmente questo avveniva in virtù della 46/90, poi a questo si è aggiunto il D.P.R. 462/2001, che regola tutte le certificazioni che devono essere rilasciate dopo l'installazione.

A questo punto, lo stato generale del problema è stato inquadrato ed è evidente come la situazione si presenti in maniera abbastanza complessa date le innumerevoli complicazioni che possono intervenire nell'installazione degli impianti, nelle lavorazioni di cui si occupano le industrie e nelle varie certificazioni che installatori e titolari d'azienda devono rilasciare.

Inizialmente, in questo lavoro di tesi viene presentata una descrizione del rischio incendio ed esplosione con particolare riferimento ai pericoli che può generare l'impianto elettrico. In seconda battuta, tali

Fig. 2 - Esempi di dispersione di gas o vapori nell'aria, dalla guida CEI 31 - 35

CASI CONSIDERATI	Direzione del Vento	Gas pesanti densità > 1,2	Gas intermedi densità 0,8 + 1,2	Gas leggeri densità < 0,8
(a) Emissione verso l'alto, assenza di vento;	○			
(b) Emissione verso l'alto, presenza di vento;	→			
(c) Emissione verso il basso, assenza di vento;	○			
(d) Emissione verso il basso, presenza di vento;	→			
(e) Emissione orizzontale, assenza di vento	○			
(f) Emissione orizzontale, presenza di vento nella direzione dell'emissione	→			
(g) Emissione orizzontale, presenza di vento nella direzione opposta all'emissione.	←			

rischi sono caratterizzati per i vari settori industriali, dei quali sono messe in luce le principali carenze. Successivamente, dopo aver fornito un quadro esaustivo delle direttive europee, con particolare attenzione alle specifiche tecniche della direttiva ATEX, e dei riferimenti normativi comunitari e nazionali, ho ritenuto opportuno proporre gli obiet-

tivi e le procedure per effettuare un Classificazione delle Aree Pericolose (CL.A.P.) e per valutare opportunamente le portate delle emissioni pericolose e la loro influenza sull'estensione delle zone AD. In ultima analisi sono state presentate le linee guida per la scelta degli impianti elettrici e delle apparecchiature da installare negli ambienti

classificati come pericolosi dalla CL.A.P. In questo mio lavoro di tesi ho provato a rendere più chiara la situazione normativa nazionale ed europea ed a dare un quadro più specifico sull'approccio alla classificazione delle aree pericolose e alla scelta degli impianti elettrici negli ambienti con atmosfere potenzialmente esplosive.

# Termovalorizzazione dei rifiuti: le torce al plasma

DI MICHELE IRMICI  
*Ingegnere*

L'attuale normativa sui rifiuti (D.Lgs 5.2.97, n.22 e successivi decreti attuativi) ha sicuramente favorito il passaggio dal concetto di inceneritori alla termovalorizzazione, ovvero a tecniche di smaltimento mirate non solo alla drastica riduzione del volume di rifiuti da conferire in discarica, ma, soprattutto a realizzare un recupero energetico.

Incenerimento o termovalorizzazione da un punto di vista fisico non differiscono, poiché hanno entrambi alla base un processo di combustione.

Con il recupero energetico, i rifiuti solidi urbani (RSU), oltre ad acquisire un valore aggiunto notevole, possono essere catalogati come fonti di energia rinnovabile.

I vantaggi principali della termovalorizzazione sono essenzialmente di seguito elencati:

- i rifiuti pericolosi possono essere trasformati in non pericolosi grazie al processo di ossidazione;
- l'incenerimento produce effluenti gassosi ad alta temperatura ed elevata entalpia utilizzabili nella generazione di energia;
- l'incenerimento, riducendo il volume di rifiuti, alleggerisce il problema della sempre più ridotta disponibilità di aree per la discarica.

Esistono diverse tecnologie di termovalorizzazione: dai forni a griglia (fissa o mobile) ai forni a letto fluido (bollente o circolante), tuttavia da alcuni anni si sta affermando una nuova tecnologia basata sulla gassificazione e vetrificazione di materiali organici ed inorganici costituenti i rifiuti: la Torcia al plasma.

Questa tecnologia è nata nell'industria aerospaziale americana, ed in questo caso direttamente da ricerche della NASA, per rispondere

alle esigenze di sviluppo di materiali in grado di resistere alle altissime temperature generate dall'attrito dell'aria durante il rientro di capsule spaziali nell'atmosfera terrestre.

Da allora le torce al plasma hanno avuto un grande sviluppo nell'industria e numerosissime sono oggi le applicazioni in campo metallurgico e siderurgico, in quello delle lavorazioni meccaniche ed in quello ecologico: dallo smaltimento degli RSU a quello dei rifiuti pericolosi.

Il plasma generato dalle torce consiste in un gas ionizzato ad altissima temperatura, (da 7000 a 13000 °C a seconda del tipo di torcia utilizzato) ed ha la caratteristica di apportare una grande densità di energia con massa molto ridotta costituita dal flusso di gas (aria nel caso di applicazione su rifiuti) che ha la funzione di veicolare l'energia dell'arco elettrico all'esterno della torcia. Sottoponendo elementi organici ed inorganici all'azione della torcia, date le elevate temperature e l'elevato trasferimento di energia, le molecole organiche si decompongono, mentre i materiali inorganici vengono fusi.

Solitamente si utilizza una scarica elettrica tra due elettrodi in presenza di un gas di processo creando un arco in grado di provocare la ionizzazione del gas.

Immettendo vapore (aria arricchita di ossigeno) si genera un gas di sintesi con composizione simile al gas d'acqua.

L'applicazione della Torcia al Plasma ai rifiuti permette di generare una zona di reazione dove la temperatura è compresa tra i 3000 ed i 4000 °C. In tale zona i rifiuti organici si decompongono: il carbonio è libero di reagire con l'ossi-

geno immesso direttamente nella zona di reazione formando un gas di sintesi essenzialmente composto da CO ed idrogeno molecolare.

Il processo non presenta le condizioni fisico-chimiche necessarie per la formazione di composti tossici possibili negli altri processi di combustione. L'aria immessa infatti è pari al 2% di quella stechiometrica e quella contenuta nei rifiuti è minimizzata sottoponendo i rifiuti a processi di compattazione.

I produttori di questi sistemi sostengono che non si hanno emissioni di gas tossici quali diossine, furani e SVOCS; non si hanno scorie e ceneri di fondo contenenti materiali incombusti e metalli pesanti; non si hanno ceneri volatili contenenti metalli pesanti (cadmio, mercurio, piombo, ecc...). Il trattamento delle sostanze pericolose mediante plasma consente una loro reale eliminazione e non un semplice trasferimento dalla fase solida alla fase gas.

I prodotti generati dal processo sono due:

- Gas di sintesi, generato dalla frazione organica del rifiuto, che, previo raffreddamento e depurazione da particolato e piccole quantità di inquinanti, viene utilizzato nella sezione recupero energetico per ottenere energia elettrica;

Materiale tipo lavico: gli elementi inorganici vengono fusi e trasformati in una lava di tipo vulcanico (mediante vetrificazione), un basalto inerte e non tossico, a bassissima lisciviabilità, nella cui matrice vetrosa sono inglobati e totalmente inertizzati i metalli pesanti. Il basalto ottenuto può essere utilizzato come materiale da costruzione.

La tecnologia al plasma presenta, secondo i produttori, i seguenti vantaggi:

- L'elevata densità di energia, le alte temperature associate al plasma ed i conseguenti brevi tempi di reazione consentono di trattare

grandi quantità di materiale in reattori di piccole dimensioni;

- i rifiuti non debbono essere pretrattati (escludendo triturazione e compattazione);
- consente il trattamento contemporaneo di qualsiasi tipo di rifiuto (RSU, assimilabili agli urbani, CDR, industriali, speciali, ospedalieri, pericolosi, ecc...);
- non produce ceneri, scorie e polveri da depositare in discarica;
- garantisce la totale distruzione di diossine, furani ed altri composti organici;
- assicura emissioni notevolmente inferiori alle più restrittive norme europee;
- le sostanze inorganiche dei rifiuti, vetrificate, possono essere riutilizzate come materiale da costruzione;
- consente la realizzazione di impianti flessibili e modulabili;
- è un processo economico: paragonato ad un impianto di incenerimento anche di ultima generazione, l'investimento ed i costi di esercizio di un impianto con Torcia al plasma (a parità di prestazioni in termini di energia netta) sono inferiori in misura variabile tra il 20 ed il 40 % in funzione della capacità di trattamento;

\*\*\*

A quanto sopra descritto ritengo opportune alcune considerazioni:

- La possibilità di trattare insieme rifiuti di vario tipo come industriali, ospedalieri, urbani, ecc..., genera alcune perplessità. Ogni tipologia di rifiuto ha caratteristiche diverse in funzione del processo produttivo da cui deriva (rifiuti industriali) e delle componenti merceologiche in esso contenute (rifiuti urbani) e sembra semplicistico affermare che un'unica tecnologia sia in grado di trattare indifferentemente sostanze così diverse, quasi una sorta di panacea. Un'applicazione del plasma a singole tipologie di rifiuti sembrerebbe più appropriata.
- L'affermazione della totale distruzione di diossine, furani (PCDD e PCDF) ed altri composti organici

è di sicuro effetto, ma desta alcuni dubbi. In realtà le elevate temperature tendono a distruggere questi composti, ma non penso si possa escludere il loro riformarsi o il formarsi di inquinanti "ex novo" quando il gas di sintesi viene raffreddato da 1600°C a circa 400°C. Si è visto, infatti, che il gas combustibile, prima del recupero energetico deve essere depurato, è dunque possibile che contenga alcuni inquinanti. Le emissioni dell'impianto di termovalorizzazione in atmosfera sarebbero quindi legate al sistema di depurazione del gas. Non esistono però processi con resa del 100% pertanto se le sostanze pericolose quali diossine e furani sono presenti a monte del sistema di purificazione del gas, in minima parte saranno presenti anche a valle. Da qui l'impossibilità di avere emissioni zero di tali sostanze. D'altra parte ad oggi gli unici dati su impianti esistenti e funzionanti sono quelli forniti dalle ditte produttrici senza alcun contraddittorio.

- Un quesito nasce proprio sul sistema di purificazione del gas di sintesi. Ogni impianto di trattamento genera dei sottoprodotti. Come mai in questo caso non si fa menzione di ciò e ci si limita ad asserire che è tutto reinserito nel processo?
- Se questa tecnologia presenta tutti i vantaggi sopra descritti, come mai, essendo nota da diversi anni ed essendoci aziende in grado di commercializzarla, non ha diffusione in Italia? Sembrerebbe un controsenso visto il volume di affari in gioco.

Per concludere la tecnologia presentata è interessante e potrebbe rappresentare una reale soluzione all'oneroso problema dello smaltimento dei rifiuti, ma dal modo in cui viene presentata sembrerebbe fornire la risposta ad uno spettro di problematiche un po' troppo ampio, per cui sarebbe utile approfondirne gli effettivi limiti di applicabilità.

## Bibliografia

- EPA/540/A5-9/007, Retech Inc., Plasma Centrifugal Furnace "Applications Analysis Report", giugno 1992.
- EPA, Office of Solid Waste "Potential applicability of assembled chemical weapons assessment technologies to RCRA waste streams and contaminated media", EPA 542-R-00-004, agosto 2000, p.2-30 e seguenti.
- G. Andreottola, R. Dal Maschio, S. Moser, M. Ragazzi "Vetrificazione di ceneri da incenerimento: una sperimentazione" in Rifiuti Solidi, XII n. 1, gennaio-febbraio 1999, pp. 2 - 8.
- Gruppo Sorain Cecchini, Gruppo Celtica "Applicazione della tecnologia al plasma per la produzione di energia dai rifiuti. Realizzazione impianto dimostrativo", Atti del Convegno Ricicla 2000, pp. 278- 283, Maggioli Editore.
- Prof. Giuliano Cammarata "Termovalorizzazione dei rifiuti solidi", in Rifiuti Solidi, XVI, n. 3, maggio-giugno 2002, p. 153.
- A. Corti, L. Lombardi, "Ipotesi di recupero energetico da rifiuti mediante processo al plasma", Rifiuti Solidi, vol XVI n. 3, maggio-giugno 2002, pp. 179-185.
- J. Wagner, EPA Office of Solid Waste, "New and Innovative Technologies for Mixed Waste Treatment", agosto 1997, p. 40-42.
- USPlasma, "Plasma Gasification of Waste. An applications note", 2000.
- L. Spinosa "Lo smaltimento dei rifiuti con tecniche di recupero energetico", Acqua-Aria, gennaio 2000.

## TEMPESTA SULLE ELEZIONI DEL CONSIGLIO NAZIONALE

Tempesta sulle elezioni del Consiglio Nazionale

Le elezioni per il Consiglio Nazionale degli Ingegneri hanno registrato situazioni che, nel loro complesso, non fanno certamente onore alla categoria.

Il presidente dell'Ordine di Napoli, ing. Luigi Vinci, si era reso promotore di una pregevole iniziativa, invitando i diversi raggruppamenti in lizza a raggiungere un accordo all'insegna di quel rispetto reciproco che deve essere alla base del rapporto tra i maggiori rappresentanti di una categoria chiamata a grandi impegni nel prossimo futuro. La situazione del precedente consiglio, con grandi conflittualità che ne hanno condizionato l'efficienza, induceva a ritenere preminente un impegno di buoni rapporti tra i nuovi eletti.

La cosa sembrava fatta, fino a qualche giorno prima del fatidico 15 novembre, data delle votazioni da parte dei consigli degli ordini provinciali.

Ma alla fine sono venuti a galla i "furbi", che fingendo disponibilità all'accordo avevano potuto meglio curare la propria campagna elettorale.

Particolare rilievo ha avuto il comportamento dell'Ordine di Roma, che ha chiamato a votare un nuovo consiglio provinciale ancora non correttamente insediato, estromettendo alcuni consiglieri che chiaramente non erano d'accordo con la presidenza uscente. Ed è stato proprio il comportamento dell'Ordine di Roma che potrebbe aver condizionato i risultati (al momento della stampa non ancora noti), per cui si registrano almeno due diversi ricorsi al TAR del Lazio (uno da parte di sei consiglieri in carica al 15 novembre, ma estromessi dalle votazioni ed un secondo da parte di candidati che temono di essere danneggiati dal comportamento di Roma).

Alcuni candidati, tra cui il candidato proposto dall'Ordine di Napoli, hanno rivolto una dettagliata istanza al Ministero della Giustizia, sottolineando le situazioni registrate e chiedendo al Ministro di esercitare il suo diritto-dovere di vigilanza sugli ordini.

Risultano avviate allo Stesso Ministro specifiche interrogazioni parlamentari in merito.

Riportiamo di seguito il testo di questa istanza, che offre un quadro chiaro di quello che è successo:

AL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA

Roma, 26 novembre 2005

Preg.mo Dott. Francesco Mele- Direttore Generale  
Direzione Generale della Giustizia Civile  
Dipartimento per gli Affari di Giustizia  
Sede

p.c. Ec.mo Sottosegretario di Stato  
Sen. Pasquale Giuliano  
Sede

**Oggetto: Elezioni del Consiglio Nazionale Ingegneri - Esposto**

Con la presente, si intende portare a conoscenza di codesta Amministrazione, quale autorità vigilante ex art. 57 del regio decreto 23 ottobre 1925, n. 2537, la sussistenza di gravi irregolarità nelle elezioni del Consiglio Nazionale degli Ingegneri, tenutesi in data 15 novembre 2005; irregolarità che – per la loro rilevanza – potrebbero essere idonee a invalidare i risultati delle votazioni, con pregiudizio delle aspettative degli esponenti e dell'interesse dell'intera categoria.

### Premessa

Come è noto, il 15 novembre 2005 si sono svolte le elezioni per il rinnovo del Consiglio Nazionale degli Ingegneri (nel prosieguo CNI) ai sensi e per gli effetti del decreto del Presidente della Repubblica 8 luglio 2005, n. 169 (nel prosieguo regolamento).

Tali elezioni sono state precedute da quelle per il rinnovo degli Ordini provinciali.

Ai sensi dell'art. 4, comma 1, della legge 17 agosto 2005, n. 168, le elezioni provinciali avrebbero dovuto essere indette per i soli Consigli il cui "mandato non abbia più lunga durata" rispetto alla data del 15 settembre 2005.

Ai sensi dell'art. 5, comma 4, del regolamento agli Ordini spettano un numero proporzionale di voti in ragione del numero di iscritti all'albo secondo quanto previsto dalla tabella di cui all'allegato n. 2 al regolamento medesimo.

Tali voti devono essere espressi in data 15 novembre 2005 dai Consigli in carica.

### Fatto

In spregio a quanto previsto dall'art. 4, comma 1, della legge 168/2005, in data 15 settembre 2005 l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, ha indetto le elezioni provinciali per il rinnovo del Consiglio ben prima



della sua scadenza naturale fissata per il 31 gennaio 2006 (allegato 1).

Difformemente da quanto espressamente indicato nella nota del 22 settembre 2005 da codesta Amministrazione (allegato 2), i candidati che sono risultati eletti a seguito delle operazioni di voto si sono insediati in data 23 ottobre 2005 ben prima della naturale scadenza del 31 gennaio 2006 (allegato 3).

Pertanto alle elezioni per il CNI, fissate per il 15 novembre, l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma ha partecipato nella composizione illegittimamente insediata il 23 ottobre 2005.

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma dispone di 61 voti e ha esercitato le preferenze a favore dei candidati nella lista denominata Lista di Rinnovo (allegato 4).

Le elezioni di CNI si espongono a vizi di illegittimità ove i voti espressi dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma risultino determinanti ai fini del computo delle preferenze individuali.

In costanza di tali gravità lo scrivente

Candidato alle elezioni per il rinnovo di CNI, diffida codesta Amministrazione dal voler computare nel calcolo delle preferenze individuali i voti esercitati dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma in quanto espressi da un Consiglio illegittimamente insediato per i seguenti

#### MOTIVI

##### 1) Violazione e falsa applicazione dell'art. 4, comma 1, della legge n. 168/2005.

1.a) Come in narrazione, le elezioni per il rinnovo del Consiglio dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma sono state illegittimamente indette in quanto lo stesso, avendo la propria scadenza naturale in data 31 gennaio 2006, era stato espressamente esentato dalla legge che escludeva dall'obbligo di elezione i Consigli il cui "mandato non abbia più lunga durata" rispetto alla data del 15 settembre 2005.

Vero è che l'indizione delle elezioni non è un atto discrezionale, ma vincolato per cui nessuna autonomia sul punto poteva essere riconosciuta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma che, pertanto, ha assunto un atto in violazione della legge, come tale idoneo a invalidare l'intera procedura elettorale.

1.b) Né vale sostenere che poiché ai sensi dell'art. 3, comma 1, del regolamento l'elezione deve essere indetta almeno cinquanta giorni prima della sua scadenza la disposizione facoltizza il Consiglio a determinarsi ad nutum.

Come dimostrano i lavori istruttori, la disposizione mira ad evitare che, nelle more del compimento delle operazioni elettorali, si venga a determinare una vacatio nel governo dell'ente e quindi una proroga di fatto del Consiglio scaduto.

Al contempo, vero è che la tempistica sull'indizione delle elezioni tutela l'affidamento degli iscritti/elettori ed assicura il corretto svolgimento delle stesse. Ove si dovesse riconoscere la assoluta discrezionalità del Consiglio nella indizione delle elezioni, l'incertezza sul quando impedirebbe l'effettivo esercizio dei diritti connessi all'elettorale attivo e passivo degli iscritti, non potendo questi ultimi contare su tempi certi per organizzare le candidature e la campagna elettorale.

In questo quadro, l'autonomia dell'ente non può che trovare il suo indice nei principi dell'ordinamento amministrativo, per cui la previsione legislativa che vuole che le elezioni debbano essere indette "almeno" cinquanta giorni prima della naturale scadenza del Consiglio impone a quest'ultimo di dare atto delle ragioni di fatto e di diritto che giustificano la relativa opzione al fine di consentirne l'apprezzamento, se del caso, anche ai fini di giustizia.

Nulla di ciò è accaduto per quanto concerne le elezioni dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma!

1.c) A ciò si aggiunga che, anche nella denegata ipotesi in cui si dovesse riconoscere una tale discrezionalità all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, l'insediamento degli eletti prima del 31 gennaio 2006 rappresenta una palese e incontrovertibile violazione della lettera e della ratio della legge n. 168/2005 che salvaguardava la naturale scadenza dei Consigli in carica.

D'altra parte, in tal senso si è espressa anche codesta Amministrazione nella sua nota del 22 settembre 2005 che ha riconosciuto che "nella specie è pacifico che il Consiglio dell'ordine in questione scade il 3/1/2006"

##### 2) Violazione e falsa applicazione dell'art. 3, comma 1, dpr. N. 169/2005; dell'art. 28, comma 3, del r.d. n. 2537/1925

2.a) Dal verbale dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma del 15 settembre 2005 (allegato 6) – con cui sono state indette le avversate elezioni – emerge a tutta evidenza come la relativa delibera sia stata assunta in spregio alla legge.

Valga qui ricordare che:

a) nessuno dei Consiglieri dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma era dimissionario.

- b) Nessun punto dell'ordine del giorno prevedeva espressamente l'indizione delle elezioni
- c) Il punto 4 dell'odg si limitava a stabilire "legge 168/2005; decisioni, deliberazioni";
- d) Alla seduta del Consiglio non erano presenti tutti i Consiglieri in carica;
- e) La discussione relativa al punto 4 dell'o.d.g. – esaminata "su richiesta del Presidente, concordi tutti i presenti, per prim(a)" – avevano portato il Consiglio:
  - e.1) a "conferire l'incarico allo studio legale Lepore per la predisposizione di un parere pro-veritate, in relazione alla recente normativa elettorale e di redigere la procedura elettorale conforme allo stesso parere";
  - e.2) a "delegare il Presidente agli adempimenti previsti dalla normativa vigente, secondo le indicazioni che proverranno dal parere legale in questione"
- f) con tali determinazioni il Consiglio aveva chiuso la trattazione del punto 4 dell'o.d.g. e aveva condotto la discussione al punto 3 dell'o.d.g.
- g) solo dopo aver chiuso la trattazione del punto 3 – e dopo che, tra l'altro, si erano assentati i Consiglieri Barisi, Petroselli e Capobianco – "il Presidente, riportandosi al punto n. 4 dell'o.d.g." aveva proposto l'indizione delle elezioni, che era stata approvata dai Consiglieri superstiti.

La gravità di quanto accaduto non richiederebbe ulteriori commenti!

Tuttavia non si può far a meno di osservare che le elezioni per il rinnovo del Consiglio dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma sono state indette:

- a) senza essere previste come obbligo di legge;
- b) senza essere state espressamente contemplate all'o.d.g.;
- c) nell'ambito di una seduta alla quale non sono intervenuti tutti i Consiglieri in carica;
- d) dopo che la discussione del punto 4 dell'o.d.g., che aveva ad oggetto la relativa normativa, si era conclusa con la decisione di acquisire un parere legale sull'interpretazione della legge;
- e) ritornando a trattare il tema quando si era già passato alla trattazione di un distinto punto all'o.d.g. e con l'assenza di ben tre Consiglieri che avevano partecipato alla trattazione del punto 4.

L'indizione delle elezioni da parte dei Consiglieri dell'Ordine presenti è stata assunta in violazione dell'intera normativa su procedimento amministrativo e sul funzionamento degli Ordini.

E' evidente che, dopo aver concluso la trattazione del punto 4 dell'o.d.g., la sua riproposizione avrebbe richiesto la presenza e la disponibilità di tutti i Consiglieri in carica, viepiù se si considera che la proposta di indire le elezioni non era contemplata espressamente all'o.d.g. del Consiglio e non era previsto come un obbligo di legge.

Tanto premesso lo scrivente

#### CHIEDE E DIFFIDA

codesta Amministrazione, chiamata alla sua responsabilità di autorità vigilante ai sensi dell'art. 57 del sopracitato r.d. n. 2537/1925, affinché:

- non tenga conto del calcolo delle preferenze individuali per le elezioni del Consiglio Nazionale degli Ingegneri dei voti espressi dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma;
- disponga il commissariamento dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma;
- ordini al Commissario l'indizione di nuove elezioni provinciali ovvero il reintegro nelle funzioni dei Consiglieri illegittimamente destituiti;
- valuti la rilevanza penale dei fatti esposti;
- valuti la rilevanza dei fatti esposti ai fini dell'apertura di un procedimento disciplinare.

Il presente esposto è noviziato anche ai sensi e per effetti dell'art. 2, comma 1, della legge 7 agosto 1990, n. 241.

**PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI  
DIPARTIMENTO PER L'INNOVAZIONE E LE TECNOLOGIE  
DECRETO 2 novembre 2005**

Regole tecniche per la formazione, la trasmissione e la validazione, anche temporale, della posta elettronica certificata.

*Gazzetta Ufficiale n. 266 del 15 novembre 2005*

**MINISTERO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE  
DECRETO 26 ottobre 2005**

Miglioramento della sicurezza degli impianti di ascensore installati negli edifici civili precedentemente alla data di entrata in vigore della direttiva 95/16/CE.

*Gazzetta Ufficiale n. 265 del 14 novembre 2005*

**MINISTERO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE  
DECRETO 29 settembre 2005**

Termini, criteri e modalità di effettuazione del bando tematico per l'agevolazione di programmi di sviluppo pre-competitivo finalizzati alla realizzazione di prodotti e processi innovativi compresi in aree tecnologiche prioritarie, ai sensi dell'articolo 11 della direttiva del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato 16 gennaio 2001, recante le direttive per la concessione delle agevolazioni del Fondo speciale rotativo per l'innovazione tecnologica.

*Supplemento Ufficiale alla Gazzetta Ufficiale n. 259 del 7 novembre 2005*

**MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO**

**DECRETO 16 giugno 2005**

Linee guida di programmazione forestale.

*Gazzetta Ufficiale n. 255 del 2 novembre 2005*

**AGENZIA DEL TERRITORIO  
DECRETO 17 ottobre 2005**

Nuove modalità di determinazione della cauzione prevista dalla lettera a) del comma 1 dell'articolo 11 del decreto del Presidente della Repubblica 10 luglio 1991, n. 305.

*Gazzetta Ufficiale n. 246 del 21 ottobre 2005*

**MINISTERO DELLE COMUNICAZIONI  
DECRETO 4 ottobre 2005**

Modifica del decreto 28 maggio 2003, concernente: "Condizioni per il rilascio delle autorizzazioni generali per la fornitura al pubblico dell'accesso radio LAN alla rete ed ai servizi di telecomunicazioni".

*Gazzetta Ufficiale n. 245 del 20 ottobre 2005*

**COMITATO INTERMINISTERIALE  
PER LA PROGRAMMAZIONE ECONOMICA  
DELIBERAZIONE 29 luglio 2005**

Ulteriore ripartizione delle risorse per l'accelerazione del programma infrastrutture strategiche nel Mezzogiorno. (Deliberazione n. 98/2005).

*Gazzetta Ufficiale n. 245 del 20 ottobre 2005*

**ORDINANZA DEL PRESIDENTE  
DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI  
3 ottobre 2005**

Disposizioni urgenti di protezione civile in materia di norme tecniche per le costruzioni in zona sismica. (Ordinanza n. 3467).

*Gazzetta Ufficiale n. 245 del 20 ottobre 2005*

**MINISTERO DELLA GIUSTIZIA  
COMUNICATO**

Mancata conversione del decreto-legge 17 agosto 2005, n. 163, recante: "Disposizioni urgenti in materia di infrastrutture"

*Gazzetta Ufficiale n. 243 del 18 ottobre 2005*

**TESTO AGGIORNATO DEL DECRETO LEGISLATIVO  
19 agosto 2005, n. 192**

Ripubblicazione del testo del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante: "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.", corredato delle relative note.

*Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 241 del 15 ottobre 2005*

**TESTO COORDINATO DEL DECRETO-LEGGE  
19 agosto 2005, n. 194**

Ripubblicazione del testo del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 194, recante: "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale", corredato delle relative note. (Decreto legislativo pubblicato nella Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 222 del 23 settembre 2005).

*Gazzetta Ufficiale n. 239 del 13 ottobre 2005*

**MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITA' CULTURALI  
DECRETO 6 ottobre 2005**

Individuazione delle diverse tipologie di architettura rurale presenti sul territorio nazionale e definizione dei criteri tecnico-scientifici per la realizzazione degli interventi, ai sensi della legge 24 dicembre 2003, n. 378, recante disposizioni per la tutela e la valorizzazione della architettura rurale.

*Gazzetta Ufficiale n. 238 del 12 ottobre 2005*

**AUTORITA' PER L'ENERGIA ELETTRICA E IL GAS  
DELIBERAZIONE 20 settembre 2005**

Modifiche ed integrazioni al regolamento delle attività di

accertamento della sicurezza degli impianti di utenza a gas, di cui alla deliberazione 18 marzo 2004, n. 40/04. (Deliberazione n. 192/05).

*Gazzetta Ufficiale n. 234 del 7 ottobre 2005*

#### AUTORITA' PER L'ENERGIA ELETTRICA E IL GAS

##### DELIBERAZIONE 14 settembre 2005

Definizione del soggetto attuatore e delle modalità per l'erogazione delle tariffe incentivanti degli impianti fotovoltaici, in attuazione dell'articolo 9 del decreto del Ministro delle attività produttive, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 28 luglio 2005. (Deliberazione n. 188/05).

*Gazzetta Ufficiale n. 234 del 7 ottobre 2005*

#### DECRETO LEGISLATIVO

##### 19 Agosto 2005, n. 187

Ripubblicazione del testo del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 187, recante: "Attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche", corredato delle relative note.

(Decreto legislativo pubblicato nella Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 220 del 21 settembre 2005).

*Gazzetta Ufficiale n. 232 del 5 ottobre 2005*

#### MINISTERO DELL'INTERNO

##### DECRETO 15 Settembre 2005

Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi.

*Gazzetta Ufficiale n. 232 del 5 ottobre 2005*

#### MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

##### DECRETO 14 settembre 2005

Norme tecniche per le costruzioni.

*Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale  
n. 222 del 23 settembre 2005*

#### DECRETO LEGISLATIVO

##### 19 agosto 2005, n. 192

Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

*Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23 settembre 2005*

#### DECRETO LEGISLATIVO

##### 19 agosto 2005, n. 194

Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.

*Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23 settembre 2005*

#### DECRETO LEGISLATIVO

##### 17 agosto 2005, n. 189

Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 20 agosto 2002, n. 190, in materia di redazione ed approvazione dei progetti e delle varianti, nonché di risoluzione delle interferenze per le opere strategiche e di preminente interesse nazionale.

*Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale  
n. 221 del 22 settembre 2005*

#### DECRETO LEGISLATIVO

##### 19 agosto 2005, n. 187

Attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche.

*Gazzetta Ufficiale n. 220 del 21 settembre 2005*

#### MINISTERO DELL'AMBIENTE

##### E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO DECRETO 5 luglio 2005

Modalità ed importi delle garanzie finanziarie che devono essere prestate a favore dello Stato dalle imprese che effettuano le attività di bonifica dei siti.

*Gazzetta Ufficiale n. 217 del 17 settembre 2005*

**SERVIZIO INTEGRATO INFRASTRUTTURE TRASPORTI CAMPANIA MOLISE  
SETTORE INFRASTRUTTURE  
NAPOLI**

Commissione Regionale per il Rilevamento del Costo dei Materiali, dei Trasporti e dei Noli  
istituita con Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 505 del 28 gennaio 1977  
e per il rilevamento costi in applicazione dell'art. 33 Legge 28 febbraio 1986 n° 41

# **TABELLA DEI PREZZI**

*(escluso spese generali e utile dell'impresa)*

Relativa al periodo:

**MAGGIO – GIUGNO 2005**

**1° LUGLIO 2005**

Riunione del 27 – 07 – 2005

Documento riprodotto il verbale determinativo dei prezzi correnti al bimestre Maggio – Giugno 2005 e 1° Luglio 2005  
affisso nell'Albo del S.I.I.T. Campania, Molise - Settore Infrastrutture - Napoli il 29 - 07 - 2005

Prospetto dei costi orari in euro della mano d'opera per la categoria metalmeccanici settore della meccanica generale  
e per l'industria di installazione di impianti relativo ad operai dipendenti da aziende con un numero di addetti da 50 a 200  
(Riferimento alla tabella n. 23 del D.M. 11-12-1978)

Qualifiche operaie per provincia	1° Gennaio 2005 (L. 41/86) Nota	Gennaio Febbraio	Marzo Aprile	Maggio Giugno	1° Luglio 2005 (L. 41/86) Nota			
<u>Operaio 2° livello</u>								
Avellino	12,35	12,35	12,35	12,35	12,35			
Benevento	15,80	15,80	15,87*	15,87	15,87			
Caserta	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85			
Napoli	13,86	13,86	13,86	13,86	13,86			
Salerno	12,67	12,67	12,67	12,67	12,67			
<u>Operaio 3° livello</u>								
Avellino	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20			
Benevento	17,79	17,79	17,86*	17,86	17,86			
Caserta	14,87	14,87	14,87	14,87	14,87			
Napoli	14,87	14,87	14,87	14,87	14,87			
Salerno	13,59	13,59	13,59	13,59	13,59			
<u>Operaio 4° livello</u>								
Avellino	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65			
Benevento	18,51	18,51	18,59*	18,59	18,59			
Caserta	15,42	15,42	15,42	15,42	15,42			
Napoli	15,42	15,42	15,42	15,42	15,42			
Salerno	14,09	14,09	14,09	14,09	14,09			
<u>Operaio 5° livello</u>								
Avellino	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43			
Benevento	19,76	19,76	19,84*	19,84	19,84			
Caserta	16,34	16,34	16,34	16,34	16,34			
Napoli	16,35	16,35	16,35	16,35	16,35			
Salerno	14,94	14,94	14,94	14,94	14,94			

Prospetto dei costi orari in Euro noti e sindacali della mano d'opera edile convalidati dagli uffici provinciali del lavoro  
(Riferimento alle tabelle dal n. 1 al n. 22 di cui al D.M. 11-12-1978)

Qualifiche operale per provincia	1° Gennaio 2005 (L. 41/86)		1/1/2005 - 28/2/2005		1/3/2005 - 30/6/2005		1° Luglio 2005 (L. 41/86)	
	Noto	Sindacale	Noto	Sindacale	Noto	Sindacale	Noto	Sindacale
<u>Operaio Specializzato</u>								
Avellino	20,58	20,58	20,58	21,14	21,14	21,14	21,14	21,14
Benevento	19,43	19,43	19,43	20,73*	20,73*	20,73*	20,79	20,79
Caserta	20,30	20,30	20,30	20,98	20,98	20,98	20,98	20,98
Napoli	21,30	21,30	21,30	22,08	22,08	22,08	22,08	22,08
Salerno	21,84	21,84	21,84	21,84	21,84	21,84	21,84	21,84
<u>Operaio Qualificato</u>								
Avellino	19,31	19,31	19,31	19,82	19,82	19,82	19,82	19,82
Benevento	18,01	18,01	18,01	19,44*	19,44*	19,44*	19,49	19,49
Caserta	19,09	19,09	19,09	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68
Napoli	19,99	19,99	19,99	20,62	20,62	20,62	20,62	20,62
Salerno	20,49	20,49	20,49	20,49	20,49	20,49	20,49	20,49
<u>Operaio Comune</u>								
Avellino	17,64	17,64	17,64	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08
Benevento	17,05	17,05	17,05	17,69*	17,69*	17,69*	17,74	17,74
Caserta	17,49	17,49	17,49	17,95	17,95	17,95	17,95	17,95
Napoli	18,27	18,27	18,27	18,73	18,73	18,73	18,73	18,73
Salerno	18,73	18,73	18,73	18,73	18,73	18,73	18,73	18,73

\* Valore Noto e Sindacale in vigore dal 20/6/2005: operaio specializzato € 20,79 - operaio qualificato € 19,49 - operaio comune € 17,74





## PREZZI IN EURO ANNO 2005

DESCRIZIONE	Unità di misura	PREZZI IN EURO ANNO 2005					
		1° Gennaio 2005 (L. 41/86)	Gennaio Febbraio	Marzo Aprile	Maggio Giugno	1° Luglio '05 (L. 41/86)	
<b>MATERIALI</b>							
18 Gruppo miscelatore per lavabo tipo corrente a testa cieca	magaz. uno	39,09	39,09	39,09	39,09	39,09	
19 Tubi di piombo	Kg	1,196	1,217	1,217	1,217	1,217	
20 Tubi di ferro zincato	Kg	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	
21 Tubazioni di plastica pesante diametro mm. 100 spessore 3,2	ml	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	
22 Tubi di grès ceramico diametro mm. 200	magaz. ml	27,60	28,44	28,44	28,44	28,44	
23 Tubi di cemento per fognature diametro mm. 300	prod. ml	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	
24 Tubi di ghisa per condotte a pressione diametro mm. 200	prod. kg	0,862	0,862	0,862	0,862	0,862	
25 Tubi di acciaio per condotte a pressione senza saldature con rivestimento normale diametro nominale mm. 300	prod. ml	121,41	121,41	121,41	121,41	121,41	
26 Tubi di acciaio nero senza saldature per impianti di riscaldamento	magaz. kg	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	
27 Legname abete sottomisure spessore cm. 2,5	magaz. mc	190,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
28 Legname abete per infissi	magaz. mc	352,50	357,30	357,30	357,30	357,30	
29 Radiatori in ghisa a 4 colonne altezza mm. 871 UNI	magaz. kcal/h	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	
30 Radiatore in acciaio tipo stampato a 4 colonne altezza mm. 871 UNI	magaz. kcal/h	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	
31 Ferro tondo per c.a. Fe B 32 K (prezzo base)	prod. kg	0,266	0,271	0,234	0,218	0,207	
32 Ferro tondo per c.a. Fe B 38 K (prezzo base)	prod. kg	0,266	0,271	0,234	0,218	0,207	
33 Extra diametro al n. 31 e 32	prod. kg	0,102	0,102	0,102	0,102	0,102	
34 Acciaio Fe B 38 K	prod. kg	0,266	0,271	0,234	0,218	0,207	
35 Ferro profilato da mm. 50 a 80	magaz. kg	0,364	0,337	0,281	0,246	0,222	

DESCRIZIONE		Unità di misura	PREZI IN EURO ANNO 2005							
			1° Gennaio 2005 (L. 41/86)	Gennaio Febbraio	Marzo Aprile	Maggio Giugno	1° Luglio'05 (L. 41/86)			
<b>MATERIALI</b>										
36	Ferro lavorato per mensolame e staffaggio	magaz.	1,66	1,61	1,68	1,56	1,55			
37	Gabbioni a scatole di tipo standard m. 2 x 1 x 1 con maglia da cm. 8 x 10 e filo di ferro zincato da mm. 3.	prof.	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06			
38	Caldaia pressurizzata da 300.000 Kcal/h	magaz.	3.513,00	3.601,00	3.601,00	3.601,00	3.601,00			
39	Caldaia in acciaio da 20.000 Kcal/h	magaz.	1.240,88	1.240,88	1.240,88	1.240,88	1.240,88			
40	Lamiere zincate lavorate per canalizzazioni (prezzo base)	magaz.	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66			
41	Lamiere in acciaio da 20/10	magaz.	0,539	0,472	0,388	0,348	0,316			
42	Laminati a caldo	magaz.	0,217	0,190	0,156	0,115	0,104			
43	Ventilconvettore verticale 1.000 HP	magaz.	523,24	523,24	523,24	523,24	523,24			
44	Gruppo refrigeratore d'acqua 100 HP	magaz.	49.665,52	49.665,52	49.665,52	49.665,52	49.665,52			
45	Ghisa fusa in pani	magaz.	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24			
46	Conduttore di rame	magaz.	10,37	10,40	10,50	10,52	10,52			
47	Filo di rame conduttore nudo elettrolitico sez. mmq 16	magaz.	10,37	10,40	10,50	10,52	10,52			
48	Interruttore bipolare magnetotermico (con calotta di bachelite fino a 25 ampere)	magaz.	66,70	66,70	67,37	67,41	67,41			
49	Cavo rigido unipolare sez. mmq. 1 isolato in p.v.c.	magaz.	0,235	0,243	0,251	0,259	0,259			
50	Interruttore bipolare differenziale	magaz.	97,73	97,78	98,76	98,79	98,79			
51	Tubo in materiale plastico (sez. min. 11)	magaz.	0,628	0,646	0,655	0,672	0,672			
52	Presse da incasso 10 A - T	magaz.	3,57	3,59	3,63	3,73	3,73			
53	Pali in c.a. centrifugato tipo normale da ml. 9, carico di rottura 300 Kg/cmq.	prod.	304,45	304,45	304,45	304,45	304,45			
54	Pali in c.a. centrifugato tipo normale da ml. 7, carico di rottura 300 Kg/cmq.	prod.	227,50	227,50	227,50	227,50	227,50			

DESCRIZIONE	Unità di misura	PREZZI IN EURO ANNO 2005						
		1° Gennaio 2005 (L. 41/86)	Gennaio Febbraio	Marzo Aprile	Maggio Giugno	1° Luglio '05 (L. 41/86)		
<b>TRASPORTI</b>								
55 Autocarro con ribaltabile portata q.li 80	q.li/km	0,081	0,081	0,084	0,084	0,084		
<b>NOLI A CALDO</b>								
56 Escavatore cingolato HP 100	ora	72,08	72,99	75,03	74,92	75,13		
57 Bulldozer 100/120 HP	ora	63,87	64,45	66,65	66,52	66,75		
58 Rullo compressore 14/18 ton.	ora	52,89	53,23	55,29	55,17	55,39		
59 Wagon-drill cingolato con motocompressore	ora	82,22	83,20	85,63	85,49	85,76		
60 Pala meccanica cingolata	ora	66,06	66,84	68,8	68,69	68,89		
61 Gru semovente per opere stradali	ora	54,90	55,50	57,11	57,04	57,18		
62 Gru a torre sui binari	ora	32,25	32,52	33,36	33,36	33,36		
63 Elevatore meccanico ad azionamento elettrico portata q.li 5	ora	19,08	19,09	19,67	19,67	19,67		
64 Betoniera fino a 500 litri azionata da motore elettrico	ora	18,87	18,89	19,55	19,55	19,55		
65 Attrezzatura perforatura pali	ora	142,61	144,23	147,80	147,68	147,91		
66 Impianti di betonaggio	ora	57,44	57,87	59,20	59,20	59,20		
67 Rullo vibrante da 4 - 5 ton.	ora	33,76	34,02	35,07	35,04	35,10		
68 Motovellatore	ora	62,33	63,10	64,73	64,66	64,79		
69 Martello perforatore	ora	35,79	35,91	37,32	37,26	37,36		
70 Martello demolitore	ora	33,00	33,52	34,21	34,19	34,24		
71 Vibrofinitrice	ora	90,48	91,43	93,73	93,67	93,78		
72 Impianto per la produzione a caldo di conglomerati bituminosi	ora	335,64	338,16	342,15	342,04	342,24		
73 Saldatrice elettrica	ora	24,62	24,65	25,51	25,51	25,51		
74 Pontone a biga da 100 ton.	ora	650,14	661,56	670,45	670,27	670,60		
75 Rimorchiatore fino a 200 HP	ora	306,12	309,13	317,34	317,01	317,62		
76 Draga da 300 mc/h	ora	956,18	977,44	989,86	989,35	990,30		
77 Motosaldatrice	ora	33,66	34,19	34,90	34,87	34,92		

**COEFFICIENTI DI RACCORDO DEL COSTO ORARIO DELLA MANODOPERA EDILE AL 30/06/94 IN APPLICAZ. DEL D.M. 5/8/94**

PROVINCIA	ENTITA' SG AL 30/06/94	COEFFIC. Racc. Man.
Avellino	5%	1
	15%	0,94508
	25%	0,89228
Benevento	5%	1
	15%	0,94859
	25%	0,89718
Caserta	5%	1
	15%	0,94645
	25%	0,89299
Napoli	5%	1
	15%	0,94785
	25%	0,89571
Salerno	5%	1
	15%	0,94786
	25%	0,89573

I DATI RELATIVI ALLE "QUOTAZIONI DI ALCUNI MATERIALI GIÀ RIPORTATI NEI RILEVAMENTI EFFETTUATI DALLE COMMISSIONI PROVINCIALI, CHE VENGONO ANCORA RILEVATI DALLA COMMISSIONE REGIONALE PER CONSENTIRE LO SVILUPPO REVISIONALE DEI LAVORI ESEGUITI IN PERIODI RICADENTI SOTTO IL REGIME DELLE PRECEDENTI COMMISSIONI PROVINCIALI E DELLA COMMISSIONE REGIONALE" A DATARE DAL 1° GENNAIO 1993 NON VENGONO PIÙ RILEVATI IN QUANTO IL PERIODO DI TRANSIZIONE CHE DETERMINÒ IL RILEVAMENTO STESSO RISULTA SUPERATO

**N.B.** A decorrere dal mese di luglio 1994, per gli effetti del D.M. 5/8/94, gli indici del costo della manodopera e valori dei noli (53%) e dei trasporti (81%) vanno divisi per i coefficienti di raccordo, determinati per ciascuna provincia in relazione all'entità degli sgravi contributivi goduti dall'impresa in data anteriore al 1/7/94. Entità da documentare con dichiarazione rilasciata dall'Inps, ovvero mediante dichiarazione autenticata, resa dal legale rappresentante dell'impresa, ai sensi della legge 4/7/68 n° 15.