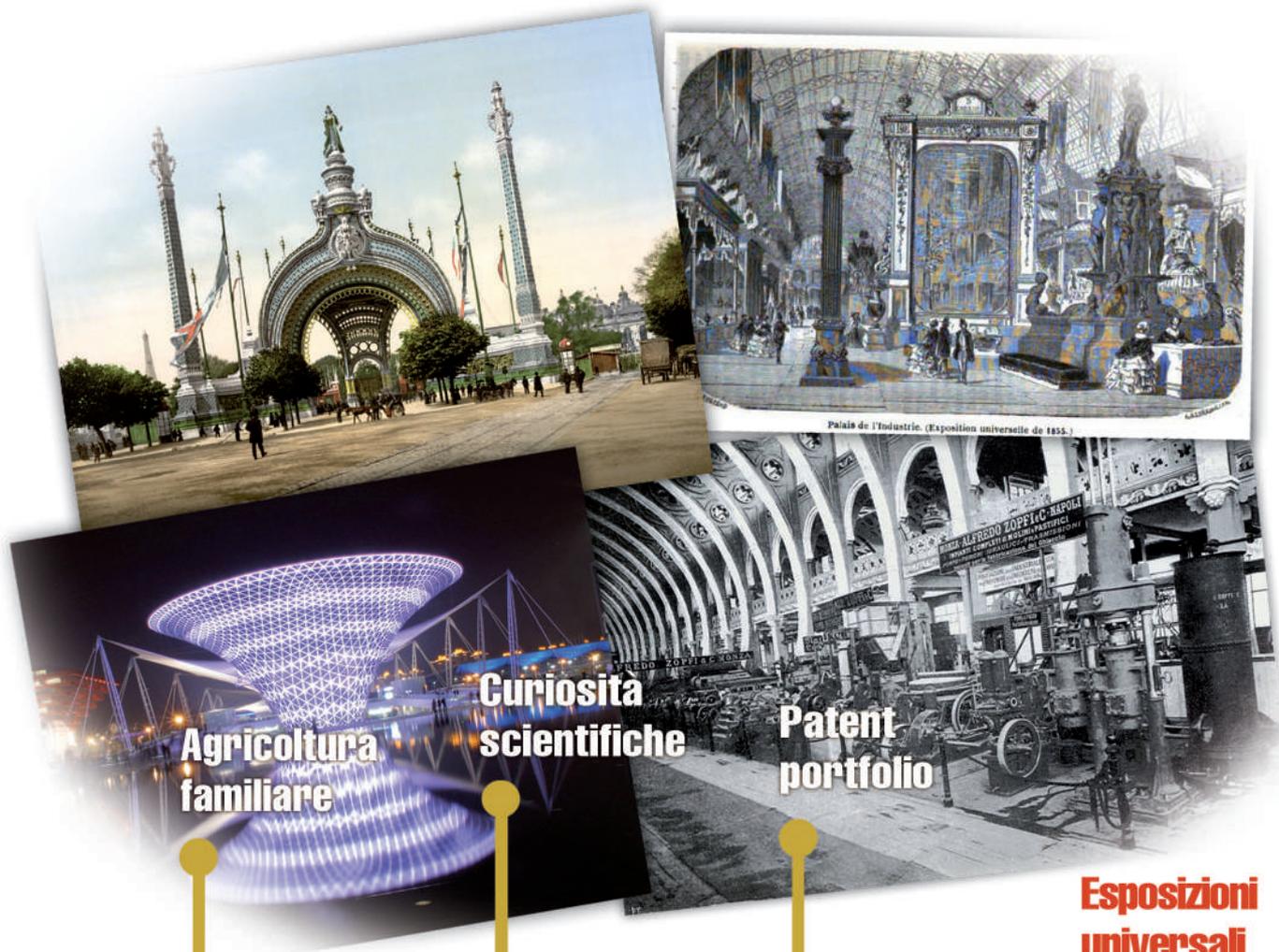




bimestrale dell'ENEA  
anno 60  
luglio - agosto 2014

# Energia, Ambiente e Innovazione

4/2014



**Agricoltura  
familiare**

**Curiosità  
scientifiche**

**Patent  
portfolio**

**Esposizioni  
universali  
e urbanistica**



## Registrazione

Tribunale Civile di Roma  
Numero 148 del 19 aprile 2010 del Registro Stampa

## Direttore Responsabile

Diana Savelli

## Comitato di Direzione

Pietro Agostini, Vincenzo Artale, Giacobbe Braccio,  
Marco Casagni, Gian Piero Celata, Vincenzo Cincotti,  
Carlo Creminini, Pierino De Felice, Roberta Delfanti, Nino  
Di Franco, Francesco Di Mario, Roberta Fantoni, Elena  
Fantuzzi, Massimo Forni, Massimo Iannetta, Riccardo  
Levizzari, Carmela Marino, Paride Meloni, Silvio Migliori,  
Roberto Morabito, Aldo Pizzuto, Vincenzo Porgiglia,  
Sergio Sangiorgi, Massimo Sepielli, Leander Tapfer, Ezio  
Terzini, Carlo Tricoli, Marco Vittori Antisari, Gabriele Zanini

## Comitato tecnico-scientifico

Osvaldo Aronica, Ilaria Bertini, Paolo Clemente,  
Paolo Di Lazzaro, Andrea Fianza, Stefano Giammartini,  
Giorgio Graditi, Massimo Maffucci, Laura Maria Padovani,  
Paolo Ruti, Emilio Santoro

## Coordinamento editoriale

Giuliano Ghisu

## Collaboratori

Daniela Bertuzzi, Paola Carrabba, Sergio Cappucci,  
Orietta Casali, Antonino Dattola, Barbara Di Giovanni,  
Giovanni Puglisi

## Revisione lingua inglese

Carla Costigliola

## Progetto grafico

Paola Carabotta, Bruno Giovannetti

## Edizione web

Antonella Andreini, Serena Lucibello, Concetta Manto

## Promozione

Paola Crocianelli

*Gli articoli riflettono le opinioni degli autori e non necessariamente quelle dell'ENEA*

Per informazioni e contatti: infoeai@enea.it

## Pre-stampa

FGE Srl - Fabiano Gruppo Editoriale  
Regione Rivelte, 7/F - 14050 Moasca (AT)  
e-mail: info@fgeditore.it

## Stampa

Varigrafica Alto Lazio  
Via Cassia, km 36,300 (Zona industriale) - 01036 Nepi (VT)

Finito di stampare nel mese di settembre 2014



Prodotto realizzato impiegando carta Symbol Freelite certificata FSC

## Indice

### 1 Un primo bilancio

*D. Savelli*

### In primo piano

### 2 Le esposizioni universali. Urbanistica all'incrocio tra idee di città, fiere e cultura

*F. Mauro*

### Sa Spazio aperto

#### POLITICHE

### 24 2014: anno internazionale dell'agricoltura familiare

*M. Marino, F. Gianfelici*

#### POLITICHE

### 30 Indice regionale di penetrazione delle politiche di efficienza energetica: un'analisi empirica

*A. Federici, L. Manduzio, G. Guarini, G. Garofalo*

#### TECNOLOGIE

### 39 Utilizzo di una pompa di calore reversibile a CO<sub>2</sub> per la pastorizzazione e la conservazione di miscele per il gelato

*L. Saraceno, R. Trinchieri, N. Calabrese, M. Pieve, G. Boccardi, A. Lattanzi*

#### VALUTAZIONI

### 50 Il potenziale teorico da biomassa. Un'ipotesi di analisi a scala comunale

*P. De Felice, A. Forni, P. Regina*

#### CURIOSITÀ SCIENTIFICHE

### 58 Luce e visione, un binomio (quasi) perfetto

*P. Di Lazzaro, D. Murra*

### Pp Patent portfolio

### 64 In equilibrio sul terremoto *Balancing on the earthquake*

### 67 Tre volte bioenergia! *Three times bioenergy!*

### 71 Alcol sostenibile dal legno *Sustainable alcohol from wood*

### 74 Con quella bocca può dire ciò che vuole! *With that mouth you can say what you want to!*

### Rd Research & development

### 77 Renewable energy sources and the electric network in Italy: Some basic considerations and evolution scenarios

*M. Falchetta*



# Un primo bilancio

Diana Savelli



Cari lettori,  
a distanza di un anno dal primo fascicolo pubblicato in veste di Direttore, desidero soffermarmi sulle principali novità apportate e sulle iniziative intraprese, cercando di tracciare un primo bilancio. Parlo a nome di tutta la “squadra” - Comitato di Direzione, Comitato tecnico-scientifico e collaboratori - che ha lavorato al mio fianco con generosità e competenza, dando un contributo essenziale per il raggiungimento di ogni singolo obiettivo. Innanzitutto, come promesso nel primo editoriale, abbiamo inserito la rivista all’interno di uno dei circuiti internazionali in cui sono presenti molte altre testate tecnico-scientifiche: a tutti gli articoli pubblicati su EAI viene infatti attribuito, a partire dal fascicolo 3-4/2013, un Codice DOI (Digital Object Identifier), che è un codice di identificazione interoperabile sui network digitali che ne facilita la diffusione e la rintracciabilità. Si tratta di una nuova opportunità offerta a tutti coloro che pubblicano sulla rivista, che già molti autori hanno saputo cogliere. Abbiamo, inoltre, aggiunto nuovi formati e strumenti di diffusione tramite la rete: sul sito web ENEA, nella Sezione dedicata alla rivista, a partire dal 2014 i fascicoli sono disponibili oltre che in formato pdf anche in formato epub, utilizzato per visualizzare i libri digitali sia su computer che su e-reader. La rivista è scaricabile anche con i dispositivi mobili Apple (iPhone, iPad e iPod touch) grazie ad una App liberamente reperibile in App Store. Offrendo di più, pretendiamo di più: abbiamo avviato un processo di peer review più rigoroso, che sta dando buoni risultati. Quasi tutti gli articoli accettati vengono revisionati a seguito delle indicazioni e richieste dei referee, risultando nella versione finale molto più completi ed efficaci.

Passando ai contenuti, desidero mettere in evidenza che due dei sei fascicoli pubblicati nell’ultimo anno sono stati dedicati interamente ad una tematica. Il primo, il fascicolo 5/2013, ha riguardato lo sviluppo dell’eco-innovazione in Italia; in esso sono state presentate le analisi e le proposte del Gruppo di Lavoro “Sviluppo dell’Eco-innovazione”, che opera nell’ambito del Consiglio Nazionale della Green Economy. Il secondo, il n. 1/2014, interamente in inglese, è stato dedicato al tema del “biofouling”, cioè al fenomeno di accumulo e deposito di organismi viventi sugli scafi delle imbarcazioni e al connesso problema delle vernici antivegetative tradizionalmente applicate sugli scafi, che generano effetti indesiderati per l’ambiente e per gli organismi marini. Si tratta di una nuova “formula”, che sarà proposta ancora in futuro, in quanto consente di sviluppare in maniera più approfondita e completa sia argomenti specifici che tematiche di attualità o di ampio respiro.

Inoltre, proprio in questo fascicolo presentiamo due ulteriori novità. Inauguriamo la nuova rubrica “Patent portfolio”, in cui vengono presentati i Brevetti ENEA, cercando di metterne in evidenza la portata innovativa e le ricadute sulla produzione industriale o sulla vita quotidiana.

Pubblichiamo, inoltre, nella rubrica Spazio aperto, con l’etichetta “Curiosità scientifiche”, il primo di una serie di articoli il cui obiettivo è avvicinare il lettore al mondo scientifico: partendo dall’osservazione di fenomeni ed esperienze comuni o del funzionamento di oggetti di uso quotidiano, tali articoli aiutano a capirne i meccanismi.

Per ora è tutto ... Rinnovo a voi tutti l’invito a partecipare alla nostra “avventura” inviandoci consigli, articoli e proposte.

## Le esposizioni universali. Urbanistica all'incrocio tra idee di città, fiere e cultura

DOI 10.12910/EAI2014-66

La prossima Esposizione Universale è prevista a Milano dal 1 maggio al 31 ottobre 2015. Si tratta di un'esposizione universale vera e propria ufficialmente riconosciuta, incuneata fra molte scadenze asiatiche: l'esposizione Universale di Shanghai del 2010 (quella del 2020 è ancora da assegnare), le due specializzate a Yeosu (Corea del Sud) nel 2012 e ad Astana (Kazakistan) nel 2016, l'orticoltura ad Antalya (Turchia) nel 2016.

Sarà possibile farne un bilancio solo a valle dell'evento, ma si è voluto cogliere l'occasione per tracciare, con questo articolo, una storia delle esposizioni univer-

sali e internazionali, con particolare riferimento a quelle che si sono svolte in Italia, e alle importanti ricadute che esse hanno avuto, anche a livello urbanistico, sulle città che le hanno ospitate.

La storia delle esposizioni universali e internazionali, dette expo, è preceduta, soprattutto nella regione del Mediterraneo e Vicino Oriente, dalla storia delle antiche

città sedi di scambio, mercato, emporio, fiere e caravanserragli, con una presenza fondamentale per l'evoluzione delle culture umane. Il sorgere e l'affermarsi delle expo moderne viene tracciato a partire dalla Rivoluzione Industriale. La partecipazione italiana è stata spesso caratterizzata da specializzazioni particolari e da realizzazioni urbanistiche e architettoni-

che degne di nota. In questo articolo vengono ricordate le prime esperienze, fino al caso significativo dell'esposizione universale di Roma nel 1911 (e delle scadenze correlate nel cinquantenario dell'Unità d'Italia) e dell'E42, poi EUR, sempre a Roma, unitamente ad alcuni accenni alle esperienze recenti.

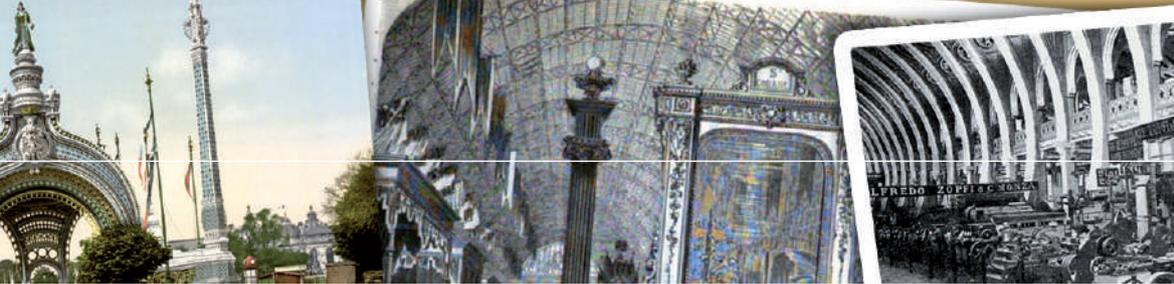
Attualmente, la classificazione di queste scadenze e l'assegnazione di un evento expo ad una determinata città sono regolate dal BIE (*Bureau International des Expositions o Bureau of International Expositions*), un'organizzazione intergovernativa creata con la Convenzione di Parigi nel 1928 ed entrata in vigore nel 1931. Secondo l'ultimo protocollo (1988) della convenzione, riguardante la classificazione delle scadenze, si distinguono:

- *International Registered Exhibition*, Expo registrata mondiale, comunemente detta "esposizione universale" o "world's exposition", con frequenza ogni 5 anni, durata massima di 6 mesi, ed un tema generale.
- *International Recognized Exhibition*, Expo riconosciuta, comunemente detta "esposizione internazionale", che si tiene negli intervalli tra le precedenti, con durata massima di 3 mesi, e un tema specifico.

In precedenza, la terminologia era stata molto più variegata ed aveva compreso anche scadenze nazionali con riflessi internazionali oppure scadenze internazionali ma strettamente limitate ad alcune tematiche.

Le expo moderne sono nate a partire dalla Rivoluzione Industriale, ma hanno antenati molto antichi.

L'idea dell'esposizione, della fiera, del mercato periodico o stagionale ha a che fare con l'idea di città e con la nascita stessa delle città



## La storia antica delle città espositrici

Le expo moderne sono nate a partire dalla Rivoluzione Industriale, ma hanno antenati molto antichi. L'idea dell'esposizione, della fiera, del mercato periodico o stagionale ha a che fare con l'idea di città e con la nascita stessa delle città, a valle della Rivoluzione Neolitica (dal IX millennio a.C.), della scoperta dell'agricoltura e della domesticazione di piante e animali. Con la transizione da società di raccoglitori e cacciatori a società di agricoltori, si verifica una tendenza a costruire residenze permanenti aggregate come sedi di comunità sedentarie. Si arriva così alla nascita della città come un villaggio cresciuto oltre i propri limiti: alcuni esempi (Figura 1) sono stati ritrovati, studiati e riconosciuti, come il villaggio Catalhoyuk (7500 a.C.).

Queste prime città erano in realtà anche delle esposizioni semi-permanenti e dei punti di scambio di prodotti dell'agricoltura, legname, pietre, caccia e pesca con prodotti manifatturieri come arnesi, vasellame e tessuti, e ancor di più erano sedi di scambio di idee e innovazioni. La specializzazione di alcune città come città-mercato, città-emporio, città-esposizione rimarrà nei secoli e nei millenni unitamente al ruolo di città-terminale dei trasporti e della logistica e spesso a quello di capitale regionale (Figura 2). Non a caso, queste città saranno localizzate (con esempi):

- sulle coste ove era possibile usufruire di porti e posti di approdo (le colonie greche e fenicie),
- alla confluenza e ai guadi dei fiumi (Roma),
- nei punti di passaggio obbligati come vallate, passi di montagna, istmi ecc. (Corinto),
- all'imbocco naturale o agli incroci di piste e carovaniere (La Mecca),

- nelle località ove sono disponibili prodotti specifici (minerali, ad esempio, Assuan),
- nei centri geografici delle zone di produzione agroalimentare (Pompei);
- e – unici casi con scarsi risvolti economico-commerciali – nei luoghi ove è opportuno situare una capitale o una piazzaforte militare o, infine, un luogo di culto importante e meta di pellegrinaggio religioso.

Sulla base dei ritrovamenti archeologici e degli scritti che ci sono pervenuti, è possibile stimare che, nel lungo periodo fra la Rivoluzione Neolitica e la Rivoluzione Industriale, siano esistite (e molte sono



**FIGURA 1** Il sito di Catalhoyuk (7500-5700 a.C.): il villaggio che è diventato città mercato

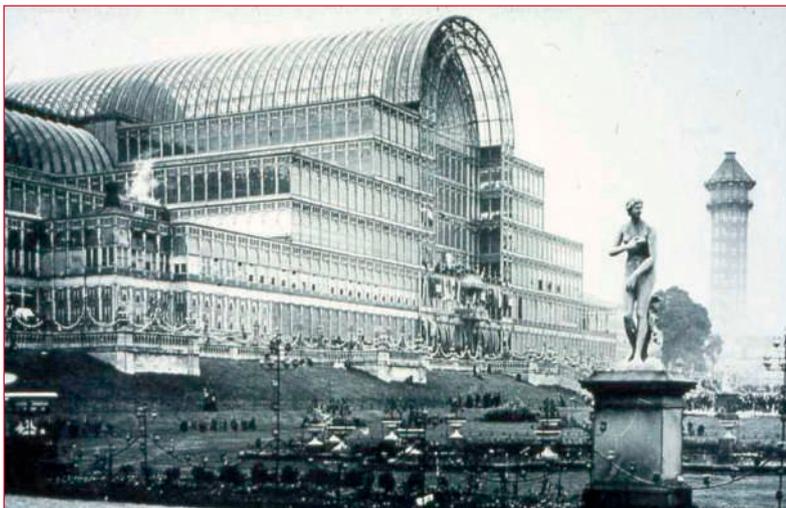


**FIGURA 2** Un caravanserraglio in Iran



ancora esistenti) al mondo alcune centinaia di città di tipo espositivo, ma probabilmente si tratta di una sottovalutazione. Con l'individuazione delle prime città commerciali, nascono quelle che sono in effetti anche delle expo permanenti, delle città-mercato, delle città delle fiere.

Una relazione parentale fra queste città antiche e le expo moderne non deve affatto sorprendere dato che essa è giustificata e profonda. In fin dei conti, cosa altro non erano se non delle expo le città antiche dove venivano messe in mostra la produzione dei contadini e quella manifatturiera; il mercato di queste città non era peraltro permanente perché doveva seguire il ciclo delle stagioni, le fasi lunari, le festività religiose, la distinzione tra giorni fausti ed infausti. La città romana era impiantata come una fascia abitativa che circondava il "forum", che era appunto un'esposizione oltre che una sede politica e un tribunale, ed era delimitata verso l'esterno dal "pomerium", un limite di significato anche simbolico.



**FIGURA 3** Il Crystal Palace di Londra (costruito nel 1850 e demolito nel 1935)

## La nascita delle expo moderne

Le expo moderne nascono a ridosso di un dato fondamentale: la Rivoluzione Industriale, il concetto e la pratica del progresso tecnologico come figlio della scienza e dell'invenzione, la necessità di far conoscere per vendere le novità del lavoro e le stesse novità intellettuali. Ma non solo: sono anche la sede e la risposta alla richiesta di cultura globale, come si era visto nel mondo greco-romano ed in modo più isolazionista nel mondo cinese e in quello islamico, così come sono anche la sede del confronto del prestigio degli stati-nazione, persino l'offerta di una fruizione e ricreazione più moderne. Non a caso, le expo nascono laddove nasce la rivoluzione industriale, nell'Inghilterra che ha già avuto la sua rivoluzione parlamentare, ed in Francia, dove il complesso gioco che vede in sequenza, a causa di una più difficile situazione politico-sociale, il passaggio dalla monarchia allo stato repubblicano, all'impero e al bonapartismo, produce un acme della geopolitica. Negli Stati Uniti il fenomeno rivoluzionario è assunto invece dalla guerra di indipendenza e dai suoi fondatori, dotati anche di cultura scientifica, conoscitori del metodo empirico, nemici di gabelle e burocrati. È inglese la prima expo (1756), non ancora riconosciuta e chiamata come tale, ed è inglese e "vittoriana" la prima vera grande expo moderna, quella del Crystal Palace a Londra nel 1851 (Figura 3).

Grazie all'Expo, nel corso dei secoli sono state realizzate opere futuristiche e straordinarie che sono, ancora oggi, monumenti legati alla storia della modernità.

Un'analisi più puntuale (qui non riportata per brevità) sembra indicare che, con il passar del tempo, le scadenze inglesi e

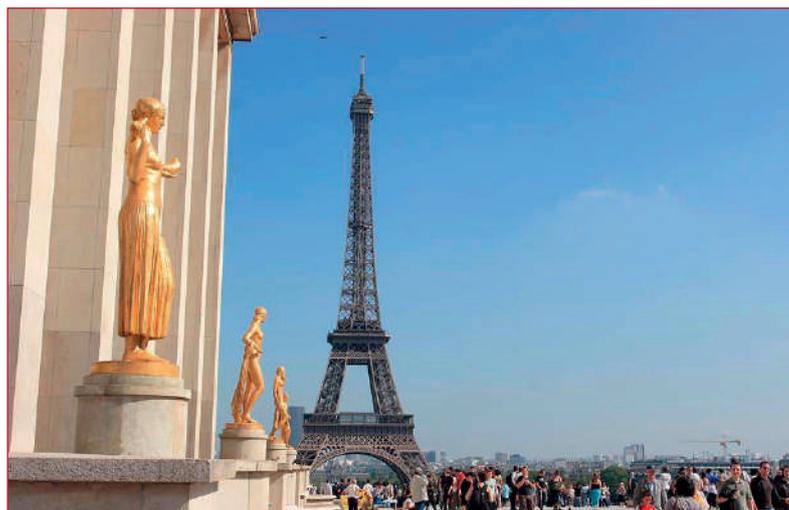


poi quelle americane divengano, per così dire, più “universali” che “internazionali” rispetto a quelle francesi e di altri paesi, dimostrando così una sorta di supremazia anglo-sassone, fino a che, nell’ultimo dopo guerra, lo stile dell’organizzazione viene codificato e seguito quindi da tutti. Le scadenze più importanti sono inoltre marcate da qualche opera architettonica particolare, come nel caso del Crystal Palace di Londra nel 1851, la Memorial Hall nel Fairmont Park a Philadelphia nel 1876, il Palace of Fine Arts a Chicago nel 1893, il Japanese Tea Garden a San Francisco nel 1894, il Forest Park Palace of Fine Arts a St. Louis nel 1904. Il filone architettonico diverrà sempre più importante per le expo, integrandosi con la sperimentazione urbanistica.

Complesso fu il percorso architettonico e urbanistico della Collina di Chaillot a Parigi dove fu costruito per l’Esposizione Universale del 1867 il (vecchio) Palais du Trocadero (Figura 4), poi rinnovato nel 1937 ed ancora nel 2006 (con lavori cominciati nel 1985). Nella stessa zona di Parigi, proprio dall’altra parte della Senna, venne realizzata come arco di ingresso per l’Esposizione Universale del 1889 (centenario della Rivoluzione Francese) la Torre Eiffel, rimasto per 41 anni l’edificio più alto del mondo, superando l’Obelisco di Washington e a sua volta superata dal Chrysler Building di New York.

## Le expo in Italia

In Italia si sono tenute diverse expo. Le prime sono state esposizioni nazionali aperte ad espositori esteri oppure esposizioni settoriali, a cominciare da quella tenutasi a Firenze nel 1861 praticamente in contemporanea con l’Unità d’Italia. La



**FIGURA 4** Un particolare della spianata del Trocadero a Parigi, com’è oggi: sullo sfondo la Torre Eiffel

prima vera esposizione internazionale in Italia è quella di Milano del 1906, denominata Esposizione Internazionale del Sempione, in cui il nome è collegato ad un evento-simbolo come il traforo e ad un’impostazione settoriale: i trasporti. Segue l’Esposizione Internazionale dell’Industria e del Lavoro (Torino, 1911), che è ancora relativamente settoriale, e si arriva così alle due esperienze di expo universali, entrambe a Roma, che costituiscono in un certo senso un’esperienza italiana unica.

## L’Esposizione Universale di Roma (1911)

Nel 1907-1913 a Roma, nelle elezioni comunali, si era verificata la vittoria del Blocco Popolare, la prima dello schieramento di sinistra, che comprendeva democratici, radicali e repubblicani mazziniani, cui si erano aggregati i socialisti e qualche liberale. Questo blocco aveva

### Expo: una tradizione di modernità

Negli anni che intercorrono fra il 1756 e il 1890, si ha la prima fioritura delle expo e i numeri stessi dicono la storia. Le expo arrivano ad essere anche più di una all'anno, fino a cinque in un anno. La distribuzione delle città che ospitano le expo conferma la nascita e l'egemonia britannica – e più in generale del mondo anglo-sassone – in queste iniziative e la continua rincorsa francese; in tale periodo:

- 10 expo si tengono a Londra e altre 11 nel resto della Gran Bretagna (che allora comprendeva tutta l'Irlanda);
- 7 sono organizzate a Parigi e 4 in altre città francesi;
- 3 si tengono a New York e 8 in altre città degli Stati Uniti;
- 40 in città di altri paesi, fra cui molte in città australiane e del resto dell'Impero Britannico, e poi per la maggior parte città europee (ma anche in Giappone e qualche città latino-americana).

Nel periodo della prima maturità delle expo, che va dal 1890 alle sequele della I Guerra Mondiale (1920), si afferma ancor di più il predominio britannico ma sorge prepotente quello americano:

- 10 expo si svolgono a Londra e 5 nelle altre città britanniche;
- 2 vengono assegnate a Parigi e 5 in altre città francesi;
- 8 a New York e 32 in altre città degli Stati Uniti;
- 60 in città di altri paesi.

Nel periodo più recente, fino ad oggi, si assiste ad una internazionalizzazione ulteriore delle localizzazioni, nel quadro di una limitazione del numero complessivo ma di una crescita organizzativa dei vari eventi:

- solo 2 expo si tengono in Gran Bretagna;
- 3 a Parigi e 1 nel resto della Francia;
- 2 a New York e 15 nel resto degli USA;
- 41 in città di altri paesi.

I totali sono:

• Gran Bretagna	37 esposizioni
• Francia	22
• Stati Uniti	68
• Altri	149
• Totale	276.



eletto sindaco Ernesto Nathan, cittadino duale italiano e britannico, repubblicano mazziniano e autorevole esponente della massoneria (che aveva già avuto ancor più autorevoli dirigenti, come Garibaldi, entrati in politica). Il Blocco Nathan era portatore di un programma sociale di rafforzamento della scuola dell'obbligo, tutela dell'igiene pubblica, controllo della speculazione delle aree, edilizia popolare e partecipazione. Vennero costituite, a seguito di referendum, le aziende municipalizzate ATAC e ACEA, venne messo in cantiere un nuovo piano regolatore di Roma (Edmondo Sanjust di Teulada).

Roma, per il 1911, cinquantenario dell'unità d'Italia, aveva ottenuto l'Esposizione Universale, organizzata da un comitato presieduto da Guido Baccelli (noto come l'"inventore" della Passeggiata Archeologica, anch'essa inaugurata nel 1911) ed Enrico di San Martino. Il sindaco Nathan, repubblicano, si trovò paradossalmente a gestire una scadenza così significativa che celebrava tra l'altro l'unificazione della nazione in una monarchia sotto la casa sabauda. Ma l'anniversario era troppo importante per lasciare spazio a diatribe destra/sinistra o monarchici/repubblicani.

L'esposizione, oltre ad un successo di pubblico e di prestigio, si manifestò come un qualcosa di unico in termini urbanistici, ancora riconoscibili nella Roma di oggi. L'expo venne dotata di un doppio quartiere fieristico costruito ad hoc: a sinistra del Tevere, sul lato del centro storico, nei terreni della Vigna Cartoni (nome del "mercante di campagna" proprietario di vasti terreni intorno a Labaro e verso Veio; oggi la zona è nota come Belle Arti e Valle Giulia) vennero allestite le mostre artistiche e collocati i padiglioni stranieri:

l'incrocio di Belle Arti è ancora lì come pure la Galleria d'Arte Moderna (Figura 5) e alcuni padiglioni permanenti, talvolta ricostruiti appositamente (poi diventati sedi di accademie estere). Vennero anche sistemate l'area intorno al Palazzo di Valle Giulia (poi sede del Museo Nazionale Etrusco) e le pendici di Villa Borghese.

A destra del Tevere, nella Piazza d'Armi (l'ampio spazio tra il fiume, Viale delle Milizie e Viale Angelico, oggi Quartiere della Vittoria), lo spazio per le esercitazioni venne trasferito dove oggi è il Villaggio Olimpico e, nell'area così ottenuta, vennero realizzati il "Foro delle Regioni" con edifici effimeri, sedi delle mostre etnografiche, il salone delle feste e, in strisce ai margini della zona, case e palazzine innovative del concorso di architettura (alcune oggi ancora visibili e godibili) (Figura 6). Di questa parte dell'esposizione non sono rimasti grandi edifici, ma si è preservato lo stile dell'impianto stradale, forse il migliore di Roma, impostato



**FIGURA 5** Roma: la Galleria d'Arte Moderna a Valle Giulia sul Viale delle Belle Arti



**FIGURA 6** Roma: visione prospettica della sezione delle Regioni (1911); in primo piano il Ponte del Risorgimento, il Tevere e l'ingresso monumentale posticcio



**FIGURA 7** Roma: Piazza Mazzini, al centro del Quartiere della Vittoria, com'è oggi

su piacevoli viali come Via Settembrini, Viale Mazzini, Via Monte Zebio, Via Oslavia (ed il suo prolungamento, Via Ferrero, in un lunghissimo rettilineo fino a Piazza Cavour), Via Sabotino, Via Brofferio, tutti confluenti sulla poligono-stellare Piazza Mazzini (secondo alcuni indicante un simbolo massonico) (Figura 7).

In genere, il giudizio che viene dato circa le realizzazioni architettoniche è diverso per le due parti dell'esposizione: edifici interessanti, anche se spesso ancora ottocenteschi, nella zona dei padiglioni stranieri, decisamente bello l'incrocio di Belle Arti con la Flaminia e il Lungotevere; una serie di strutture tradizionalistiche per la mostra effimera delle Regioni con, ai margini, le realizzazioni innovative dei villini della mostra di architettura. In ultima analisi, un eclettismo interessante che arrivava al mix tra liberty e neo-classico. La planimetria dell'expo era stato frutto del lavoro di Marcello Piacentini come direttore artistico, Giuseppe Pagnani-Fusconi come direttore dei lavori, Augusto Giustini e Angelo Guazzaroni per la mostra delle Regioni, Cesare Bazzani per la sistemazione di Valle Giulia. Per la trasformazione della zona fieristica di Piazza Mazzini in Quartiere della Vittoria fu essenziale la partecipazione al progetto dell'ingegnere tedesco Julius Stubben, presente a Roma per la scadenza e portatore delle esperienze del Nord Europa. Altre realizzazioni impreziosirono l'expo di Roma 1911: in particolare, il Ponte del Risorgimento, un capolavoro ardito a singola arcata, allora modernissimo, progettato dal francese Hennebique e realizzato a regola d'arte dall'impresa Porqueddu di Torino, per l'allacciamento tra le due rive del Tevere e le due sezioni della mostra (Figura 8).

Inoltre, su Viale Tiziano, il tratto che affiancava in parallelo la romana Via Flaminia e che iniziava proprio da Belle Arti (da prolungare a Piazzale Flaminio - si diceva - ma ad oggi la situazione non è cambiata), poco dopo, allo sbocco del prolungamento di Viale Parioli (oggi noto come Viale Pilsudski), venne costruito lo Stadio



Nazionale (esistente ancor oggi dopo tre o quattro ristrutturazioni).

Due importanti aspetti vanno sottolineati: il primo riguarda la valenza degli impianti sportivi. Al Flaminio, come indotto dell'expo, si vennero a localizzare diversi impianti sportivi (Figura 9):

- lo Stadio Nazionale già citato,
- l'Ippodromo dei Parioli (aperto nel 1911 e chiuso nel 1928) ed in parte sostituito dall'Ippodromo di Villa Glori (1925-1957), con annesso campo ostacoli per allenamento (ancora esistente),
- il piccolo Stadio della Rondinella (aperto nel 1914, sede della Romulea, poi con annesso cinodromo, e chiuso nel 1957).

Secondo il progetto iniziale dei proprietari dei vasti terreni, Filonardi e Giorgi, il Viale Parioli/Liegi, e i suoi prolungamenti fino a Viale Tiziano e Via Nomentana, erano stati attrezzati come "passeggiate di città", con tanto di marciapiedi-galoppatoi.

La nuova Piazza d'Armi, posta appunto ai Prati della Rondinella, in sostituzione della Piazza d'Armi alla fine di Prati assegnata all'expo, cessa quasi subito di essere tale per lasciar spazio agli impianti sportivi. Rimarranno segni del passaggio dei militari le caserme di Via Guido Reni (come d'altronde a Prati erano rimaste le caserme di Viale delle Milizie). I militari si ritireranno in buon ordine ai Prati di Tor di Quinto con le caserme di Via Flaminia Vecchia, il campo con il percorso di guerra per cavalli e poi per carri armati, e il grande Ippodromo Militare (e molto più tardi, a ridosso della II Guerra Mondiale, alle "città militari" della Cecchignola e di Cesano di Roma). Peraltro, proprio da quelle parti i militari avevano cominciato con la prima Piazza d'Armi ai Prati della Farnesina, poi lasciata perché considerata



**FIGURA 8** Roma: Ponte del Risorgimento



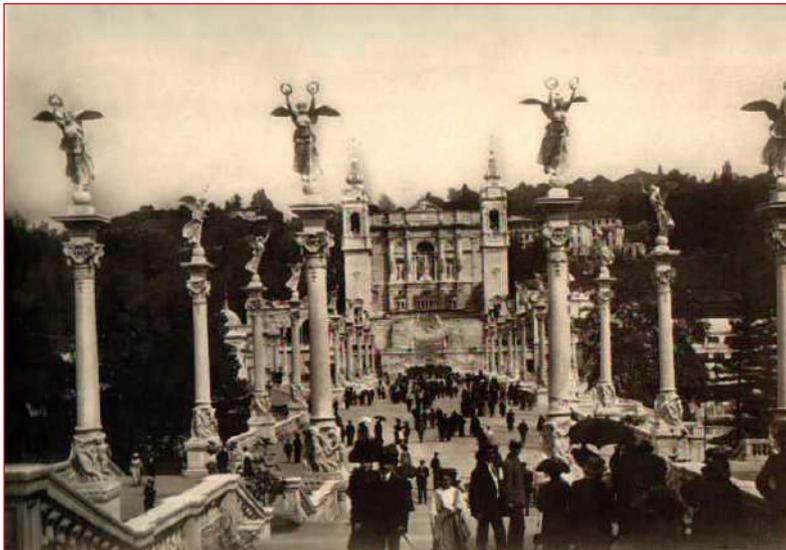
**FIGURA 9** Roma: lo Stadio Nazionale, lo Stadio della Rondinella e l'Ippodromo dei Parioli negli anni 30

troppo lontana dalla città.

La storia non è finita: l'indotto militare-ricreativo del quartiere fieristico di Belle Arti, con i tre impianti sportivi agganciati a Viale Tiziano, era certamente all'attenzione dei progettisti del Foro Mussolini (poi Italo, 1928-1938, Enrico Del Debbio e Luigi Moretti): anche qui ci sono tre impianti sportivi con pista da atletica e campo da gioco (lo Stadio dei Marmi, lo Stadio dei Cipressi - futuro Olimpico - e lo Stadio della Farnesina) e c'è persino



**FIGURA 10** Roma: il Ponte Duca d'Aosta con gli edifici del Foro Italico e, sullo sfondo, lo Stadio Olimpico ancora in costruzione (inizio anni 50)



**FIGURA 11** Roma: una delle cerimonie di inaugurazione dell'Expo del 1911

un nuovo apposito ponte ad arco, il Ponte Duca d'Aosta (1939-1942, Vincenzo Fasolo) (Figura 10).

È interessante notare che, per le Olimpiadi del 1960 a Roma, si scelse la zona

della Rondinella per il Villaggio Olimpico e molti degli impianti sportivi furono collocati al Foro Italico; l'altra zona olimpica, realizzata all'EUR – frutto, come vedremo, di un'altra expo – venne resa raggiungibile mediante un'apposita strada veloce urbana (la Via Olimpica), collegando così anche le zone espositive.

L'altra operazione interessante per l'expo del 1911 fu quella relativa ai trasporti urbani. La zona era potenzialmente già ben servita perché lungo la Flaminia correva la prima e più antica linea di tram di Roma, prima con cavalli e poi a trazione elettrica, con capolinea urbano a Piazzale Flaminio dove si agganciava al resto della rete (ancora oggi la linea serve con tram moderni il Quartiere Flaminio, Ponte Milvio e lo Stadio Olimpico) che raggiungeva a Piazza del Popolo.

In quel periodo, la rete dei tram era composta da venti linee di una società privata, la SRTO, e da sole tre linee per la giovane municipalizzata ATAC: la linea I e II, che erano due circolari nei due sensi di marcia da Piazza Colonna a Via Po, Piazza dei Cinquecento e di nuovo Piazza Colonna, la linea III da Piazza Colonna a Santa Croce. È proprio l'ATAC a istituire due linee speciali, una (contrassegnata da un simbolo a stella) da Piazza Colonna alla sezione etnografica dell'expo e l'altra (contrassegnata da un cerchio nero) da Piazza dei Cinquecento alla sezione artistica. In pratica, vennero costruite apposite diramazioni, una che passava il Ponte del Risorgimento e serviva la zona espositiva delle regioni con un breve percorso ad otto. L'operazione era importante anche per il futuro: allora non esisteva il Ponte Matteotti, e quindi questa diramazione costituiva l'inizio del percorso tramviario verso Viale delle Milizie, Via Ottaviano e Piazza



del Risorgimento (e di lì per il Vaticano ed il Mercato Trionfale). In verità, lungo Viale delle Milizie e Viale Angelico, verso Ponte Milvio, correva allora anche la ferrovia vicinale per Prima Porta (quella che oggi parte da Piazzale Flaminio in sotterranea, detta la Roma Nord), ma il suo percorso era di scarsa utilità per i visitatori dell'expo, con l'eccezione dei soldati provenienti dalle caserme di Tor di Quinto. Sull'altro lato del Tevere venne realizzata un'analoga diramazione tramviaria, da Belle Arti alla Galleria di Arte Moderna; con l'apertura di Via Ulisse Aldovrandi, alle spalle dello Zoo anch'esso costruito in quegli anni, il percorso tramviario avrebbe costituito uno dei tratti della linea circolare ED/ES (la mitica "circolare rossa"). Infine, subito dopo la fine della I Guerra Mondiale, si decise di costruire una linea ferroviaria di cintura nel tratto mancante a nord-ovest della città. Il tracciato da Roma Nomentana a Roma San Pietro venne quasi completato, anche per offrire lavoro ai veterani, nella massicciata (è l'attuale Via Olimpica dall'incrocio con la Via Salaria a Via Gomenizza) comprese le due gallerie sotto la Collina Fleming e la Collina della Farnesina. L'opera prevedeva nell'ampio spazio di Piazzale Clodio la stazione di Roma Prati al servizio proprio della zona di Piazza Mazzini, ma non venne terminata – come successe in altri due tentativi successivi per la linea di cintura (tuttora "in progetto").

In conclusione, l'esperienza del 1911 è stata praticamente unica nel panorama nazionale ed in quello internazionale per l'estensione del piano, la valenza urbanistica e la qualità dei possibili utilizzi al momento dell'evento e dopo. È stato altresì fondamentale per lo sviluppo stesso di Roma moderna e, in particolare, dei

moderni quartieri Flaminio, Parioli, Della Vittoria e Tor di Quinto (già Ponte Milvio).

### Le altre expo nel cinquantenario dell'Unità d'Italia

In realtà, l'esposizione universale di Roma nel 1911 per un così importante anniversario faceva parte di un trittico di esposizioni assegnate alle tre città che erano state capitali del nuovo Stato, del Regno d'Italia: Torino, Firenze e Roma. Torino, già capitale del re Vittorio Emanuele II, era stata capitale italiana dalla proclamazione del regno (legge numero 4671 del 17 marzo 1861 del Parlamento Subalpino del Regno di Sardegna e legge numero 1 del 21 aprile 1861 del Parlamento Italiano del Regno d'Italia).

Torino aveva organizzato prima del 1911 diverse esposizioni, tra cui: l'Esposizione Generale Italiana del 1884, centrata sulla grande novità dell'elettricità per uso pubblico, che comprendeva anche una inusuale Esposizione Nazionale Alpina, localizzata nel Parco del Valentino, ed un Borgo Medievale; e la molto ammirata Esposizione Internazionale di Arte Decorativa Moderna del 1902 (Figura 12).

Nelle complicate vicende legate alle aspirazioni italiane per Roma, il governo tentò di placare le potenze ostili spostando nel 1865 la capitale da Torino a Firenze, in una posizione geograficamente più centrale nel nuovo regno per dare così l'idea di un compromesso conclusivo circa lo status di Roma. Firenze, in precedenza capitale del Gran Ducato di Toscana, nel 1861 aveva organizzato un'expo tematica per celebrare il sesto centenario della nascita di Dante Alighieri. Naturalmente,

L'esposizione di Roma del 1911, oltre ad un successo di pubblico e di prestigio, si manifestò come un qualcosa di unico in termini urbanistici, ancora riconoscibili nella Roma di oggi



**FIGURA 12** Manifesto dell'Esposizione Internazionale di Arte Decorativa Moderna Torino, 1902)

sotto la pressione dell'opinione pubblica e del movimento di Garibaldi, che aveva continuato a portare avanti tentativi armati (fermati anche con la forza dal governo, come nell'incidente dell'Aspromonte), non appena la Francia (protettrice del papa) fu ingolfata in altri problemi militari e politici, l'Italia occupò Roma (1870) e ne fece la capitale del regno (1871). La decisione di coinvolgere nella celebrazione espositiva dell'Unità nazionale le tre città capitali era formalmente corretta ma tagliava fuori, insieme ad altre città che in tempi antichi avevano svolto un ruolo di capitale italiana ma senza uno Stato italiano ben definito (ad esempio, Pavia, Ivrea, Spoleto e Palermo), ed a Milano (che ave-

va altri riconoscimenti), le grandi città del Mezzogiorno.

Non è un caso che Milano, che aveva avuto nel 1881 l'"Esposizione Nazionale" (ai Giardini Pubblici di Porta Venezia), organizzasse nel 1902 la prima Fiera Campionaria (ai Bastioni degli stessi Giardini), che tre anni dopo si spostò definitivamente (leggi: fino ad oggi) nella Nuova Piazza d'Armi, dove anche la zona fu nota poi come Fiera di Milano, che divenne in breve la principale scadenza fieristica italiana. Nel 1906, Milano aveva ospitato l'Esposizione Internazionale sul tema dei Trasporti, a pochi mesi di distanza dall'inaugurazione del traforo del Sempione, opera ingegneristica che rese possibile il



primo collegamento ferroviario tra Milano e Parigi, e dunque tra l'Italia e l'Europa (Figura 13). Nell'area verde alle spalle del Castello Sforzesco, ora parco Sempione, furono realizzati i diversi padiglioni tematici. Il finanziamento era stato ottenuto, in parte, mediante pubblica sottoscrizione di azioni rimborsabili alla fine della manifestazione, cosa che avvenne regolarmente e con un buon ritorno dell'investimento. Quanto alle due principali città del Sud, esse ebbero la possibilità di sviluppare due fiere indirizzate al dialogo con situazioni continentali molto importanti sul piano commerciale e geopolitico: Napoli con la Fiera d'Oltremare (1939, inizialmente triennale) nel quartiere omonimo, nel quadro della politica espansionista fascista, e Bari con la Fiera del Levante (1930), al Lungomare Starita, sotto una spinta analoga. Quest'ultima organizza oggi anche una Fiera del Levante in Albania e intrattiene scambi particolari e periodici con le fiere di Skopje (Macedonia), Tripoli (Libia) e Bucarest (Romania). Tornando a Torino, l'esposizione del 1911 era stata preceduta da esposizioni nel 1884, 1898 e 1902 (nel 1899 viene fondata la Fiat SpA). L'esposizione del 1911 a Torino vide 33 Paesi partecipanti (3 asiatici, 17 europei e 11 americani, compresi gli Stati Uniti). Particolare attenzione venne riservata al vettore aereo, sia aeroplani che dirigibili. Vennero anche introdotti per la prima volta dalle ferrovie i biglietti "low cost" per chi si recava all'expo. Scadenze successive si tennero a Torino nel 1926, una grande Esposizione Universale nel 1961 (vedi sotto) ed i XX Giochi Olimpici invernali nel 2006. Poche tracce rimangono dell'expo del 1911 a Firenze. Si trattò più che altro di una serie di expo tematiche dedicate ad



**FIGURA 13** Expo di Milano del 1906: un interessante manifesto di sapore "satanico" riguardante l'inaugurazione del traforo del Sempione



**FIGURA 14** Un raro manifesto delle celebrazioni a Firenze per il 1911

Archeologia e Arti e seguita da una Esposizione Internazionale di Floricoltura (Figura 14). Nella parte archeologica, in parte trasferita anche a Roma alle Terme di Diocleziano, fu data molta enfasi al tema della Romanità.

### L'E42 di Roma, poi EUR

Le origini politico-amministrative della successiva scadenza espositiva della capitale d'Italia sono state del tutto diverse. La domanda al BEI per l'assegnazione dell'evento fu presentata verso la metà del 1936 dal governatore Giuseppe Bottai per conto del governo di Mussolini in un momento in cui, superati i problemi internazionali collegati alla guerra in Etiopia, il regime fascista era all'apice della popolarità interna e del riconoscimento esterno. La domanda fu accolta per la data del

1942, che coincideva con il ventesimo anniversario della presa del potere da parte del partito fascista, e l'esposizione universale venne indicata ufficialmente con la sigla E42. L'esposizione assunse presto un'importanza programmatica superiore a quella delle precedenti scadenze, per diverse ragioni tra cui: la costruzione di una vera e propria città espositiva destinata

a restare come insediamento permanente, la funzione pilota per l'impiego di tecnologie per la bonifica e gestione del territorio, la dovizia di mezzi messi a disposizione. Ma soprattutto per una questione di prestigio: era evidente l'intenzione di superare sia la Francia per l'esposizione di Parigi del 1937 che gli Stati Uniti per l'esposizione di New York nel 1939.

I progetti per la Esposizione Universale di Roma del 1942 (E42) non sono stati cancellati per il conflitto mondiale ma rilanciati nel dopoguerra con la decisione di completare l'EUR e di tenere nella Capitale le Olimpiadi del 1960

L'altra importante novità dell'E42, quale che sia il giudizio che se ne vuol dare, è la sua localizzazione. Diverse erano state le proposte: Villa Borghese, i Prati della Farnesina vicino al Foro Mussolini oppure i Prati della Rondinella (sulle orme dell'esposizione precedente), alle falde del Gianicolo (sulla scia della tradizione degli orti botanici e con l'opportunità di ristrutturare la zona di Regina Coeli), persino la proposta di spargere nella città i vari settori dell'expo. Oggi si tende a credere che la decisione finale fosse presa personalmente da Mussolini, forse sulla scorta dei suggerimenti di Virgilio Testa, allora segretario generale del Governatorato (che sotto il fascismo aveva sostituito il Comune): la zona delle Tre Fontane, ampia ma vuota di insediamenti, molto al di fuori dei limiti del piano regolatore del 1931, verso il mare, tra la Via Ostiense e la Via Laurentina. Le storie ufficiali parlano di un'iniziativa autonoma del governatore di Roma Bottai nel 1935. Peraltro, la frase premonitrice di Mussolini: *“La Terza Roma si dilaterà sopra altri colli lungo le rive del fiume sacro sino alle sponde del Tirreno”* è del 1925.

Un asse sarebbe stato realizzato per questa espansione: da Piazza Venezia per Via del Teatro Marcello (Via del Mare), lungo il Circo Massimo e gli inizi dell'Appia (antica) all'altezza delle Terme di Caracalla, attraverso un nuovo fornice multiplo nelle Mura Aureliane (fra la cosiddetta Posterula Ardeatina e il Bastione Ardeatino del Sangallo), con la nuova Via Imperiale (oggi Via Cristoforo Colombo) fino a Piazza delle Legioni Romane (oggi Piazza dei Navigatori) ove cambia direzione e continua verso l'E42 (EUR) e il mare che raggiunge tra Ostia (Lido di Roma) e Tor Vajanica.



Per costruire e gestire l'E42 venne appositamente istituito l'Ente autonomo per l'esposizione universale e internazionale, con Vittorio Cini presidente, Cipriano Efisio Oppo e Oreste Bonomi vice-presidenti e (dal 1931), il seguente comitato per la redazione del piano: Giuseppe Pagano-Pogatschnig, Marcello Piacentini (che rappresentava il legame con l'expo del 1911, ma era anche politicamente e stilisticamente legato al regime), Luigi Piccinato, Ettore Rossi e Luigi Vietti (in pratica il gruppo che aveva realizzato il piano per la Città Universitaria, 1932-1935).

Gli studiosi di architettura parlano di uno scontro interno fra il monumentalismo rappresentato da Piacentini e l'architettura razionalista secondo la visione di Pagano – scontro perso da quest'ultimo, che pure era riuscito a controllare la situazione nel caso della Città Universitaria. Sul piano tecnico, venne presa risolutivamente posizione per l'uso dei materiali tradizionali (pietra, tufo, travertino, marmi, mattoni) a danno dei materiali moderni (metalli).

Attualmente, si tende a rivalutare con un giudizio in parte positivo i risultati ottenuti tramite concorsi per singole opere: il Palazzo dei Congressi (di Adalberto Libera, oggi considerato un capolavoro), il Palazzo della Civiltà Italiana (detto il "Colosseo quadrato", oggi chiamato Palazzo della Civiltà del Lavoro, di Mario Romano e Ernesto Bruno La Padula, molto criticato ma anche considerato un esempio importante dell'arte metafisica), ed opere diverse di Gaetano Minnucci, Ludovico Quaroni, Mario De Renzi, Luigi Figini, Gino Pollini e tanti altri (compreso l'Ospedale Sant'Eugenio, completato dopo la guerra).

Sfortunatamente, non venne realizzato il fantastico Arco Imperiale immaginato da



**FIGURA 15** L'EUR oggi: Piazza Italia con l'obelisco commemorativo di Guglielmo Marconi



**FIGURA 16** L'EUR, non ancora completata, nel 1953. Sono ben visibili (da sinistra verso destra): il "Colosseo quadrato", molto più indietro, al centro della foto, il Palazzo dei Congressi, in primo piano la Chiesa dei Santi Pietro e Paolo. Sullo sfondo, si intravedono a sinistra gli edifici delle Tre Fontane e a destra le baracche degli operai che avevano lavorato all'E42 prima della guerra (futuro Quartiere Giuliano-Dalmata)

in primo piano



**FIGURA 17** Il Palazzo dei Congressi dell'EUR (progetto di Adalberto Libera)



**FIGURA 18A** L'Arco Imperiale progettato da Adalberto Libera per l'E42

Adalberto Libera (Figura 18a), poi costruito dall'architetto di origine finlandese Eero Saarinen e dall'ingegnere tedesco Hannskar Bandel (1963-1965) come Gateway to the West a St. Louis negli Stati Uniti (Figura 18b).

Sul piano urbanistico, l'E42 nasce di fatto direttamente sulla base di svariati piani particolareggiati, mentre per la "saldatu-

ra" con la città i poteri vennero dati al governatorato. Particolare attenzione venne data al problema dei trasporti, non solo con la Via Imperiale a cui si è già accennato, ma con la viabilità di contorno (il futuro Viale Marconi con relativo ponte, il futuro Viale Marco Polo con implicito il collegamento tangenziale ovest-est), l'idea progettuale della Via Pontina (anche al servizio delle zone bonificate dal regime), persino una bozza di Raccordo Anulare (inizialmente come una strada militare di servizio); e infine, caso unico nel panorama italiano, una ferrovia specifica per l'E42 (l'attuale linea B della metropolitana), con percorso in sotterranea da Termini a Piramide, un tratto affiancato alla linea per Ostia fino alla Magliana, ancora in sotterranea sotto l'E42 fino al Laurentino (Figura 19).

Quando agli inizi del 1942 i lavori cessano per il perdurare della II Guerra Mondiale, le massicciate stradali, i rilevati e le gallerie ferroviarie erano quasi terminati. La galleria urbana avrà un piccolo ruolo nella battaglia di Porta San Paolo nel 1943, compreso lo sganciamento dei superstiti in ritirata verso Termini; venne anche usata come rifugio in caso di attacchi aerei e come deposito della "borsa nera" e la galleria sotto l'E42 servirà egregiamente per riparare materiale rotabile dai bombardamenti durante tutta la guerra.

Mentre i lavori andavano arrestandosi e la scadenza espositiva veniva rimandata sine die, il governatore di Roma, che era il principe Gian Giacomo Borghese, nel 1941 nominava un comitato di esperti per rivedere il piano del 1931 e renderlo compatibile con la nuova espansione verso il mare, producendo una Variante generale: Marcello Piacentini (in posizione dominante), Paolo Salatino (presidente



del Consiglio superiore dei lavori pubblici), Antonio Maccari (direttore dell'ufficio tecnico comunale), Cipriano Efisio Oppo (vice-commissario dell'E42) e Gustavo Giovannoni. La variante non uscì dalla fase di studio ma servì di base per costruire un grande plastico della Roma imperiale di Mussolini (ad imitazione di un simile plastico della Grande Berlino di Hitler); per la visita di Hitler nel 1937 era stata costruita la stazione di rappresentanza di Roma Ostiense (Roberto Narducci, 1937 e 1942), non a caso situata tra la zona archeologica e gli approcci verso l'E42 ed il mare.

Ma la storia dell'E42 non finisce con la cancellazione della scadenza e la sconfitta del fascismo. Mentre è in corso il grande boom del dopoguerra, si continua con la politica di intervenire sulla città, in base a scadenze precise con cui collaborare sia per raggiungere gli obiettivi da perseguire che per valutare gli effetti degli interventi.

Il primo di questi eventi è l'Anno Santo 1950 che però, salvo alcune aperture di strade, interessa poco le realtà espositive; semmai è da notare sullo sfondo la grande espansione edilizia e l'inizio della storia senza fine del piano regolatore. Il secondo è invece fondamentale: il rilancio e il completamento dell'E42, ribattezzato EUR, ove l'incarico di commissario è stato affidato a Virgilio Testa, convinto fautore dell'espansione verso il mare e non verso est (l'Asse Attrezzato) come predicato dalla maggioranza degli urbanisti. Dal 1955 entra in funzione la ferrovia ormai completata e definitivamente linea metropolitana B da Termini all'EUR e con servizi anche da Termini a Ostia. Per l'Anno Santo viene completata la Via Cristoforo Colombo, e su di essa viene spostata la sede



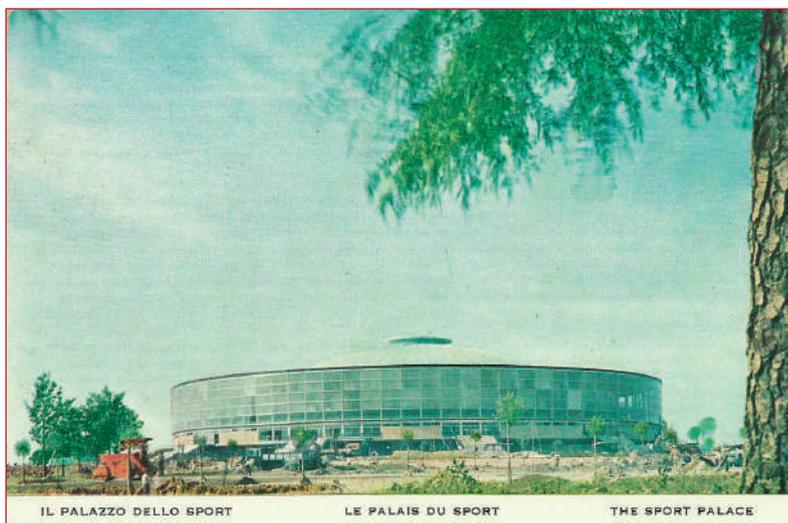
**FIGURA 18B** Gateway to the West, arco realizzato a St. Louis (USA) nel 1963-1965 da Eero Saarinen e Hannskarl Bandel

della Fiera di Roma; negli anni successivi, si spostano all'EUR molti uffici e musei e si apre la Via Pontina.

Il colpo finale del rilancio si verifica con la XVII Olimpiade del 1960, assegnata a Roma. I giochi si svolsero in due zone di impianti, la prima al Flaminio e nel Foro Italico: i campi sportivi dell'Acqua Acetosa (compresi quelli per il polo e per il rugby), il Villaggio Olimpico (Vittorio Cafiero, Adalberto Libera, Amedeo Lucichenti, Vincenzo Monaco e Luigi Moretti) con edifici su pilotis (ispirati a Le Corbusier), lo Stadio Flaminio (ossia lo Stadio Nazionale ricostruito, Pier Luigi Nervi e Antonio Nervi), Palazzetto dello Sport



**FIGURA 19** I lavori per la metropolitana (futura linea B) nel 1939 presso il Colosseo (sullo sfondo l'Arco di Costantino)



**FIGURA 20** Il Palazzo dello Sport all'EUR (progetto di Pier Luigi Nervi e Marcello Piacentini) in via di ultimazione per le Olimpiadi del 1960

(completato qualche anno dopo, Pier Luigi Nervi e Annibale Vitellozzi), Stadio Olimpico (al posto dello Stadio dei Cipressi è stato realizzato il nuovo Stadio detto dei Centomila, Annibale Vitellozzi, 1953, con qualche ritocco per essere trasformato in Olimpico), Stadio dei Marmi (Enrico Del Debbio, 1928), Stadio del Nuoto (Enrico Del Debbio e Annibale Vitellozzi).

La seconda zona all'EUR: campi sportivi delle Tre Fontane, Palazzo dello Sport (Pier Luigi Nervi e Marcello Piacentini - Figura 20), Velodromo Olimpico (Cesare Ligini, Dagoberto Ortensi, Silvani Ricci e Francesco Guidi), Piscina delle Rose. Le due zone vennero collegate dalla "strada veloce" Via Olimpica, in verità, un tracciato raffazzonato, che utilizzava le gallerie della mai realizzata linea di cintura, le due circonvallazioni Clodia e Trionfale, Via Cipro, un tratto nuovo fino al Bel Respiro con il taglio di Villa Pamphili, quindi la Circonvallazione Gianicolense, Via Quirino Majorana, Viale Marconi, Via Cristoforo Colombo. Il percorso è di circa 25 km e costituisce una sorta di tangenziale ovest. Va ricordato anche il tratto sopraelevato di Corso Francia che attraversa il Villaggio Olimpico (Pier Luigi Nervi).

L'idea delle Olimpiadi localizzate, al tempo stesso, nella zona del Flaminio-Farnerina e dell'E42 non era peraltro nuova. Essa era già stata avanzata dopo l'inaugurazione del Foro Mussolini, dopo i buoni risultati sportivi italiani alle Olimpiadi di Los Angeles nel 1932 (seconda per numero di medaglie) e dopo l'assegnazione delle Olimpiadi del 1936 a Berlino; Roma aveva quindi chiesto le Olimpiadi del 1940, senza successo (spostate poi al 1944, ipotesi ovviamente resa impossibile per la guerra), ma Mussolini aveva probabilmente già intuito i potenziali vantaggi



## Roma: Acqua Acetosa, Piazza Venezia, EUR (1940-1944)



Nella copertina di una pubblicazione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, nelle tre piante riportate si vedono chiaramente, nonostante la cattiva qualità delle illustrazioni, tre aspetti progettuali collegati alle mai realizzate Olimpiadi di Roma del 1940 o del 1944. A sinistra: il plastico del progetto dell'E42/EUR (si noti in alto l'Arco gigante di Libera, poi realizzato a St. Louis, come ricordato nel testo). Al centro: mappa di Moretti – che è quasi incredibile per la precisione delle previsioni futuribili - in cui si notano in nero (dall'alto verso il basso) la zona dell'Acqua Acetosa, del futuro Villaggio Olimpico e del Foro Italico; Piazza Venezia; l'E42/EUR con la forma inconfondibile del quartiere; il collegamento citta-

dino attraverso il centro storico tramite la Flaminia, il Corso, la Via Imperiale, futura Cristoforo Colombo.

Sulla destra, da Piazza Venezia, la Via dell'Impero prolungata nella Via dei Monti in progetto. Sulla sinistra, da Piazza Venezia, la Via del Mare (non del tutto realizzata, probabilmente oggi in parte corrispondente a Viale Leonardo da Vinci).

Più ancora sulla destra l'abbozzo della Via Guglielmo Marconi dall'E42/EUR fino al ponte con cui scavalca il Tevere (anche esso riportato sulla mappa). All'estrema sinistra, la via Olimpica dal Foro Italico all'EUR, come poi sarebbe stata realizzata per le Olimpiadi del 1960. All'estrema destra è chiaramente indicata persino la Tangenziale Est dall'Acqua Acetosa al tratto mai realizzato per l'EUR poi ripreso dai progetti di Asse Attrezzato.

A destra: il progetto per la sistemazione finale della zona del Foro Italico e Flaminio. In questo disegno di Moretti c'è tutto quello che venne progettato per il 1940, 1942, 1944 e in parte realizzato per il 1960 e oltre: una vera e propria previsione della attuazione di parte della variante di Roma Imperiale.



per il regime di un evento e di un intervento urbanistico siffatto. E risale a quel periodo il coinvolgimento di Del Debbio e di Moretti in queste ipotesi e piani urbanistici, stimolati anche da altre opere di regime non realizzate o la cui destinazione venne cambiata (l'Arengo delle Nazioni, il Colosso, il Museo dell'Opera Balilla, il Palazzo del Littorio poi Ministero degli Esteri). Moretti in particolare aveva ideato una dorsale-tangenziale (la futura via Olimpica) che univa i "fori", cioè il nuovo ingresso monumentale a Roma (i futuri Corso Francia e Ponte Flaminio allora noto come Ponte XXVIII Ottobre) e il Foro Mussolini con una zona di espansione verso il mare (la futura E42-EUR), collegata alla zona archeologica da un ampio viale (la Via Imperiale poi Cristoforo Colombo); era persino previsto il Viale Marconi. È incredibile come a Roma i progetti prendano tempo e, apparentemente nuovi, vadano indietro con le proprie radici. La complessa storia dell'esposizione universale, nota come E42, le sue parziali radici nell'esposizione del 1911, la sua interazione con il Foro Italico, il suo fallimento dovuto alla scelta di Mussolini di schierarsi nella guerra con la Germania nazista, la rinascita dell'EUR e la realizzazione delle infrastrutture per le Olimpiadi del 1960, confermano la tipicità romana di utilizzare le scadenze come momenti di realizzazione. Questo nonostante la mancata aderenza ai dettami dell'urbanistica moderna. In numerosi studi condotti all'estero, la XVII Olimpiade di Roma viene considerata come la prima nel mondo contemporaneo, pioniera nell'organizzazione, nella comunicazione, nella logistica, nell'architettura e infine nella partecipazione. Si aggiungano alcuni pregevoli prodotti architettonici: su tutti, dopo il genio, peraltro criticabile da certi punti di vista, di

Luigi Moretti, emergono, nella loro diversità, quelli di Adalberto Libera e di Pier Luigi Nervi.

### Nel centenario dell'Unità d'Italia: Torino 1961

L'expo del 1961 venne denominata ufficialmente Esposizione Internazionale del Lavoro - Torino 1961 (*Exposition Internationale du Travail - Turin 1961, International Labour Exhibition - Turin 1961*), conosciuta anche come Italia '61. Essa si svolse a Torino e venne organizzata per celebrare il primo centenario dell'Unità d'Italia, riallacciandosi così al trittico Torino-Firenze-Roma del 1911. Per l'occasione, secondo quella che era diventata una specialità italiana, venne interamente costruito un quartiere di Torino, nella zona Sud della città in una zona bonificata sulle rive del fiume Po. L'esposizione richiamò più di quattro milioni di visitatori provenienti da tutto il mondo.

Le attrazioni principali furono la monorotaia ALWEG, il Circarama (un sistema di proiezione cinematografica a 360 gradi della Walt Disney) e la funivia che collegava in modo spettacolare, passando sopra il Po, il Parco del Valentino con il Parco Europa posto sulla collina di Torino. Fu notevolmente migliorata l'illuminazione pubblica della città - e in particolare dell'area espositiva (Corso Unità d'Italia) - grazie ai moderni impianti progettati da Guido Chiarelli. Fra i palazzi costruiti per l'occasione, vanno ricordati il Palazzo del Lavoro e il Palazzo a Vela.

### Esposizione di Genova nel 1992: Colombiadi

L'Expo del 1992 - ufficialmente chiamata Esposizione Internazionale Specializzata



Genova '92 - Colombo '92 - si è svolta a Genova dal 15 maggio al 15 agosto 1992, con il tema Cristoforo Colombo - La nave e il mare. L'occasione per l'organizzazione di questa expo è stata il cinquecentenario della scoperta delle Americhe da parte del navigatore genovese. Per via del tema specifico, le manifestazioni legate all'esposizione sono state anche chiamate *Colombiadi*. Nello stesso anno venne organizzata a Siviglia un'altra expo che però era articolata secondo i canoni dell'"Esposizione Universale". Con questa decisione, senza dubbio più favorevole a Siviglia, veniva in un certo senso confermata la tradizione italiana delle expo tematiche. Emergeva però una polemica sulla natura "coloniale" dell'impresa di Colombo e sulla "primogenitura" delle sue scoperte, che Siviglia era abilmente riuscita a schivare nonostante il ruolo spagnolo e della stessa città di Siviglia (prima sede dell'amministrazione delle colonie) nelle conquiste delle Americhe e altrove. L'evento di Genova si tenne al Porto Antico, restaurato e ristrutturato con l'intera zona del porto su disegno di Renzo Piano, come pure parte del retrostante centro storico. In particolare, il sito espositivo venne suddiviso in quattro zone:

1. Magazzini del Cotone, un edificio del primo '900 adibito allo stoccaggio delle merci, dismesso in occasione delle Colombiadi e trasformato una struttura polifunzionale che ospita un centro congressi, negozi, ristoranti ed un cinema multisala.
2. Deposito Franco.
3. Ponte Spinola, con l'acquario (il principale in Italia).
4. Grande Bigo, con l'ascensore panoramico ispirato nelle forme alle gru da carico montate sulle navi.

In occasione della manifestazione, venne

anche inaugurata la terza stazione della metropolitana cittadina (Principe), posta nelle vicinanze dell'omonima stazione ferroviaria. Il recupero dell'area, dopo un breve periodo di semiabbandono, è poi continuato negli anni seguenti, con la locazione in zona di diversi musei (Museo Nazionale dell'Antartide Felice Ippolito, Galata - Museo del Mare, e un museo dedicato a Emanuele Luzzati), il recupero di parte della zona portuale a fini abitativi (Marina Porto Antico) e l'apertura delle stazioni della metropolitana della Darsena e di Caricamento/San Giorgio.

Parteciparono all'evento 57 paesi - ospite d'onore le Bahamas, sede del primo sbarco di Colombo - con 800.000 visitatori, un numero nettamente inferiore a quello inizialmente ed erroneamente annunziato (1.700.000), e lontano dal numero previsto (3.000.000); con conseguenti problemi finanziari e inter-governativi.

### Note conclusive

A valle dell'inizio della Rivoluzione Industriale, le esposizioni internazionali e successivamente le esposizioni universali si affermano chiaramente come palcoscenico di presentazione delle invenzioni e dei primi articoli standardizzati o prodotti in serie da queste derivate. Il panorama delle invenzioni e, in parallelo, quello delle scoperte geografiche e etnografiche, serve a marcare il quadro e lo stato del progresso tecnologico, sottolineando di preferenza le conquiste della tecnologia più che quelle della scienza. Vi sono alcune tematiche che si affermano e si rincorrono nelle esposizioni specializzate ed anche in molte delle esposizioni universali dove rappresentano interessi commerciali importati e prodotti di attrazione per la nuova classe dei consumatori. Si

impongono così: trasporti, oggettistica e arredamento con caratteristiche d'arte (secondo i nuovi stili: neo-gotico, art nouveau, art deco, bauhaus, liberty, futurismo, modernismo, international ecc.), gadget meccanici e elettromeccanici, strumentistica, agro-alimentare ecc. Hanno grande rilievo le questioni ed i materiali etnografici e le produzioni tipiche. Un processo simile di specializzazione si verifica nelle fiere delle varie città italiane.

Su questa funzione principale di sede di scambio commerciale-tecnologico si insediano almeno altre due funzioni delle esposizioni: la prima è quella di offrire l'arena dove gli stati-nazione possano competere in prestigio e influenza; l'importanza sempre crescente dei padiglioni nazionali porterà anche ad una competizione fra gli stessi padiglioni con conseguente miglioramento artistico-architettonico. L'altra funzione, in continuo aumento rinnovamento anche per attrarre il pubblico, riguarda la presenza di un'area dedicata ad attività ricreative e di fruizione (tipicamente, parchi dei divertimenti e parchi a tema compresi i giardini zoologici e gli orti botanici), anche questa parte in continua evoluzione e competizione. Spesso, si sviluppa anche una terza funzione concernente gli scambi culturali con l'ausilio di zone congressuali, studi, teatri, strutture culturali. L'offerta delle esposizioni si avvicina così, in parallelo alla risposta alle esigenze dei governi, ad un'analoga disponibilità per le esigenze individuali e consumistiche e per altre finalità tipicamente antropiche. Rientra in questo quadro la tendenza a costruire aree edificate e paesaggistiche, quartieri permanenti e città satelliti con importanti effetti di progresso nella scienza della pianificazione e crescita ur-

banata. Come abbiamo visto, è in questo settore, nel passaggio dal singolo edificio o dall'edificio posticcio al quartiere completo pianificato (corredato in molti casi dal necessario trasporto pubblico), che si afferma un ruolo italiano, nonostante la relativa scarsità della presenza nazionale in termini numerici e di rilevanza. Questo è vero soprattutto nei due casi-limite italiani: l'esposizione di Roma nel 1911, per molti aspetti la prima a esemplificare nella sua stessa strutturazione il passaggio dall'effimero al city planning; e l'E42 (poi EUR), "l'interrotta", che è il primo caso, nonostante la contaminazione fascista, di vera e completa città-satellite con tutte le caratteristiche della modernità, o almeno di una modernità; ed è anzi addirittura parte centrale di un trittico – Foro Italico, E42/EUR, Olimpiadi, con i collegamenti reciproci – che, nel bene o nel male, ha inciso e mutato profondamente la città, peraltro unico esempio concreto di un periodo di storia urbana tra le due guerre mondiali (a cui le stesse Olimpiadi stilisticamente appartengono). In conclusione, va anche sottolineato come le grandi esposizioni abbiano bisogno di una profonda revisione. Oggi, anche l'ultimo della terra ha una vetrina permanente, molto più informata, più dibattuta, più concorrente, da visitare e utilizzare usando i mezzi dell'elettronica e dell'informatica. Le esposizioni dovranno quindi modificarsi in qualcosa d'altro. Londra 1851, Parigi 1889, Roma 1911 di Nathan, e poi ancora Roma 1942 di Mussolini sono servite o dovevano servire per dare un segno della potenza e del progresso degli stati. Sono stati dei successi, ma oggi potrebbe non bastare. Era l'incontro, periodico, fra le diverse visioni del produrre e dello stare insieme nei centri urbani, la fine o



**l'inizio di correnti intellettuali e culturali, la salita o la discesa della potenza delle nazioni. Oggi potrebbe divenire il luogo**

**dove presentare e discutere il “problem solving” in modo profondo e scegliere e concordare le tecnologie ed i metodi.** ●

**bibliografia e sitologia**

- L. Aimone & C. Olmo. *Le Esposizioni Universali 1851-1900: Il Progresso in Scena*. Allemandi, Torino, 1990
- Architettura e Urbanistica. *Roma Capitale 1870-1911*. Marsilio, Roma, 1984
- L.V. Barbera. *La Casa di Roma*. In: A. Bruschi, a cura di, *Architettura e Città negli Anni della Seconda Guerra Mondiale*, pp. 64-81, Gangemi, Roma, 2004
- L. Benevolo. *Roma da ieri a Domani*. Laterza, Bari, 1971
- A. Bruschi, a cura di. *Roma: Architettura e Città negli Anni della Seconda Guerra Mondiale*. Dipartimento Progettazione Architettonica, Urbana, del Paesaggio e degli Interni, Università di Roma La Sapienza, Gangemi, Roma, 2004
- A. Bruschi. *La variante generale del 1942 al Piano Regolatore di Roma*. In: A. Bruschi, a cura di, *Architettura e Città negli Anni della Seconda Guerra Mondiale*, pp. 46-63, Gangemi, Roma, 2004
- A. Caracciolo. *Roma Capitale*. Editori Riuniti, Roma, 1974
- A. Cederna. *Mussolini Urbanista*. Laterza, Bari, 1979
- P. Cimbolli Spagnesi. *Luigi Moretti al Foro Mussolini: La palestra del duce e altri inediti*. In: *Sapienza, Università di Roma, Dipartimento di Storia dell'Architettura, Restauro e Conservazione dei Beni Architettonici, Convegno: Luigi Moretti Architetto del Novecento*, Gangemi, Roma, 2006
- Z. Ciuffoletti & R. Giannetti. *ItaliaFiera dalle Esposizioni Universali al Mercato Globale 1861-2006*. Edizione italiana e inglese, La Fotografia Racconta, 2006
- E. Colombo, L. Mocarrelli & L. Stanca. *La Fiera di Milano nell'Economia Italiana*. Franco Angeli, Milano, 2003
- S. De Paoli & A. Ravaglioli, coordinatori. *La Terza Roma*. Fratelli Palombi, 1971
- E. Di Bastiano. *Esposizioni Universali nella storia: Arte e tecnica in mostra*. *Rivista Consaq* n. 12\_09/27\_29
- C. Cresti. *Firenze Capitale: Architettura e Cultura: Dal piano Poggi a Oggi (Documenti di architettura, Italian Edition)*. Art Books Intl. Ltd., Mineola, 1996
- J.E. Findling & K.D. Pelle, eds. *Encyclopedia of World's Fairs and Expositions*. McFarland, Jefferson/London, 2008
- A.P. Frutaz. *Le Piante di Roma*. Istituto di Studi Romani, Roma, 1962
- F. Garofalo & L. Veresane. *Adalberto Libera*. Princeton Architectural Press, New York, 2002
- E. Gentile. *Il Fascismo di Pietra*. Laterza, Bari, 2007
- A.C.T. Geppert. *Fleeting Cities: Imperial Expositions in Fin-de-Siècle Europe*. Palgrave Macmillan, Basingstoke/New York, 2010
- A. Giardina & A. Vauchez. *Ritorno al futuro: La romanità fascista*. In: A. Giardina & A. Vauchez, *Il Mito di Roma*, Laterza, Bari, 2000
- L. Iermano. *L'area della Farnesina: La trasformazione del Foro Mussolini nella porta nord di Roma*. In: A. Bruschi, a cura di, *Architettura e Città negli Anni della Seconda Guerra Mondiale*, pp. 100-111, Gangemi, Roma, 2004
- I. Insolera. *Roma Moderna*. Einaudi, Torino, 1962
- I. Insolera & L. Di Majo. *L'EUR e Roma dagli Anni Trenta al Duemila*. Laterza, Bari, 1986
- P.M. Lugli. *Urbanistica di Roma*. Bardi, Roma, 1998
- M.I. Maciotti. *Ernesto Nathan*. IANUA Edition, Roma, 1983
- A. Manodori, M.R. Grifoni, C. Cerchiai, M. Quercioli & C. Rendina (et al.). *I Quartieri di Roma*. Newton Compton, Roma, 2006
- D. Maraniss. *Rome 1960: The Olympics that Changed the World*. Simon & Schuster, New York, 2008
- Ministero per i Beni e le Attività Culturali. *Il Foro Italico e l'E42*. In: *MdIR Monumenti di Roma: Piani Urbanistici, Architettura e Arte della Terza Roma, Quaderni della Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio di Roma*, n. 1-2, BetaGamma, Viterbo, 2004
- P.L. Nervi & L.A. Huxtable. *Pier Luigi Nervi. I Maestri dell'Architettura Contemporanea*, Accademia di San Luca, Il Saggiatore, Milano, 1960
- M. Piacentini. *Le Vicende Edilizie di Roma dal 1870 ad Oggi*, Fratelli Palombi, Roma, 1952
- V. Quilici, a cura di. *E42-EUR Un Centro per la Metropoli*. Olmo, Roma, 1996
- S. Santuccio. *Luigi Moretti. Serie di Architettura*, Zanichelli, Bologna, 1986
- V. Vidotto. *Il mito di Mussolini e le memorie nazionali: Le trasformazioni del Foro Italico 1937-1960*. In: A. Bruschi, a cura di, *Architettura e Città negli Anni della Seconda Guerra Mondiale*, pp. 112-121, Gangemi, Roma, 2004
- B. Tobia. *Riti e simboli di due capitali (1846-1921)*. In: V. Vidotto, a cura di, *Roma Capitale*, Laterza, Bari, 2002
- M. Vescovo & N. Vespignani. *Le Capitali d'Italia: Torino, Roma 1911-1946: Arti, Produzione, Spettacolo*. Electa, Milano, 1997
- V. Vidotto. *La capitale del fascismo*. In: V. Vidotto, a cura di, *Roma Capitale*, Laterza, Bari, 2002.
- V. Vidotto. *Roma Contemporanea*. Laterza, Bari, 2001
- O. Zannoni. *Il TramSporto del Tranviere*. Calosci, Cortona, 2010
- [en.expo2015.org](http://en.expo2015.org)
- [www.italyworldsfairs.org/mainpage.html](http://www.italyworldsfairs.org/mainpage.html)
- Alexander C. T. Geppert: *Fleeting Cities. Imperial Expositions in Fin-de-Siècle Europe*, Basingstoke/New York: Palgrave Macmillan, 2010
- Findling, John E. and Kimberly D. Pelle, ed. *Encyclopedia of World's Fairs and Expositions* Jefferson, NC and London:McFarland, 2008



## 2014: anno internazionale dell'agricoltura familiare

Secondo i dati raccolti dal censimento mondiale dell'agricoltura il 73 per cento del numero totale delle aziende ha meno di 1 ettaro di terreno e l'85 per cento meno di 2 ettari. La maggior parte delle aziende sotto i 2 ettari si trovano in Asia e Africa. Nei paesi in via di sviluppo, il numero totale di piccole aziende tende a raggiungere 500 milioni di unità. L'agricoltura familiare può contribuire a ridurre la fame e la povertà, proteggere l'ambiente, gestire le risorse naturali e l'agro-biodiversità. Per queste ragioni, l'agricoltura familiare può essere considerata parte della soluzione verso la sicurezza alimentare e lo sviluppo sostenibile

DOI: 10.12910/EAI2014-67

■ M. Marino, F. Gianfelici

### Perché proprio l'agricoltura familiare?

Su iniziativa del Forum Mondiale Rurale, sostenuta da oltre 360 tra Organizzazioni della società civile e degli agricoltori, la 66ma Assemblea Generale delle Nazioni Unite ha dedicato il 2014 all'agricoltura familiare con il preciso obiettivo di stimolare politiche attive per lo sviluppo locale. Si tratta di un tema di forte rilevanza e di sicuro impatto anche sull'opinione pubblica mondiale, che conferma, ancora una volta, il ruolo fondamentale dell'agricoltore nel combattere la pover-

tà e la fame rispettando l'ambiente e la biodiversità. Fra i sistemi agricoli realmente sostenibili che possono soddisfare le future esigenze alimentari del mondo, l'agricoltura familiare sembra essere una delle pratiche più adatte. Essa preserva i prodotti alimentari tradizionali, contribuisce a una dieta più bilanciata e protegge l'agro-biodiversità.

### Agricoltura familiare una definizione eterogenea

Che cosa s'intende per agricoltura familiare? Vi sono diverse definizioni ma nessuna universalmente riconosciuta e condivisa. Nel tentativo di classificarla, possono essere presi in considerazione l'estensione delle aree coltivate, il numero delle persone coinvolte, il fine ultimo delle attività, ovvero se per pro-

durre reddito o per la sussistenza familiare.

L'agricoltura familiare è, generalmente, quella praticata da gruppi di persone che comprendono i piccoli proprietari e gli agricoltori di medie dimensioni, contadini, comunità indigene e tradizionali, ma anche pescatori, pastori e molto altro, comprese quelle persone che fanno uso di terreni messi a disposizione o dati in affitto. Le aziende sono gestite da gruppi familiari, gran parte dei quali diretti da donne, che spesso giocano un ruolo importante nelle attività di produzione, trasformazione e commercializzazione.

L'aspetto riguardante l'estensione dei terreni coltivati, generalmente meno di un ettaro di terra, è molto importante per aiutare a categorizzare e spiegare il fenomeno, che spesso coincide con quello dei pic-

■ Mario Marino, Francesca Gianfelici  
FAO

Contatto: Mario Marino  
Mario.Marino@fao.org



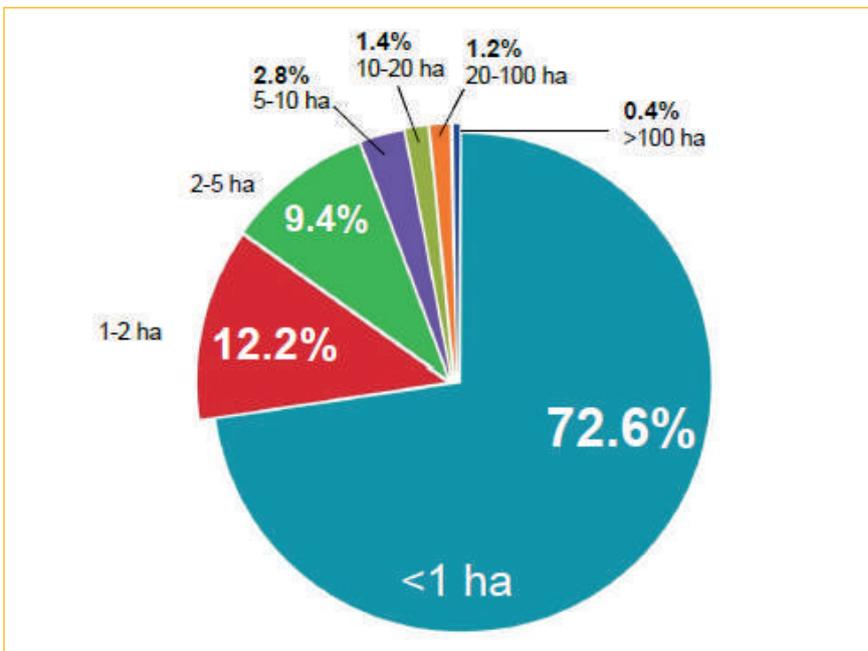
coli produttori, cosiddetti piccoli coltivatori.

L'Agricoltura Familiare può essere considerata parte di una soluzione verso la sicurezza alimentare e lo sviluppo sostenibile. I governi, inclusi quelli locali, le agenzie regionali, le organizzazioni internazionali, la società civile ed il settore privato, oltre agli istituti di ricerca, tutti hanno un ruolo specifico da svolgere. Per questo il Comitato per la Sicurezza Alimentare Mondiale (CFS<sup>1</sup>) ha commissionato uno studio specifico sui piccoli produttori a un comitato di esperti che ha prodotto una dettagliata descrizione che aiuta a quantificarne il valore. I piccoli agricoltori contribuiscono alla sicurezza alimentare e alla nutrizione a livello mondiale e nello stesso tempo svolgono molti altri ruoli sul territorio. L'evidenza storica mostra che l'agricoltura su piccola scala, adeguatamente sostenuta da politiche e investimenti pubblici, ha la capacità di contribuire efficacemente alla sicurezza alimentare ed alla crescita economica mediante la creazione di posti di lavoro, la riduzione della povertà e delle disuguaglianze socio-economiche.

I dati raccolti su 81 paesi (Figura 1) offrono un quadro eloquente (Figura 2). Si tratta di un dataset di paesi che copre due terzi della popolazione mondiale ed il 38 per cento della superficie agricola. Secondo questi dati, il 73 per cento del numero totale delle aziende dispongono di meno di 1 ettaro di terreno e l'85 per cento meno di 2 ettari. La maggior parte delle aziende al di sotto dei 2 ettari si trovano in Asia

<b>Africa</b>	Algeria, Cape Verde, Côte d'Ivoire, Ethiopia, Guinea, Lesotho, Mali, Morocco, Mozambique, Namibia, Réunion (Fr), Senegal, Togo
<b>LAC</b>	Guatemala, Jamaica, Nicaragua, Panama, Puerto Rico (USA), Saint Lucia, Saint Vincent, Trinidad and Tobago, United States, Virgin Islands (USA), Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, French Guiana (Fr), Uruguay, Venezuela.
<b>Asia</b>	China, India, Indonesia, Iran, Jordan, Kyrgyz Rep, Laos Peoples Democratic Rep, Lebanon, Myanmar, Nepal, Pakistan, Philippines, Qatar, Thailand, Turkey, Vietnam.
<b>Europe</b>	Austria, Belgium, Cyprus, Croatia, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Georgia, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovak Republic, Spain, Sweden, United Kingdom.
<b>Pacific</b>	American Samoa (USA), Cook Islands, Guam (USA), New Zealand, North Mariana Isl. (USA), Samoa

**FIGURA 1** Elenco dei Paesi coinvolti nel Censimento Mondiale dell'Agricoltura della FAO



**FIGURA 2** Ripartizione degli appezzamenti per superficie negli 81 paesi del Censimento Mondiale dell'Agricoltura della FAO  
Fonte: HLPE, 2013

e in Africa. Nei paesi in via di sviluppo, il numero totale di piccole aziende tende a raggiungere 500 milioni di unità. Secondo il WCA<sup>2</sup>, la

Cina ha circa 200 milioni di piccole aziende che coprono solo il 10 per cento del terreno agricolo disponibile a livello globale, e producono

il 20 per cento degli alimenti su scala mondiale. Questa è un'indicazione importante della produttività che può essere raggiunta con l'agricoltura familiare rispetto alle aziende più grandi.

### I piccoli produttori nel secolo dell'urbanizzazione

Il ruolo dell'agricoltura familiare nel mondo ha un peso di grande rilevanza, soprattutto in un contesto di crescente urbanizzazione e di spostamento delle popolazioni verso le aree urbane, ancora di più

se consideriamo le popolazioni più giovani. Stime ONU hanno già evidenziato che più della metà della popolazione mondiale vive nelle zone urbane del pianeta (52% nel 2011<sup>3</sup>).

Anche l'agricoltura urbana può essere annoverata fra le modalità dell'agricoltura familiare. "L'agricoltura urbana può essere praticata in giardini e orti, tetti, terre pubbliche abbandonate, piccoli appezzamenti coltivati da residenti delle diverse estrazioni sociali. L'orientamento e la scala di tali attività può variare da coltivazioni

volte alla sussistenza a quelle di tipo ricreativo, passando per le attività produttive su micro-scala, gli orti semi-commerciali di piccola scala e piccolo allevamento, fino alle aziende commerciali di media e larga-scala. L'agricoltura urbana fornisce un contributo sostanziale all'alimentazione delle città in molti paesi. Inoltre, con la rapida crescita della popolazione urbana e il basso livello nutrizionale della dieta della popolazione più povera nelle aree urbane e peri-urbane, questa agricoltura crea maggiore approvvigionamento alimentare."<sup>4</sup>

Oggi al mondo abbiamo più di 1,2 miliardi di giovani. Si stima che i giovani costituiscano più del 18% della popolazione mondiale e il 25% della popolazione attiva totale. Circa il 90% dei giovani vive nei paesi in via di sviluppo e circa la metà vive nelle aree rurali. Il più alto tasso medio annuo di crescita della popolazione negli ultimi dieci anni si è avuto nell'Africa subsahariana (2,5%), in Medio Oriente (2,2%), Nord Africa (1,7%) e Asia meridionale (1,7%).

Le previsioni di crescita della popolazione più giovane indicano un picco nel 2035.

Come recentemente dichiarato dal direttore generale della FAO, Graziano da Silva, "l'agricoltura familiare è fra le vie più importanti per l'inclusione socio-economica di milioni di famiglie e comunità, soprattutto, essa svolge un ruolo di particolare rilevanza per donne e giovani. Da decenni, gli agricoltori più poveri sono visti come un problema da risolvere. Ma dove e quando i governi e le persone sono stati capaci di for-

### Orti e frutteti nelle zone rurali e urbane per rafforzare la sicurezza alimentare dei piccoli agricoltori e delle popolazioni più vulnerabili

Lanciato nel 1990, ProHuerta è un programma di produzione alimentare in aree urbane e peri-urbane dell'Argentina, interamente finanziati dal governo nazionale (Ministero dello sviluppo sociale) e attuato dall'Istituto Nazionale di Tecnologia Agricola (INTA). 600 000 orti domestici (circa 1 ettaro ciascuno, per sfamare una famiglia di 5 persone), 7 000 orti scolastici (2 ettari) e 4 000 orti comunitari (10 ha) hanno contribuito a produrre il cibo per 3 milioni di persone. Ogni dollaro investito da ProHuerta genera 20 dollari in termini di alimenti prodotti, senza contare i benefici non monetari legati al potenziamento dei gruppi vulnerabili e alla costruzione del capitale sociale. Il programma doveva inizialmente affrontare la crisi alimentare e la malnutrizione tra i poveri, ma baratto e fiere da parte della comunità hanno fornito benefici economici aggiuntivi e un modo per rafforzare ulteriormente la coesione sociale. Questo ha contribuito a stimolare le economie locali e ha offerto nuove opportunità di lavoro per i più poveri. Attraverso una fitta rete di tecnici sul campo e volontari, ProHuerta promuove la produzione alimentare agro-ecologica su piccola scala, con metodi naturali per controllare i parassiti e le malattie e di compostaggio su piccola scala per la produzione di fertilizzanti.

Fonte: Roberto Cittadini, *Coordinador Nacional del ProHuerta (INTA-MDS)*. Ulteriori informazioni in "Cittadini, 2010" e <http://www.vocese-nelfenix.com>

*nirgli il necessario sostegno e hanno compreso che i piccoli produttori sono effettivamente parte della soluzione, i risultati ottenuti sono stati promettenti". Graziano da Silva l'ha dichiarato in occasione di un evento per la promozione degli orti locali, sottolineando come questi "possano coinvolgere famiglie intere e trasferire la tradizione e la cultura del cibo da una generazione all'altra contribuendo a trasformare i giovani di oggi nei leader di domani, protagonisti nel garantire la sicurezza alimentare locale, nazionale e internazionale e promotori di politiche di sviluppo sostenibile".<sup>5</sup>*

Nel prossimo futuro avremo bisogno di sfamare una popolazione crescente, concentrata maggiormente in due continenti, Asia e Africa, dove la disponibilità dei terreni agricoli è un problema di lunga data e il grado di pressione esercitato dalla popolazione sul territorio ha raggiunto livelli inaccettabili.

Dobbiamo essere consapevoli che esistono limiti fisiologici oltre i quali l'agricoltura non può permettersi il lusso di andare utilizzando indiscriminatamente ogni mezzo per favorire l'aumento dei raccolti. Non è questa la nuova Rivoluzione Verde da proporre.

L'agricoltura familiare può venirci incontro poiché fornisce una risposta anche di tipo economico, nonché sociale. Essa può contribuire a mitigare gli effetti negativi del cambiamento climatico e può essere una delle soluzioni per ridurre l'uso eccessivo dei mezzi di produzione che hanno caratterizzato l'agricoltura intensiva degli ultimi 60 anni. Le attività di produzione legate

all'agricoltura di tipo familiare contribuiscono a proteggere l'ecosistema dagli eventi avversi, i piccoli produttori costituiscono un vero e proprio presidio sul territorio. In Europa ciò s'inquadra per esempio nel concetto di sviluppo rurale nell'ambito del quale i contadini possono beneficiare di sussidi *ad hoc*. Molte famiglie di agricoltori che vivono in terre marginali, dove gli effetti del cambiamento sono più imponenti, sono diventate esperte nell'identificazione di quelle specie e varietà più resistenti agli shock e alle pressioni naturali. Soprattutto le donne e gli anziani sono attivamente coinvolti nella riproduzione di piante e specie animali che permettono di conservare le specie locali e tradizionali, selezionandole anche a partire da popolazioni selvatiche in base alla loro adattabilità dimostrata nel tempo. Basandosi sulle capacità naturali dei diversi sistemi agricoli queste famiglie di agricoltori diventano meno dipendenti dagli input esterni, soprattutto quelli di natura chimica<sup>6</sup>. L'agricoltura familiare è funzionale all'uso durevole delle risorse, concorrendo a proteggere dai rischi e aumenta la resilienza delle famiglie, assicurando un reddito e una certa disponibilità di cibo. Fornisce così protezione sociale, e riporta alla dimensione universale di *diritto al cibo*. L'agricoltura familiare rafforza quindi le economie locali. Se associate a politiche specifiche volte alla protezione sociale e al benessere delle comunità ciò diventa ulteriormente importante. In questo senso il ruolo delle autorità locali e regionali è la

chiave di volta verso una gestione delle risorse disponibili.

Sono numerosi i casi in cui gli Enti locali svolgono un ruolo nel connettere la terra ai giovani, favorire l'imprenditoria agricola, anche di piccola scala (vedi riquadro sulla Regione Lazio), proprio nell'anno dedicato all'agricoltura familiare, va quindi riconosciuto e apprezzato il ruolo potenziale che possono giocare.

Troppo spesso parliamo di sostenibilità agricola e ambientale dimenticando che la ricerca dei sistemi realmente "durevoli", in grado cioè di soddisfare le future esigenze alimentari del mondo, è realizzabile solo mediante il pieno coinvolgimento delle persone, per esempio le famiglie. Nell'ambito dell'agricoltura familiare il sapere condiviso è un patrimonio e il trasferimento inter-generazionale delle conoscenze ne è la base.

Gli agricoltori sono in grado di trasmettere le proprie conoscenze, di capire il loro territorio e di limitare, spesso con pochi mezzi a disposizione, la perdita della biodiversità locale.

In questo caso le varietà e le razze locali ed in particolare il loro legame con il territorio di provenienza assumono un'importanza agronomica ed economica più che rilevante.

Siamo davanti ad un rapporto strettissimo e di dipendenza reciproca, tra chi effettua la conservazione *ex situ* (banche del germoplasma) e chi salvaguarda e favorisce la conservazione *on farm* (coltivatori/allevatori custodi).<sup>7</sup> Un sostegno finanziario da parte degli Enti locali



### La Regione Lazio lancia “Terre ai giovani”. L’agricoltura familiare dà una voce al futuro e pone le basi per la sicurezza alimentare delle popolazioni locali

Come già accade in molte regioni del mondo, anche in Italia si promuovono iniziative a favore dei giovani in agricoltura. Essendo quella della terra a disposizione una delle limitazioni maggiori, la Regione Lazio ha recentemente lanciato l’iniziativa “Terre ai giovani”. Questa intende mettere a disposizione, in affitto per 15 anni, 320 ettari di terreni di proprietà dell’Arsial a cittadini residenti. Questi terreni, saranno dati in prevalenza a giovani imprenditori agricoli, mettendo a disposizione 150mila euro per le start-up, 500mila euro per la parte investimenti garantiti presso le banche dal patrimonio Arsial. Il canone sarà richiesto all’inizio del quarto anno come ulteriore forma di incentivazione e offrendo il tutoraggio da parte delle strutture tecniche dell’ente. La durata dell’affitto è prevista per 15 anni, con un possibile rinnovo di ulteriori 15 anni su richiesta del concessionario (escluso il tacito rinnovo). Il canone sarà calcolato sulla base dei valori correnti di mercato rilevati dagli enti pubblici e adeguato alle effettive condizioni dei terreni. I giovani imprenditori agricoli (18-39 anni) saranno privilegiati, ma comunque possono manifestare il loro interesse anche imprenditori agricoli o coltivatori diretti, di qualsiasi età, con sede sociale in uno dei Comuni della Regione Lazio. Lo scopo dell’iniziativa è rigenerare terreni che altrimenti resterebbero incolti e fornire nuove opportunità lavorative in un momento di crisi, considerando che il settore dell’agroindustria è uno di quelli con maggiori possibilità di sviluppo.

Ulteriori informazioni:

[http://www.arsialweb.it/cms/index.php?option=com\\_content&task=view&id=933&Itemid=176](http://www.arsialweb.it/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=933&Itemid=176)

all’impegno attuale e futuro degli agricoltori custodi potrà favorire la coltivazione e la conservazione delle varietà locali con maggiore rischio di estinzione. Tutto questo contribuisce a dare voce alle generazioni future, quelle che non hanno ancora un reale peso nelle decisioni attuali. Non dobbiamo, però, cadere nella trappola della contrapposizione, dove le due “agricolture”, l’una più propriamente finalizzata a fare business secondo i criteri dell’economia di mercato e l’altra con interessi più propriamente locali e/o marginali competono tra loro per un obiettivo comune: sfamare il mondo. La complementarità sociale ed economica è la risposta per lo

sviluppo territoriale locale. L’Anno Internazionale dell’agricoltura familiare va oltre: dà spazio all’agricoltura estensiva, ne riconosce le molteplici funzioni anche come forma di presidio del territorio, ma non tende a contrapporre le due diverse scuole di pensiero.

Si calcola che il 73% degli agricoltori dei due terzi del mondo svolgano attività di agricoltura familiare. Producono, commercializzano e consumano i loro raccolti oltre e creano posti di lavoro. Per questo le famiglie di agricoltori devono essere considerate una risorsa e non un limite come accadeva in passato. È importante investire sulla loro imprenditorialità, e soste-

nere quei giovani che cercano le migliori opportunità per il proprio futuro in agricoltura. Siamo davanti ad un atto di forte responsabilità che dovrebbe segnare un nuovo scenario nelle politiche di sostegno all’agricoltura familiare. La FAO sta facendo la sua parte attivando un processo di confronto e offrendo un tavolo di concertazione ma le decisioni dovranno essere adottate dai singoli Paesi e saranno decisive per il futuro del nostro pianeta. ●

**Mario Marino**

Officer – Secretariat of the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture - FAO – Rome (Italy)

**Francesca Gianfelici**

Sociologist and international consultant by FAO – Rome (Italy)

**bibliografia**

Cittadini, R. 2010. Food safety and sovereignty, a complex and multidimensional problem. Buenos Aires, University of Buenos Aires.

Douma, W.; Zwart G.; and Doornbos, S., 2014. Agriculture, biodiversity and communities: does it add up? in Farming Matters, Issue 30.1 of March 2014. (<http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/global/cultivating-diversity/theme-overview-agrobiodiversity>)

HLPE, 2013. Investing in smallholder agriculture for food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome.

United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division, 2012. World Urbanization Prospects: the 2011 Revision.

World Bank. 2013. Urban agriculture : findings from four city case studies. Urban development series ; knowledge papers no. 18. Washington DC : World Bank. (<http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/07/18165126/urban-agriculture-findings-four-city-case-studies>)

**web links**

2014 - International Year of Family Farming  
<http://www.fao.org/family-farming-2014/en/>

Regione Lazio, bando 'Terre ai giovani': 320 ettari per gli agricoltori (10/02/2014)  
<http://www.dire.it/home/5775-lazio-terra-giovani-ricci-rosati-zingaretti.dire>

Slow Food youth gardens in Africa promote nutrition and Sustainability. A way to build opportunities for young Africans, says FAO Director-General (17/02/2014)  
<http://www.fao.org/news/story/en/item/214135/icode/>

Linee guida per la conservazione e la caratterizzazione della biodiversità vegetale, animale e microbica di interesse per l'agricoltura  
<http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/9580>

**note**

[1] <http://www.fao.org/unfao/govbodies/gsbhome/cfs/en/>

[2] World Census of Agriculture: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-wca/it/>

[3] [http://esa.un.org/unpd/wup/pdf/WUP2011\\_Highlights.pdf](http://esa.un.org/unpd/wup/pdf/WUP2011_Highlights.pdf)

[4] World Bank, 2013.

[5] <http://www.fao.org/news/story/en/item/214135/icode/>

[6] Farming Matters/Cultivating diversity, March 2014.

[7] Linee guida per la conservazione e la caratterizzazione della biodiversità vegetale, animale e microbica di interesse per l'agricoltura <http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/9580>



# Indice regionale di penetrazione delle politiche di efficienza energetica: un'analisi empirica

Il Decreto Burden Sharing ha definito e quantificato gli obiettivi intermedi e finali che ciascuna Regione e Provincia Autonoma deve conseguire ai fini del raggiungimento degli obiettivi nazionali al 2020 in materia di quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia nei settori elettrico, termico e trasporti. Oltre che attraverso un maggiore e più razionale ricorso alle fonti rinnovabili, l'obiettivo del Burden Sharing potrà essere raggiunto anche grazie al contenimento dei consumi finali lordi, da perseguire in via prioritaria attraverso lo sviluppo di modelli di intervento per l'efficienza energetica su scala distrettuale e territoriale. Nell'ambito di quel complesso lavoro di definizione di politiche e di costruzione degli scenari potenziali di lungo periodo, e dell'attività di monitoraggio che ne consegue, è stato elaborato un Indice sintetico di Penetrazione delle Politiche di Efficienza Energetica (IPPEE), volto all'identificazione dei punti di forza e debolezza di una data Regione rispetto alle altre per quanto riguarda l'adozione di strumenti normativi e politiche di incentivazione nazionali, nonché di strumenti volontari a livello locale

DOI 10.12910/EAI2014-68

■ A. Federici, L. Manduzio, G. Guarini, G. Garofalo

## Il Burden Sharing regionale

Come noto, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano concorrono al raggiungimento dell'obiettivo nazionale del 17% di energia da fonti rinnovabili sul Consumo Finale Lordo di energia, nell'ambito degli impegni assunti dall'Italia al 2020 per il cosiddetto Pacchetto Clima-Energia 20-20-20. In particolare, il Decreto 15 marzo 2012 del Ministero dello Sviluppo Econo-

mico (cosiddetto Decreto Burden Sharing), in attuazione dell'articolo 37, comma 6, del decreto legislativo n. 28 del 2011, ha definito e quantificato gli obiettivi intermedi e finali che ciascuna Regione e Provincia Autonoma deve conseguire ai fini del raggiungimento degli obiettivi nazionali al 2020 in materia di quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e di quota di energia da fonti rinnovabili nei trasporti. Il Decreto ha altresì definito le modalità di gestione dei casi di mancato raggiungimento degli obiettivi. Al fine di raggiungere tali obiettivi intermedi e finali, le Regioni e le Province Autonome dovranno integrare i propri strumenti per il governo del territorio e per il sostegno all'innovazione nei settori produttivi con specifiche disposizioni a favore non

solo dell'uso delle fonti rinnovabili ma anche dell'efficienza energetica, con la possibilità di stabilire dei limiti massimi per le singole fonti, ricorrendo anche alla sospensione dei procedimenti autorizzativi in corso su motivata segnalazione da parte dei gestori delle reti circa la sussistenza di problemi di sicurezza per la continuità e la qualità delle forniture. Più in generale, oltre che grazie ad un maggiore e più razionale ricorso alle fonti rinnovabili, aspetto che riguarda il numeratore dell'obiettivo del Burden Sharing, si potrà andare ad agire anche sul denominatore attraverso il contenimento dei consumi finali lordi, perseguibile in via prioritaria attraverso lo sviluppo su scala distrettuale e territoriale di modelli di intervento per l'efficienza energetica, integrando necessariamente la programmazione

■ Alessandro Federici, Laura Manduzio  
ENEA

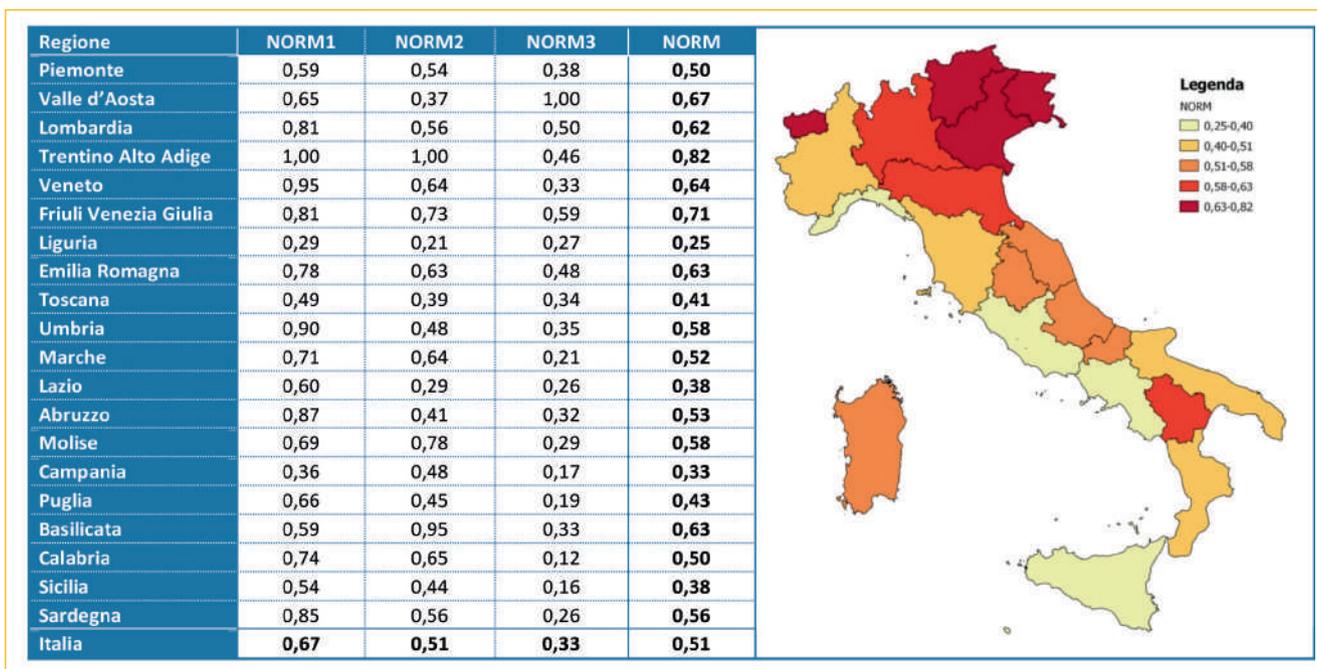
■ Giulio Guarini, Giuseppe Garofalo  
Università degli Studi della Tuscia di  
Viterbo

Contatto: Alessandro Federici  
alessandro.federici@enea.it



Codice	Indicatore	Descrizione Numeratore	Descrizione Denominatore
NORM1	Permessi di costruire residenziale per abitante	m <sup>2</sup> di superficie utile abitabile di nuove abitazioni (anni 2006-2011) Fonte: ISTAT	Popolazione residente Fonte: ISTAT
NORM2	Permessi di costruire non residenziale per addetto	m <sup>2</sup> di superficie totale di nuovi fabbricati non residenziali (anni 2006-2011) Fonte: ISTAT	Occupati totali Fonte: ISTAT
NORM3	Energy Manager per addetto	Energy Manager obbligati nominati nel 2013 in accordo con l'articolo 19 della legge 10/91 Fonte: FIRE	Occupati totali Fonte: ISTAT

**TABELLA 1** Indicatori relativi agli strumenti normativi: definizione  
Fonte: elaborazione ENEA



**TABELLA 2** Indicatori relativi agli strumenti normativi: valori normalizzati  
Fonte: elaborazione ENEA

in materia di fonti rinnovabili e di efficienza energetica con la programmazione di altri settori. Le amministrazioni dovranno perciò mirare all'ottimizzazione di quelle forme di energia maggiormente legate al territorio e al patrimonio edilizio esistente, sfruttando quelle peculiarità ed asset locali che costituiscono dei veri e propri punti di forza al fine di massimizzare le ricadute delle

misure attuate, anche dal punto di vista socio-economico. Nell'ambito di quel complesso lavoro di definizione di politiche e costruzione dei relativi scenari potenziali di lungo periodo a livello nazionale e territoriale, nonché dell'attività di monitoraggio che ne consegue, a corredo delle schede di approfondimento regionale che ne costituiscono una sezione fondamentale, nell'ultima

edizione del Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica (RAEE 2012) è stato elaborato un Indice sintetico di Penetrazione delle Politiche di Efficienza Energetica a livello regionale (IPPEE), costituito da un set di indicatori e volto all'identificazione dei punti di forza e debolezza di una data Regione rispetto sia alle altre Regioni sia alla performance nazionale.

## Il monitoraggio dei risparmi energetici conseguiti

La Direttiva 32/2006/CE sull'efficienza energetica negli usi finali e sui servizi energetici richiedeva agli Stati Membri di adottare un obiettivo nazionale indicativo di risparmio energetico al 2016 pari al 9% della media dei consumi nei settori di uso finale nei cinque anni precedenti l'emanazione della Direttiva. Coerentemente con tale indicazione, il Piano d'Azione italiano per l'Efficienza Energetica (PAEE) 2011 prevedeva programmi e misure per il miglioramento dell'efficienza energetica e dei servizi energetici nei settori di uso finale per un risparmio energetico annuale al 2016 (126.327 GWh/anno) pari al 9,6% del consumo di riferimento. La Direttiva 2012/27/UE ha rafforzato ed esteso tale ambizioso percorso, imponendo di stabilire obiettivi nazionali indicativi al 2020 basati sul consumo di energia primaria o finale, sul risparmio di energia primaria o finale o sull'intensità energetica. Tra gli strumenti di programmazione e monitoraggio previsti dall'articolo 5 del Decreto Legislativo 115/2008, che ha recepito in Italia la citata Direttiva 32/2006/CE, al fine di provvedere al monitoraggio e al coordinamento degli strumenti previsti dal decreto stesso si prevedeva la redazione del citato Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica, mirato all'analisi del raggiungimento degli obiettivi indicativi nazionali di risparmio energetico, al monitoraggio degli strumenti di incentivazione attuati e, non ultimo, all'analisi e alla mappatura dei livelli di efficienza energetica presenti nelle diverse aree del territorio nazionale, utilizzando anche i risultati ottenuti dalle eventuali ulteriori azioni messe in atto dalle Regioni e dalle Province Autonome, con una

conseguente valutazione dei consumi e risparmi ottenuti a livello regionale.

La valutazione quantitativa dei risparmi conseguiti al 2012 contenuta nel RAEE è stata effettuata analizzando, sia a livello nazionale sia regionale, le seguenti misure di miglioramento dell'efficienza energetica:

- recepimento della Direttiva 2002/91/CE e attuazione del decreto legislativo 192/05 con riferimento alla prescrizione di Standard Minimi di Prestazione Energetica degli edifici (SMPE);
- riconoscimento delle detrazioni fiscali (55%) per la riqualificazione energetica degli edifici esistenti;
- meccanismo dei titoli di efficienza energetica (certificati bianchi);
- misure di incentivazione al rinnovo ecosostenibile del parco autovetture e autocarri fino a 3,5 tonnellate e applicazione del Regolamento Comunitario CE 443/2009.

A livello nazionale, non si è tenuto conto al momento dei risparmi derivanti da progetti finanziati attraverso i Fondi Europei Strutturali Regionali (FESR) poiché il relativo periodo di programmazione 2007-2013 non è ancora chiuso, sebbene tale informazione è stata comunque presa in considerazione per uno degli indicatori che comporranno l'indice proposto. Di contro, non è al momento disponibile la suddivisione regionale dei risparmi energetici ottenuti grazie all'applicazione del Regolamento Comunitario CE 443/2009 relativo ai trasporti. Come detto, il Decreto Burden Sharing prevede espressamente (articoli 3 e 4) che le Regioni, nell'ambito delle proprie risorse finanziarie, si orientino sul sostegno all'innovazione nei settori produttivi e perseguano prioritariamente il con-

tenimento dei rispettivi consumi finali lordi, favorendo misure e interventi nei trasporti pubblici locali, interventi per la riduzione dei consumi di energia elettrica nell'illuminazione pubblica e nel settore idrico, la diffusione degli strumenti del finanziamento tramite terzi e dei servizi energetici, nonché l'incentivazione dell'efficienza energetica, nei limiti di cumulabilità fissati dalle norme nazionali. Appare evidente come l'ormai consolidata attività del RAEE concernente il monitoraggio delle politiche di efficienza energetica attuate e della quantificazione dei risparmi energetici conseguiti sia perfettamente funzionale anche al monitoraggio e alla verifica del raggiungimento degli obiettivi nell'ambito del Burden Sharing regionale. L'indice proposto prende le mosse dalle misure di miglioramento dell'efficienza energetica citate in precedenza, al fine di garantire la coerenza con l'informazione fornita a livello nazionale e basata su una metodologia consolidata e adottata anche per il Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE): tale set è stato quindi arricchito di ulteriori indicatori per tenere conto delle peculiarità regionali che caratterizzano la spinta dal basso attuata dal territorio in fatto di adozione di strumenti volontari, finalizzati a stabilire dei requisiti prestazionali migliori rispetto a quelli minimi previsti dalla normativa nazionale.

## Indicatori selezionati e metodologia adottata

La comparazione territoriale (e intertemporale) delle performance è un compito notoriamente arduo e anche l'efficienza energetica può essere considerata come una variabile multidimensionale.

mensionale, sia per i suoi molteplici ambiti di applicazione sia per l'ampio spettro di ricadute (anche di tipo socio-economico) che è in grado di generare. L'indice proposto rappresenta il primo tentativo di costruire un indicatore complesso che tenga conto della varietà degli aspetti che caratterizza il fenomeno. In questa prima fase si è deciso di adot-

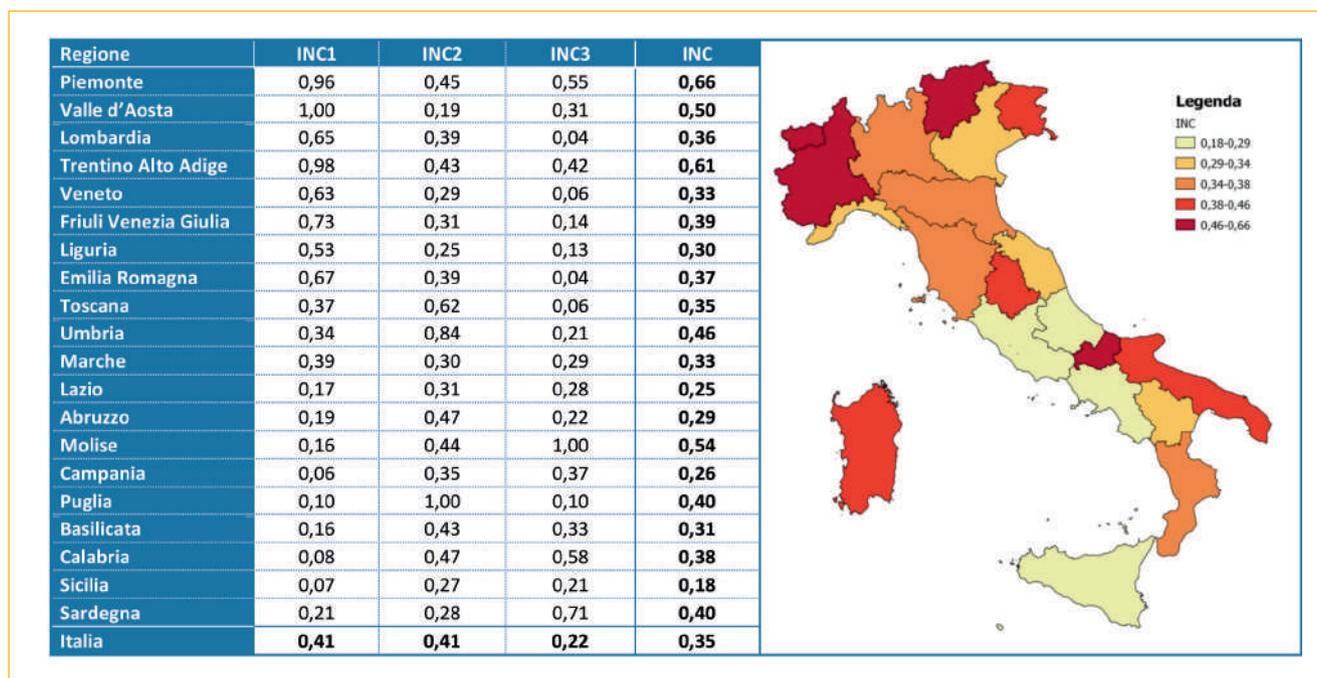
tare un numero ristretto di indicatori, di fatto partendo da quelli richiamati in precedenza e comunemente utilizzati per il monitoraggio delle politiche di efficienza energetica, in modo da assicurare una facile lettura ed un riscontro immediato con le informazioni già fornite a livello regionale nel RAEE. Per questo motivo, coerentemente con

l'impostazione metodologica per l'analisi del raggiungimento degli obiettivi indicativi nazionali di risparmio energetico<sup>1</sup>, gli indicatori sono stati suddivisi in tre dimensioni, tra loro complementari:

- strumenti normativi: attuazione di obblighi normativi introdotti nella legislazione vigente;

Codice	Indicatore	Descrizione Numeratore	Descrizione Denominatore
INC1	Risparmio energetico interventi 55% per abitante	Risparmio energetico da interventi incentivati tramite meccanismo 55% (anni 2007-2012) Fonte: ENEA	Popolazione residente Fonte: ISTAT
INC2	TEE emessi dall'avvio per addetto	TEE emessi dall'avvio del meccanismo (anni 2005-2011) Fonte: Elaborazione ENEA su dati AEEG	Occupati totali Fonte: ISTAT
INC3	Pagamenti FESR per abitante	Finanziamenti erogati nell'ambito dei progetti FESR (anni 2007-2012) Fonte: OpenCoesione	Popolazione residente Fonte: ISTAT

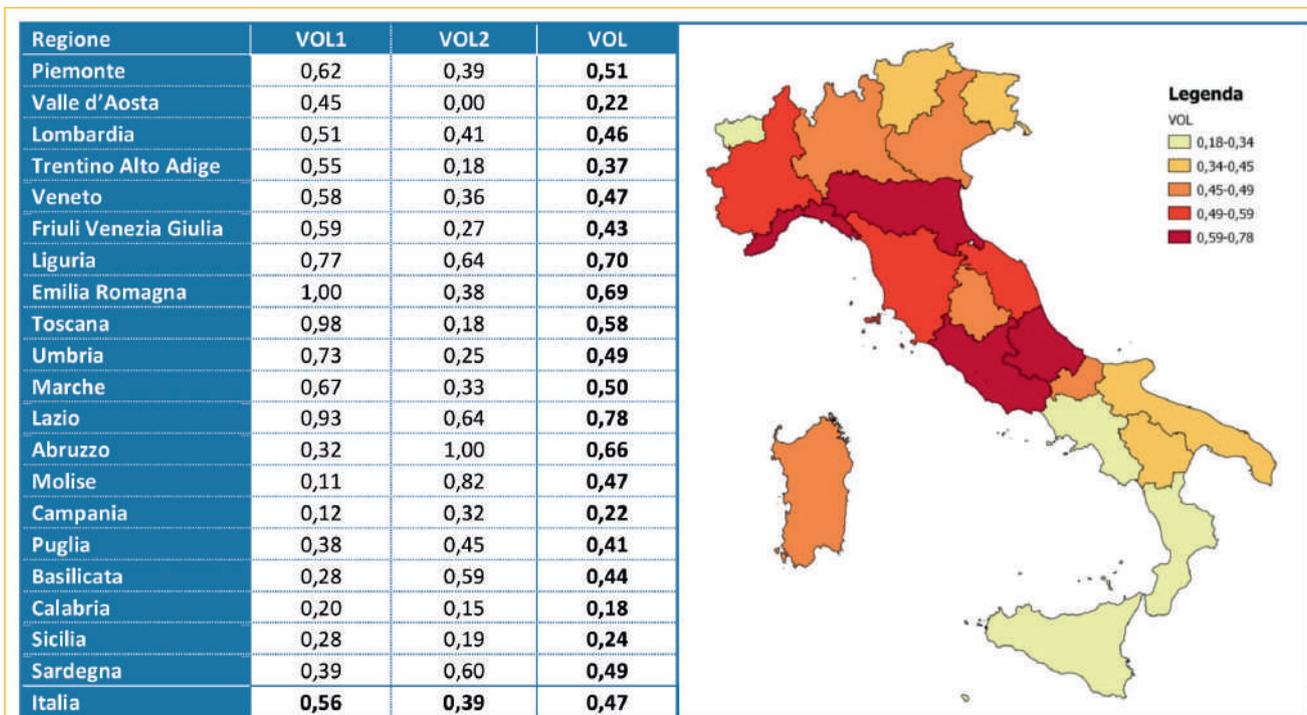
**TABELLA 3** Indicatori relativi alle politiche di incentivazione: definizione  
Fonte: elaborazione ENEA



**TABELLA 4** Indicatori relativi alle politiche di incentivazione: valori normalizzati  
Fonte: elaborazione ENEA

Codice	Indicatore	Descrizione Numeratore	Descrizione Denominatore
VOL1	Regolamenti edilizi energeticamente efficienti	Popolazione residente in Comuni che hanno adottato regolamenti edilizi energeticamente efficienti Fonte: Legambiente	Popolazione residente Fonte: ISTAT
VOL2	PAES	Popolazione residente in Comuni che hanno sottoscritto un PAES Fonte: Patto dei Sindaci	Popolazione residente Fonte: ISTAT

**TABELLA 5** Indicatori relativi agli strumenti volontari: definizione  
Fonte: elaborazione ENEA



**TABELLA 6** Indicatori relativi agli strumenti volontari: valori normalizzati  
Fonte: elaborazione ENEA

- politiche di incentivazione: effetti dei meccanismi di incentivazione in atto;
- strumenti volontari: adozione a livello locale di misure volte a garantire livelli di efficienza energetica maggiori rispetto ai requisiti minimi previsti dalla normativa nazionale.

Per le prime due dimensioni, all'interno di ciascuna di esse è stato selezionato un indicatore relativo a ciascuno dei settori di interesse: residenziale, non

residenziale ed industria. Tale impostazione assicura la complementarità degli indicatori selezionati, cioè a dire che non c'è sovrapposizione né ridondanza nell'informazione fornita: pertanto, anche al fine di semplificare la metodologia di aggregazione dei valori degli indicatori, è plausibile adottarne la semplice media aritmetica (dopo aver opportunamente normalizzato i dati di base) sia all'interno di ciascuna dimen-

sione sia tra le dimensioni stesse.

Per gli strumenti normativi si è fatto riferimento alla superficie utile abitabile (sia dei nuovi fabbricati sia degli ampliamenti di fabbricati con abitazioni) per la quale è stato rilasciato nel periodo considerato il permesso di costruire nel settore residenziale e nel terziario<sup>2</sup>. Tale indicatore è comunemente utilizzato per confronti internazionali e fornisce indicazioni circa l'entità del

Codice indicatore	NORM1	NORM2	NORM3	INC1	INC2	INC3	VOL1	VOL2
NORM1	-							
NORM2	0,50	-						
NORM3	0,24	0,73	-					
INC1	0,28	0,17	0,76	-				
INC2	0,13	0,00	-0,27	-0,28	-			
INC3	0,03	0,34	-0,19	-0,19	-0,13	-		
VOL1	0,01	-0,30	0,22	0,42	0,03	-0,54	-	
VOL2	-0,02	-0,07	-0,34	-0,39	0,01	0,25	-0,16	-

**TABELLA 7** Matrice di correlazione degli indicatori

Regione	NORM	INC	VOL	IPPEE
Piemonte	0,50	0,66	0,51	<b>0,56</b>
Valle d'Aosta	0,67	0,50	0,22	<b>0,47</b>
Lombardia	0,62	0,36	0,46	<b>0,48</b>
Trentino Alto Adige	0,82	0,61	0,37	<b>0,60</b>
Veneto	0,64	0,33	0,47	<b>0,48</b>
Friuli Venezia Giulia	0,71	0,39	0,43	<b>0,51</b>
Liguria	0,25	0,30	0,70	<b>0,42</b>
Emilia Romagna	0,63	0,37	0,69	<b>0,56</b>
Toscana	0,41	0,35	0,58	<b>0,45</b>
Umbria	0,58	0,46	0,49	<b>0,51</b>
Marche	0,52	0,33	0,50	<b>0,45</b>
Lazio	0,38	0,25	0,78	<b>0,47</b>
Abruzzo	0,53	0,29	0,66	<b>0,50</b>
Molise	0,58	0,54	0,47	<b>0,53</b>
Campania	0,33	0,26	0,22	<b>0,27</b>
Puglia	0,43	0,40	0,41	<b>0,42</b>
Basilicata	0,63	0,31	0,44	<b>0,46</b>
Calabria	0,50	0,38	0,18	<b>0,35</b>
Sicilia	0,38	0,18	0,24	<b>0,27</b>
Sardegna	0,56	0,40	0,49	<b>0,48</b>
Italia	<b>0,51</b>	<b>0,35</b>	<b>0,47</b>	<b>0,44</b>

**Legenda**

IPPEE

- 0,27-0,42
- 0,42-0,46
- 0,46-0,48
- 0,48-0,51
- 0,51-0,60

**TABELLA 8** Indice di penetrazione delle politiche di efficienza energetica: valori normalizzati

Fonte: elaborazione ENEA

risparmio conseguito da nuove costruzioni che rispettano i parametri di prestazione energetica derivanti dall'adozione di diverse Direttive europee. Per il settore industria è stato preso in considerazione il numero di Energy Manager obbligati nominati, così come prescritto dalla legge 10/91.

La Tabella 1 riporta la definizione di ciascuno degli indicatori costruiti.

La Tabella 2 riporta, per ogni Regione,

i valori normalizzati per i tre indicatori appena descritti, sintetizzati in un indice generale relativo agli strumenti normativi (NORM) costituito dalla media aritmetica dei tre.

Per quanto concerne le politiche di incentivazione, sono stati presi in esame i principali strumenti adottati a livello nazionale e analizzati in dettaglio per la misurazione dei risparmi energetici conseguiti: detrazioni fiscali del 55%

relative al settore residenziale; Titoli di Efficienza Energetica (TEE - noti anche come Certificati Bianchi) inerenti principalmente l'industria; Fondi Europei di Sviluppo Regionale (FESR), riguardanti in particolare il settore pubblico e il terziario. La Tabella 3 riporta la definizione di ciascuno degli indicatori costruiti. La Tabella 4 riporta, per ciascuna Regione, i valori normalizzati per i tre indicatori appena descritti, sintetizzati in un

Regione	Idroelettrico	Solare FV	Eolico	Geotermia	Bioenergie	RINN
Piemonte	587,78	314,13	7,32	1,74	40,10	<b>0,16</b>
Valle d'Aosta	7032,01	140,80	19,56	1,50	179,91	<b>0,45</b>
Lombardia	512,02	186,33	0,14	0,98	66,91	<b>0,15</b>
Trentino Alto Adige	3060,77	354,83	4,90	0,48	67,89	<b>0,28</b>
Veneto	227,99	305,01	1,50	0,41	42,96	<b>0,15</b>
Friuli Venezia Giulia	404,30	331,46	1,31	0,05	62,45	<b>0,19</b>
Liguria	53,67	47,28	30,67	0,05	12,52	<b>0,04</b>
Emilia Romagna	70,13	369,39	3,66	0,71	109,08	<b>0,24</b>
Toscana	92,88	175,48	28,43	239,92	36,34	<b>0,30</b>
Umbria	576,59	469,40	2,60	0,34	40,06	<b>0,21</b>
Marche	154,03	633,59	0,09	1,62	15,53	<b>0,22</b>
Lazio	72,16	192,90	9,18	0,01	28,83	<b>0,10</b>
Abruzzo	763,42	464,00	179,05	0,05	7,85	<b>0,21</b>
Molise	274,46	504,24	1209,54	0,00	150,00	<b>0,53</b>
Campania	59,97	94,80	209,37	0,03	36,45	<b>0,11</b>
Puglia	0,49	603,58	496,94	0,00	56,43	<b>0,34</b>
Basilicata	229,09	569,25	624,79	0,00	56,75	<b>0,35</b>
Calabria	376,87	194,05	578,07	0,02	66,69	<b>0,24</b>
Sicilia	30,20	223,40	373,41	0,00	10,78	<b>0,15</b>
Sardegna	285,30	338,34	746,78	0,00	47,31	<b>0,29</b>
<b>Italia</b>	<b>302,99</b>	<b>275,19</b>	<b>145,62</b>	<b>15,28</b>	<b>47,79</b>	<b>0,19</b>

**TABELLA 9** Diffusione delle rinnovabili: MW per milione di abitante ed indice sintetico  
Fonte: elaborazione ENEA su dati Legambiente e GSE

indice generale relativo alle politiche di incentivazione (INC) costituito dalla media aritmetica dei tre.

L'adozione a livello locale di strumenti volontari volti alla definizione e applicazione di criteri più stringenti rispetto a quelli previsti dalla legislazione vigente in tema (anche) di efficienza energetica, costituisce una "spinta dal basso" fondamentale per indirizzare l'attuazione delle politiche nazionali implementate per il raggiungimento degli obiettivi al 2020. Per la valutazione dell'adozione di tali strumenti, vista l'importanza che il Patto dei Sindaci ricopre in Italia, si è fatto riferimento ai Comuni che hanno sottoscritto un Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile

(PAES). Inoltre, dato il peso del settore residenziale all'interno delle politiche nazionali e locali, sono stati presi in esame quanti Comuni hanno adottato un regolamento edilizio che prevede criteri e obiettivi tali da migliorare le prestazioni delle abitazioni e la qualità del costruito, anticipando e andando oltre la normativa in vigore.

La Tabella 5 riporta la definizione di ciascuno degli indicatori costruiti.

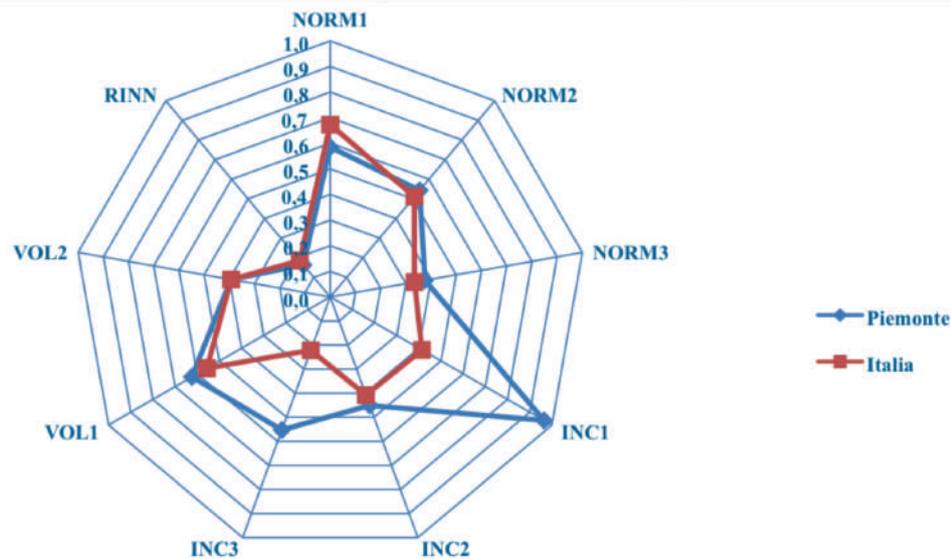
La Tabella 6 riporta, per ogni Regione, i valori normalizzati per i due indicatori appena descritti, sintetizzati in un indice generale relativo alle politiche di incentivazione (VOL) dato dalla media dei due.

A conferma della complementarità

dell'informazione fornita sia all'interno di ciascuna dimensione sia tra le dimensioni stesse, la Tabella 7 riporta la matrice di correlazione tra gli indicatori costruiti: si evidenzia come i coefficienti di correlazione siano generalmente molto bassi, confermando come la scelta di aggregazione secondo la media aritmetica sia appropriata, nonché estremamente semplificatrice dal punto di vista metodologico<sup>3</sup>.

La Tabella 8 riporta, per ciascuna Regione, i valori normalizzati delle tre dimensioni principali (strumenti normativi; politiche di incentivazione; strumenti volontari) e l'indice sintetico finale di penetrazione delle politiche di efficienza energetica (IPPEE): le

Codice	Indicatore	Piemonte	Italia
NORM1	Permessi di costruire residenziale per abitante	0,59	0,67
NORM2	Permessi di costruire non residenziale per addetto	0,54	0,51
NORM3	Energy Manager per addetto	0,38	0,33
INC1	Risparmio energetico interventi 55% per abitante	0,96	0,41
INC2	TEE emessi dall'avvio per addetto	0,45	0,41
INC3	Pagamenti FESR per abitante	0,55	0,22
VOL1	Regolamenti edilizi energeticamente efficienti	0,62	0,56
VOL2	PAES	0,39	0,39
RINN	Diffusione delle rinnovabili	0,16	0,19



**TABELLA 10** IPPEE del Piemonte a confronto con la media nazionale  
Fonte: elaborazione ENEA su dati Legambiente e GSE

migliori performance si registrano nel Nord Italia, in particolare per Trentino Alto Adige, Piemonte ed Emilia Romagna.

A corredo degli indicatori sintetici forniti per l'efficienza energetica, la Tabella 9 riporta la dotazione di fonti rinnovabili ed il relativo indice sintetico (RINN), da considerare come proxy di un aspetto strettamente complementare all'efficienza energetica, fondamentale anch'esso per il raggiungimento degli obiettivi intermedi e finali previsti dal Burden Sharing.

Non a caso sono le Regioni del Cen-

tro-Sud a presentare i valori più alti dell'indice sintetico relativo alla diffusione sul territorio delle rinnovabili, aprendo quindi spazio all'ipotesi che possa essere questa la strada intrapresa dal Meridione, maggiormente ventoso e irradiato dal sole, per soddisfare i requisiti del Burden Sharing. Si tratta evidentemente di una ipotesi del tutto da verificare, anche sulla base di un maggior numero di indicatori e di informazioni maggiormente disaggregate.

A titolo esemplificativo, la Tabella 10 riporta per il Piemonte il confronto

sintetico tra la performance regionale e quella media nazionale.

Attraverso il grafico presentato è immediato individuare i punti di forza e quelli di debolezza della Regione in esame rispetto all'Italia: tale set di indicatori, se opportunamente ampliato e maggiormente disaggregato, auspicabilmente con il supporto delle Regioni stesse, potrebbe rappresentare un ulteriore strumento a disposizione degli stakeholder per una valutazione di base dello stato di avanzamento delle politiche attuate verso gli obiettivi previsti dal Burden Sharing regionale.

## Conclusioni

Gli indicatori di efficienza energetica permettono di monitorare i progressi nell'efficienza energetica e confrontare i risultati ottenuti dalle Regioni per individuare possibilità di intervento, anche in relazione agli obiettivi previsti dal cosiddetto Decreto Burden Sharing regionale. Nell'ambito del Sistema Informativo Energetico Regionale (SIER)<sup>4</sup> sono elaborati ormai da diversi anni gli indicatori dell'intensità energetica primaria e finale, nonché il consumo energetico unitario (rapporto tra il consumo energetico del settore e le unità di lavoro impiegate). A fianco di tali indicatori di consumo è stato proposto un indice di penetrazione delle politiche di efficienza energetica a livello regionale (IPPEE), in grado di catturare le peculiarità e le dinamiche presenti nei settori residenziale, terziario e industria rispetto all'attuazione e/o il risparmio derivante dalle misure attuate. In questa prima fase si è deciso di adottare un numero ristret-

to di indicatori, in modo da assicurare una facile lettura ed un riscontro immediato con le informazioni già fornite a livello regionale nel RAEE 2012. Anche dal punto di vista metodologico, la procedura di aggregazione dei dati di base è risultata estremamente semplificata, basata sulla media aritmetica dei valori normalizzati, vista la complementarità degli indicatori selezionati, confermata anche dai bassi coefficienti di correlazione riscontrati tra le variabili. Le migliori performance per l'indice sintetico finale di penetrazione delle politiche di efficienza energetica sono state registrate nel Nord, in particolare per Trentino Alto Adige, Piemonte ed Emilia Romagna. A corredo degli indicatori sintetici forniti per l'efficienza energetica, per un'analisi dei punti di forza e di debolezza di una data Regione rispetto alle altre è stata presa in considerazione anche la dotazione di fonti rinnovabili, proxy di un aspetto strettamente complementare all'efficienza energetica,

fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi intermedi e finali previsti dal Burden Sharing regionale, e in questo caso è risultato che le Regioni del Centro-Sud presentano valori più elevati dell'indice. Al fine di favorire l'evoluzione dell'indice IPPEE proposto da semplice elaborazione statistica descrittiva a carattere informativo a ulteriore strumento di supporto alle Amministrazioni Regionali che concorra all'acquisizione di un quadro conoscitivo chiaro ed immediato della struttura energetica regionale, agevolando così la formulazione di una efficace pianificazione energetico-ambientale territoriale, si auspica che il set di indicatori adottato sia opportunamente ampliato e maggiormente disaggregato, possibilmente in collaborazione con le Regioni stesse.

Alessandro Federici, Laura Manduzio  
ENEA, Unità Tecnica Efficienza Energetica

Giulio Guarini, Giuseppe Garofalo  
Università degli Studi della Tuscia di Viterbo

### bibliografia

- Enrico Casadio Tarabusi, Paolo Palazzi, Un indice per lo sviluppo sostenibile, *Moneta e Credito*, n. 226, giugno 2004.  
ENEA, *Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2012*, 2014.  
Paolo Palazzi, *Dinamica della struttura economica mondiale e suoi effetti sulle relazioni Nord-Sud*, Giappichelli, Torino, 1997.

### note

- [1] Per maggiori informazioni si veda il Capitolo 4 del RAEE 2012: [http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/pdf-volumi/VRAEE\\_2012.pdf](http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/pdf-volumi/VRAEE_2012.pdf).  
[2] La rilevazione ISTAT dei permessi di costruire ha copertura totale e raccoglie informazioni sui fabbricati nuovi, residenziali e non residenziali, e sugli ampliamenti di fabbricati preesistenti, per i quali sia stato ritirato regolare "permesso di costruire" presso gli uffici comunali di competenza.  
[3] Una metodologia comune di costruzione di indici sintetici complessi prevede di ponderare le variabili secondo pesi ottenuti attraverso il metodo statistico delle componenti principali con una procedura simile a quella proposta da Palazzi (1997) e Casadio Tarabusi, Palazzi (2004): dapprima si analizza la componente principale separatamente all'interno del gruppo di variabili relative a ciascuna delle tre dimensioni, considerando il valore della prima componente come proxy del livello che ciascuna Regione ha raggiunto in quell'aspetto; sui tre valori sintetici così ottenuti si ripete l'analisi per componenti principali, considerando di nuovo la prima componente come indicatore del livello generale di performance di ciascuna Regione. Tale metodologia, oltre che più complessa dal punto di vista metodologico, precluderebbe un eventuale confronto intertemporale qualora si volesse calcolare l'IPPEE per altri periodi.  
[4] Per un approfondimento si veda: <http://www.energiaenergetica.enea.it/politiche-e-strategie-1/politiche-e-strategie-nelle-regioni/sistemi-informativi-energetici-regionali/sistemi-informativi-energetici-regionali.aspx>.



# Utilizzo di una pompa di calore reversibile a CO<sub>2</sub> per la pastorizzazione e la conservazione di miscele per il gelato

Le pompe di calore a CO<sub>2</sub> hanno la capacità di raggiungere temperature del fluido di lavoro superiori a quelle ottenibili nelle pompe di calore che utilizzano fluidi tradizionali, mantenendo COP elevati, come evidenzia la loro recente commercializzazione per la produzione di acqua calda sanitaria. Esistono quindi interessanti prospettive per l'utilizzo di questa tecnologia nei processi di pastorizzazione comunemente utilizzati nell'industria agroalimentare. La pompa di calore a CO<sub>2</sub> è inoltre in grado di fornire, lato evaporatore, una potenza frigorifera utilizzabile nei casi in cui, alla pastorizzazione, si affianchi una fase di conservazione a bassa temperatura. Una macchina che operi con un ciclo termodinamico reversibile permetterebbe quindi di sfruttare appieno le potenzialità della pompa di calore, coniugando alte prestazioni con un consistente risparmio energetico. Nell'articolo viene presentato uno studio sull'applicabilità di una pompa di calore reversibile a CO<sub>2</sub> al caso specifico dei processi di pastorizzazione e conservazione delle miscele per la produzione di gelato

DOI 10.12910/EAI2014-69

■ L. Saraceno, R. Trinchieri, N. Calabrese, M. Pieve, G. Boccardi, A. Lattanzi

## Introduzione

I costi energetici legati ai trattamenti termici degli alimenti ad alta e bassa temperatura rappresentano una cospicua porzione di quelli globalmente sostenuti dall'attuale sistema industriale: si stima che su scala mondiale essi ammontino a circa due miliardi di dollari l'anno, in crescita. Nell'ottica sempre più condivisa di un efficientamento dei processi produttivi, diviene quindi necessario per gli operatori del settore agroalimentare rivolgere una maggiore attenzione alla ricerca e allo sviluppo di sistemi tecnologicamente avanzati e integrati che consentano di

ottenere, nel breve e medio termine, *un sensibile risparmio energetico* e di conseguenza un ridotto impatto economico del sistema produttivo in considerazione. In particolare, poiché alcuni dei più importanti e diffusi processi di trattamento termico degli alimenti prevedono sia una fase di riscaldamento che una successiva fase di raffreddamento dell'alimento trattato, si potrebbero trarre indubbi vantaggi dalla realizzazione di macchine frigorifere ad alto rendimento che operino con un ciclo termodinamico (*pompa di calore reversibile*) in grado, cioè, di produrre sia "caldo" che "freddo" a seconda

delle esigenze di processo e delle fasi operative.

In questo articolo sarà quindi illustrata un'attività di ricerca condotta recentemente dal Laboratorio di Termofluidodinamica dell'ENEA, in cui è stata valutata la possibilità di realizzare i trattamenti termici legati al processo di

■ Luca Saraceno, Raniero Trinchieri, Nicolandrea Calabrese, Maurizio Pieve, Gino Boccardi, Alberto Lattanzi  
ENEA

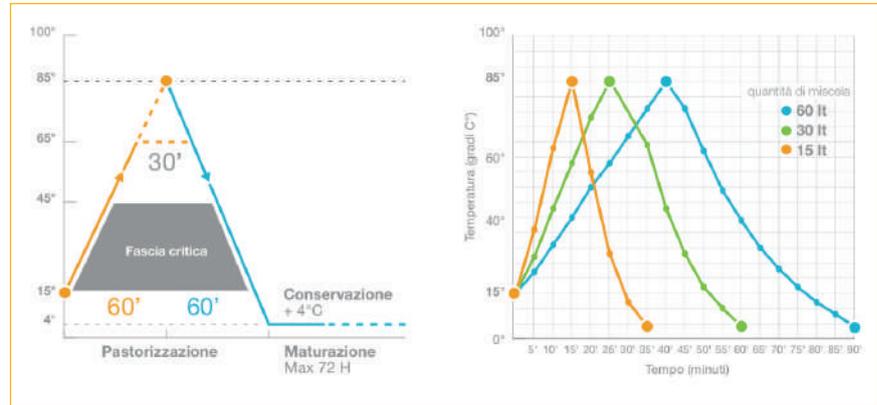
Contatto: Luca Saraceno  
luca.saraceno@enea.it

produzione e conservazione di *miscele per gelato* avvalendosi di macchine reversibili a CO<sub>2</sub> (R744), con particolare attenzione sia agli aspetti prestazionali delle macchine che all'impatto ambientale del sistema nel suo complesso. Tale attività è stata svolta in collaborazione con la Carpigiani - Ali SpA, azienda italiana leader di mercato nel settore della produzione di macchine per gelato artigianale e soft.

### La pastorizzazione mediante un ciclo termodinamico a CO<sub>2</sub>

I trattamenti termici in ambito agroalimentare hanno prevalentemente la finalità di aumentare il tempo di conservazione degli alimenti grazie all'azione battericida del calore (pastorizzazione, bollitura, tyndalizzazione, vapore fluente e vapore sotto pressione) che riesce a disattivare gli enzimi e a distruggere gran parte dei microrganismi presenti<sup>1</sup>. Tali processi di risanamento termico minimizzano i rischi per la salute dovuti a eventuali microrganismi patogeni, con un'alterazione minima delle caratteristiche chimiche, fisiche e organolettiche dell'alimento trattato. I trattamenti a bassa temperatura (refrigerazione, surgelazione, congelamento) hanno solo la funzione di bloccare i processi di riproduzione microbica; in tal modo, consentono una conservazione più duratura di alimenti altrimenti facilmente deteriorabili.

Tra i principali trattamenti termici di riscaldamento antimicrobici, riveste particolare interesse la pastorizzazione, che può essere, in linea generale, di tre tipi: bassa pastorizzazione, che prevede il mantenimento di una temperatura di 63 °C per 10-15 minuti; alta pastorizzazione, con temperatura



**FIGURA 1** Esempio di ciclo di pastorizzazione per miscele per gelato  
Fonte: [www.carpigiani.com](http://www.carpigiani.com) [2]

di 72 °C per 15 secondi; alta di laboratorio con temperatura di 85 °C per 30 minuti (Figura 1).

La pastorizzazione viene applicata, con diverse modalità, ad un gran numero di alimenti (latte, birra, vino, succhi di frutta, uova, conserve, miscele per gelato ecc.) (Tabella 1).

Nel processo di produzione del *gelato artigianale* la pastorizzazione abbatte la flora batterica naturalmente presente nella miscela alimentare che deve diventare gelato (principalmente nel latte e nelle uova).

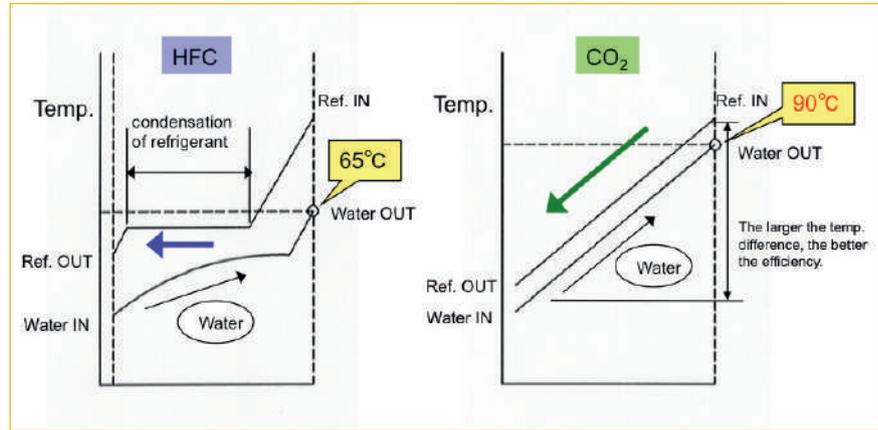
La proliferazione dei batteri avviene in maniera molto veloce per temperature comprese tra 15-20 °C e 55-60 °C. Al di sotto o al di sopra di tale intervallo di temperature, invece, la proliferazione batterica è molto rallentata.

Nella fase di pastorizzazione la miscela è portata ad una temperatura compresa tra 65 e 85 °C a seconda degli ingredienti che compongono il gelato e del tipo di trattamento richiesto (bassa, media e alta pastorizzazione) e poi viene rapidamente raffreddata fino ad una

	Alimenti	Obiettivo principale del trattamento	Obiettivo secondario del trattamento	Condizioni operative
<b>pH &lt; 4.5</b>	Succhi di frutta	Inattivazione degli enzimi	Distruzione dei microrganismi (lieviti, muffe)	65 °C per 30 min 77 °C per 1 min 88 °C per 15 sec
	Birra, Vino	Distruzione dei microrganismi e lieviti residui		65-68 °C per 20 min (in bottiglia) 71-75 °C per 1-4 min a 900-1000 KPa
<b>pH &gt; 4.5</b>	Latte	Distruzione dei patogeni	Distruzione di microrganismi inquinanti ed enzimi	63 °C per 30 min 71.5 °C per 15 sec
	Uova	Distruzione dei patogeni	Distruzione di microrganismi inquinanti	64.4 °C per 2.5 min 60 °C per 3.5 min
	Gelati	Distruzione dei patogeni	Distruzione di microrganismi inquinanti	65 °C per 30 min 71 °C per 10 min 80 °C per 15 sec

**TABELLA 1** La pastorizzazione applicata ad alcuni prodotti alimentari<sup>3</sup>

temperatura di circa 4 °C. La rapidità di discesa della temperatura è, altresì, un elemento importante per la buona riuscita dell'operazione di "bonifica" dell'alimento, perché inibisce l'attivazione dei batteri sopravvissuti al trattamento termico. In questo modo si prolungano i tempi di conservazione del prodotto, ma occorre ovviamente vigilare sulla costanza del mantenimento delle condizioni di bassa temperatura. La maggior parte dei pastorizzatori attualmente utilizzati nei piccoli e medi esercizi commerciali effettuano la fase di raffreddamento post-pastorizzazione con un ciclo frigorifero standard a compressione di vapore (generalmente idrofluorocarburi - HFC), con condensatore ad acqua e compressore semi-ermetico, mentre la fase di riscaldamento (pastorizzazione propriamente detta) viene svolta con apposite resistenze elettriche dal rendimento unitario. Lo scambio termico è molto rapido e i tempi di lavoro sono generalmente commisurati alla quantità di prodotto da trattare. Nonostante ciò, i consumi energetici correlati al ciclo completo di pastorizzazione (riscaldamento/raffreddamento) rimangono tuttora abbastanza elevati a causa della forte incidenza del riscaldamento elettrico sul consumo energetico totale. In quest'ottica nasce l'idea di utilizzare un ciclo termodinamico ad alto rendimento anche per la fase di riscaldamento della miscela gelata. Le pompe di calore a CO<sub>2</sub> (R744) rappresentano in tal senso una più che plausibile risposta alla necessità di coniugare alte prestazioni con un consistente risparmio energetico. Il ciclo transcritico a CO<sub>2</sub> si presta, infatti, in maniera ottimale al riscaldamento di un fluido<sup>4</sup>, con risparmi energetici fino al 75% ri-



**FIGURA 2** Differenza tra i profili di temperatura in un condensatore a HFC e in un gas cooler a CO<sub>2</sub> in una pompa di calore per il riscaldamento di acqua

spetto ai riscaldatori elettrici. L'elevata efficienza di tale sistema è da ascrivere essenzialmente all'ottima adattabilità delle caratteristiche del ciclo all'applicazione, all'efficiente processo di compressione (bassi rapporti di compressione rispetto ai tradizionali fluidi frigoriferi), alle buone caratteristiche di scambio termico della CO<sub>2</sub> e all'utilizzo di scambiatori ad alta efficienza. Il vantaggio di avere profili di temperatura bene accordati tra i due fluidi lungo lo scambiatore (Figura 2) si traduce in minori perdite di exergia nello scambio termico, che sono da ritenersi approssimativamente proporzionali, a parità di calore scambiato, alla differenza di temperatura tra i due fluidi. La minore perdita exergetica può costituire un fattore decisivo per assicurare a tali macchine rendimenti migliori (COP di circa 3,5-4) rispetto a quelli conseguiti da impianti operanti con fluidi tradizionali. Le macchine che realizzano tale ciclo, inoltre, per le proprietà della CO<sub>2</sub> transcritica (ottima conduttività termica del liquido ed elevata densità del vapore),

possono essere molto compatte permettendo una riduzione considerevole degli ingombri necessari.

Le pompe di calore a CO<sub>2</sub> sono state già ampiamente testate per la produzione di acqua calda sanitaria con rendimenti molto elevati e soprattutto temperature di erogazione molto elevate, anche superiori ai 90 °C, valori difficilmente raggiungibili con le tradizionali pompe di calore a fluidi alogenati in ciclo subcritico<sup>4, 6, 7</sup>. Si può, quindi, prevedere che i suddetti vantaggi nella produzione di acqua calda sanitaria possano riscontrarsi anche nel trattamento di altri tipi di prodotto alimentare: si tratta, praticamente, di "adattare" una pompa di calore a CO<sub>2</sub> ai carichi termici propri del processo completo di pastorizzazione delle miscele per gelato, massimizzandone il rendimento in ogni condizione operativa (ad es. al variare della quantità e del tipo di fluido da trattare) e definendone in maniera specifica la componentistica più efficiente e affidabile.

Per ciò che concerne la fase di raffreddamento della miscela alimentare,

facendo riferimento ai livelli di temperatura minima previsti per la maggior parte dei trattamenti termici considerati (dell'ordine dei 4-5 °C) è possibile realizzare cicli frigoriferi utilizzando CO<sub>2</sub> che assicurino livelli di prestazione (COP frigorifero) soddisfacenti anche disponendo di sorgenti calde (aria o acqua) al gas cooler a temperature relativamente elevate<sup>5</sup>.

La scelta della CO<sub>2</sub> come fluido di lavoro presenta indiscutibili vantaggi correlati a caratteristiche peculiari quali l'atossicità, la non infiammabilità e la compatibilità con i più comuni oli minerali; essa inoltre non aggredisce i metalli, né i materiali elastomerici. In più, la CO<sub>2</sub> ha un ridottissimo impatto ambientale, comprovato da valori del potenziale di riduzione dell'ozono (ODP) pari a 0 e del potenziale di riscaldamento globale (GWP) pari a 1.

Considerato quanto esposto sinora, l'attività di ricerca svolta dal Laboratorio di Termofluidodinamica dell'ENEA è stata incentrata sullo studio e il primo dimensionamento di una macchina a CO<sub>2</sub> con scambiatori acqua-acqua ad inversione istantanea di ciclo. Tale pompa di calore dovrà essere in grado di riscaldare la miscela gelato fino a una temperatura  $T = 65\text{ °C}$  in circa 30 minuti; mantenere la miscela a tale temperatura per altri 30 minuti, invertire il ciclo (per produrre freddo) e raffreddare la miscela fino a circa 4 °C in ulteriori 30 minuti, mantenendola a tale temperatura per un tempo minimo di 40 ore. La potenza termica della macchina sarà pari a circa 4,5 kW e utilizzerà un compressore bistadio ad alta efficienza e altri componenti innovativi in grado di garantire un rendimento elevato sia in fase di riscaldamento

che di raffreddamento. È stato quindi realizzato un impianto sperimentale (PA.CO<sub>2</sub>) per l'analisi dei singoli componenti e per la valutazione delle prestazioni complessive di un eventuale prototipo, utilizzando a supporto delle prove sperimentali una serie approfondita di valutazioni teoriche effettuate con strumenti di calcolo e simulazione messi a punto in precedenti esperienze sulla refrigerazione con CO<sub>2</sub>.

### Impianto sperimentale PA.CO<sub>2</sub>

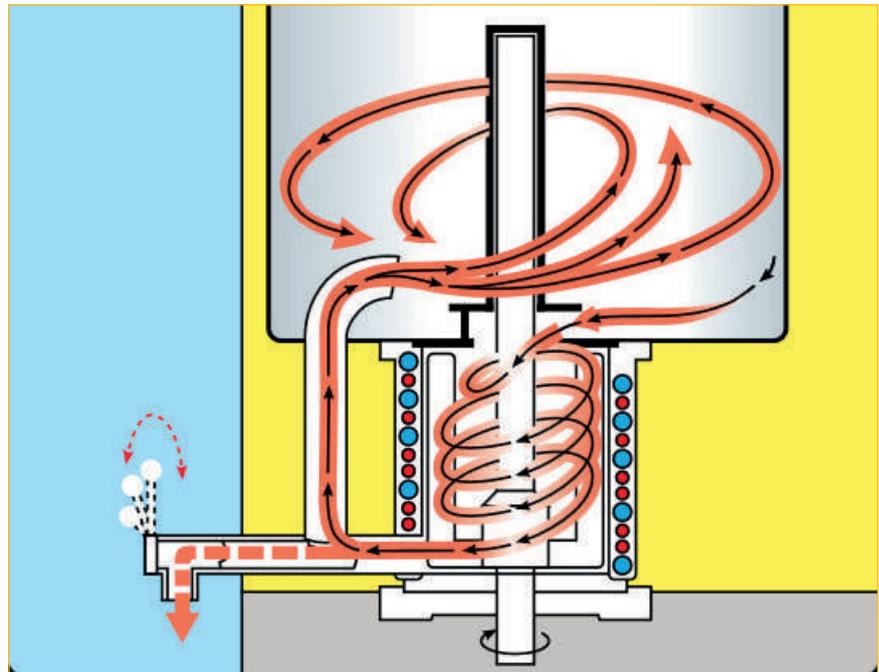
L'impianto sperimentale PA.CO<sub>2</sub> (PA-steurization with CO<sub>2</sub>) (Figura 3) è stato realizzato "accoppiando" tra di loro due macchine attualmente in commercio e di comprovata efficienza: una pompa di calore a CO<sub>2</sub> della SANYO per la produzione di acqua calda sanitaria con accumulo e un pastorizzatore commerciale prodotto da Carpigiani - Ali SpA, con circuito refrigerante a R404. Si è preferito, infatti, impostare la parte iniziale dell'attività sperimentale in maniera tale da ottenere dei risultati preliminari ma certi in termini di fattibilità (temperature e carichi termici desiderati) e di rendimento (risparmio energetico effettivo) del solo processo di riscaldamento. In tal senso va intesa anche la scelta di utilizzare l'acqua come fluido di lavoro al posto della miscela liquida di gelato, considerando anche che la maggior parte degli alimenti sottoposti al processo di pastorizzazione contengono un'elevata percentuale di acqua (Tabella 1). La miscela gelato consta di svariati componenti in aggiunta all'acqua (grassi derivati dal latte, zucchero, uova in polvere, aromi) che ne determinano caratteristiche termofluidodinamiche non del tutto omologhe a quelle della



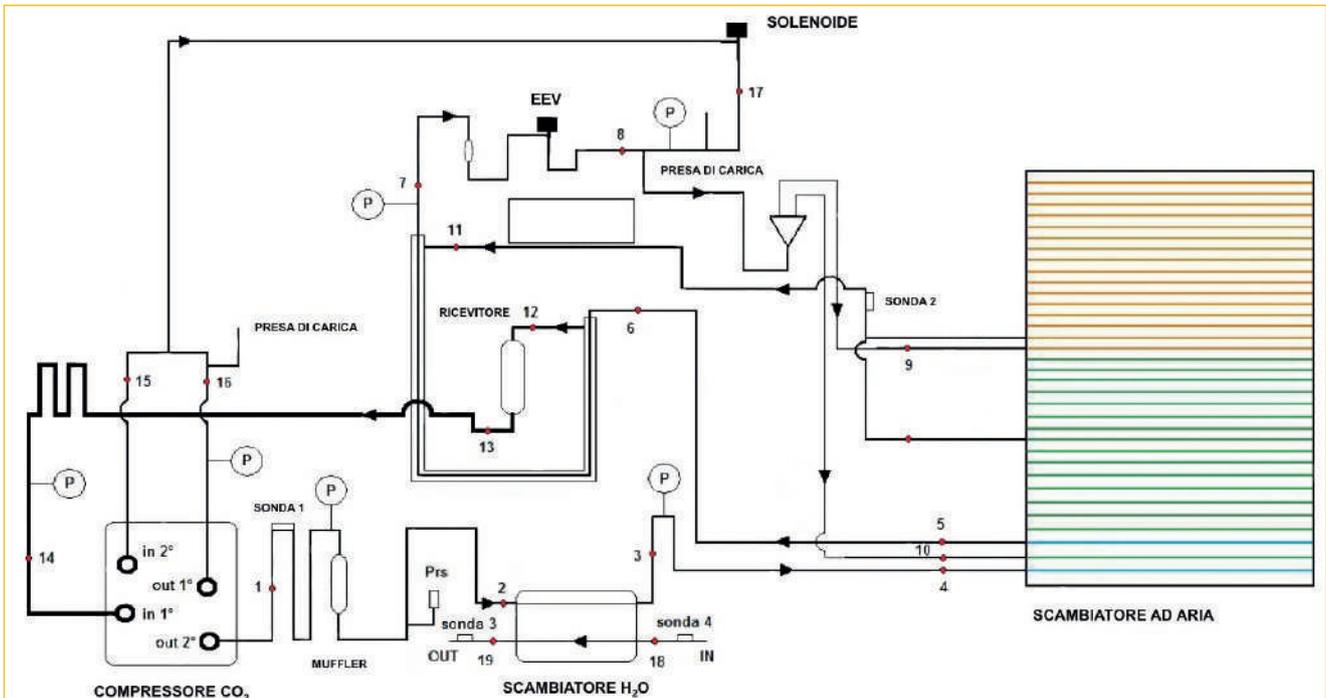
FIGURA 3 Impianto sperimentale PA.CO<sub>2</sub>

semplice acqua; considerando però che il comportamento da fluido non newtoniano si manifesta essenzialmente per temperature inferiori a 0 °C, si può attribuire ai dati derivanti dalle prove sperimentali con acqua una adeguata valenza scientifica e di indirizzo per successive analisi.

L'accoppiamento tra pastorizzatore e pompa di calore è stato eseguito collegando la vasca del pastorizzatore allo scambiatore acqua/CO<sub>2</sub> della pompa di calore con due tubi flessibili opportunamente coibentati. Il fluido in uscita dallo scambiatore entra nella vasca del pastorizzatore che in questa fase funge solamente da serbatoio di raccolta del fluido riscaldato dalla pompa di calore; l'acqua è poi inviata in entrata allo scambiatore sfruttando la prevalenza



**FIGURA 4** Pompa scambiatrice del pastorizzatore  
Fonte: [www.carpigiani.com](http://www.carpigiani.com) [2]



**FIGURA 5** Schema d'impianto della pompa di calore

della pompa di circolazione del medesimo pastorizzatore. È evidente che questo schema di processo sia ben lungi da quello di utilizzo ottimale di un ciclo a CO<sub>2</sub> per la pastorizzazione dei prodotti alimentari, poiché sarebbe più redditizio integrare in un unico componente, previo accoppiamento diretto, la vasca del pastorizzatore e il circuito primario della pompa di calore, ottenendo una macchina più compatta e condizioni di scambio termico migliori. Come illustrato in seguito, proprio per questi motivi, sono state proposte soluzioni costruttive che prevedono la realizzazione di un gas cooler (scambiatore acqua/CO<sub>2</sub>) direttamente accoppiato con la vasca del pastorizzatore nel caso di un ciclo a CO<sub>2</sub> invertibile. Il pastorizzatore utilizzato è un Pastomaster 60 Carpigiani, uno dei pastorizzatori più diffusi nelle medie e grandi gelaterie perché efficace con ogni tipo di miscela e molto flessibile nella produzione. Gli ingredienti sono miscelati e pastorizzati all'interno della pompa a tazza che si trova sul fondo della vasca tramite un agitatore a palette azionato da un motore elettrico da 1,1 kW (Fi-

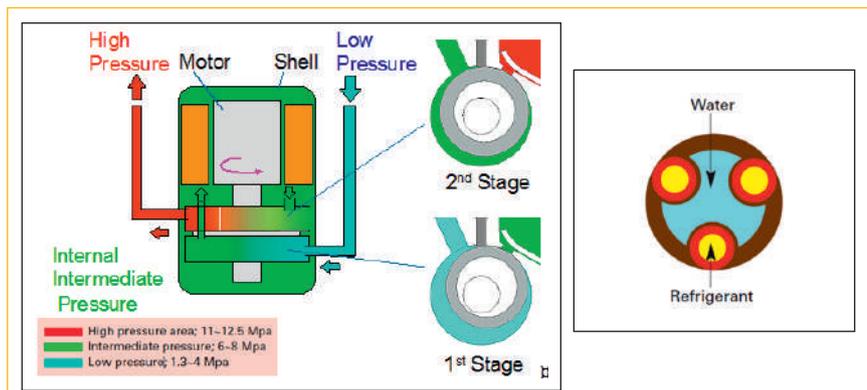
gura 4). L'accoppiamento millimetrico tazza-agitatore e le diverse velocità di miscelazione consentono di ottenere gelati più fini e cremosi producendo nei globuli di grasso della miscela una elevata pressione osmotica. Inoltre, il sistema tazza-agitatore funge da pompa scambiatrice o di circolazione per consentire la miscelazione del prodotto tra tazza e vasca del pastorizzatore nonché l'erogazione del prodotto finito attraverso un apposito rubinetto refrigerato. Sulla parete esterna della tazza sono collocate sia la serpentina del circuito frigorifero per il raffreddamento della miscela sia le resistenze elettriche per la sua pastorizzazione (Figura 4). Le resistenze elettriche, in numero di tre, hanno una potenza nominale complessiva di 5,55 kW. La vasca ha una capacità massima di 60 litri. L'impianto frigo realizza un ciclo frigorifero standard a compressione di vapore, con condensatore ad acqua e compressore semi-ermetico da 3 kW di potenza nominale; il fluido di lavoro è l'R404A, una miscela frigorigena quasi azeotropica molto utilizzata nei sistemi di produzione del freddo.

La pompa di calore aria-acqua SANYO CO<sub>2</sub> ECO (SHP-C45DEN) da 4,5 kW rappresenta lo stato dell'arte per ciò che concerne le pompe di calore per la climatizzazione domestica. La Figura 5 ne mostra lo schema d'impianto e mostra i punti in cui sono stati collocati gli strumenti di misura (termocoppie di tipo J e K e misuratori di pressione) per rilevare lo stato termodinamico della CO<sub>2</sub> in ingresso ed in uscita dai vari componenti.

Il "cuore" della pompa di calore è senza dubbio l'innovativo compressore rotativo bistadio con inverter, realizzato da SANYO con una tecnologia assolutamente innovativa (Figura 6).

Il compressore resiste a elevate differenze di pressione di lavoro, è estremamente affidabile grazie alla dispersione del carico, è soggetto a perdite minime ed è caratterizzato da bassi livelli di vibrazioni. Inoltre garantisce ridotti livelli di rumore e grazie al suo design compatto e leggero consente una sostanziale riduzione degli ingombri e del peso della pompa di calore. Il gas cooler (raffreddato ad acqua) è del tipo tubo in tubo ma presenta anch'esso delle soluzioni realizzative particolari sviluppate ad hoc da SANYO. L'esclusivo disegno della sezione trasversale dello scambiatore (Figura 6), con tre tubi per il refrigerante disposti simmetricamente intorno al canale dell'acqua, oltre a consentire l'impiego di alte pressioni di lavoro per il refrigerante (sino a 14 MPa), fornisce incrementi in termini di efficienza dello scambio termico stimati nell'ordine del 60% rispetto alle soluzioni più tradizionali.

L'ottimizzazione del ciclo termodinamico operato dall'unità pompa di calore è gestita da una centralina elettronica cui afferiscono alcuni sensori e relativi



**FIGURA 6** Compressore bistadio (a sinistra) e sezione trasversale dello scambiatore ad acqua (gas cooler - a destra)

controlli dislocati nei punti critici del circuito e sui componenti principali della macchina. In particolare, la gestione dell'utenza da fornire è legata al controllo/regolazione del compressore e della valvola di espansione. Si precisa che la logica di funzionamento adottata dalla centralina del produttore è del tutto diversa da quella necessaria ai nostri scopi, pertanto si è proceduto alla realizzazione di due sistemi di controllo per l'inverter del compressore e la valvola di laminazione elettronica, indipendenti dai valori acquisiti dai sensori propri della macchina. In particolare, per la valvola elettronica è stato realizzato un sistema di controllo in grado di aprirla o chiuderla a piaci-

mento a seconda della temperatura di evaporazione desiderata, con conseguente variazione dei carichi termici disponibili.

### Prove e risultati sperimentali

Le prove per la verifica delle prestazioni in riscaldamento sono state condotte, con portata controllata e monitorata, inviando l'acqua posta nella vasca del pastorizzatore a 4 °C al gas cooler della pompa di calore. Durante la fase di riscaldamento è stato monitorato il consumo energetico della macchina fino alla conclusione della prova, ovvero al raggiungimento di una temperatura dell'acqua in vasca pari a 65 °C, così

da simulare il ciclo standard di bassa pastorizzazione. La Tabella 2 riassume i risultati delle prove sperimentali in termini di tempo impiegato per effettuare il ciclo di pastorizzazione (fase di riscaldamento) e relativo consumo energetico. La notazione *Pastomaster* indica le prove effettuate utilizzando il programma di pastorizzazione di default del pastorizzatore Carpigiani, che utilizza le resistenze elettriche per la fase di riscaldamento. La notazione *Pompa di calore* si riferisce invece alle prove in cui l'acqua viene riscaldata nel gas cooler della pompa di calore a CO<sub>2</sub>.

Se si considerano le prove effettuate con la configurazione standard della

PROVE ENEA					
<b>E1. Prova comparativa di pastorizzazione - Pompa di calore (standard) / Pastomaster 60Rtx</b>					
	Q.tà acqua	T. iniziale acqua	T. finale acqua	Tempo impiegato	Consumo energetico [kWh]
a) Pompa di calore	60 Lt	4 °C	63 °C	1h 34'	1,653
b) Pompa di calore	60 Lt	4 °C	65 °C	2h 16'	2,205
c) Pastomaster	60 Lt	4 °C	61 °C	44'	4,406
d) Pastomaster	60 Lt	4 °C	65°C	46'	4,640
<b>E2. Prova riscaldamento - Pompa di calore con bypass sonde temperatura ingresso e uscita acqua + condizionamento sonda mandata compressore</b>					
	Q.tà acqua	T. iniziale acqua	T. finale acqua	Tempo impiegato	Consumo energetico [kWh]
a) Pompa di calore	60 Lt	4 °C	65 °C	59' 21"	1,507
b) Pompa di calore	60 Lt	4 °C	65 °C	1h 00' 31"	1.569
c) Pompa di calore	60 Lt	4 °C	65 °C	58' 56"	1.616

TABELLA 2 Tabella riassuntiva tempi/consumi

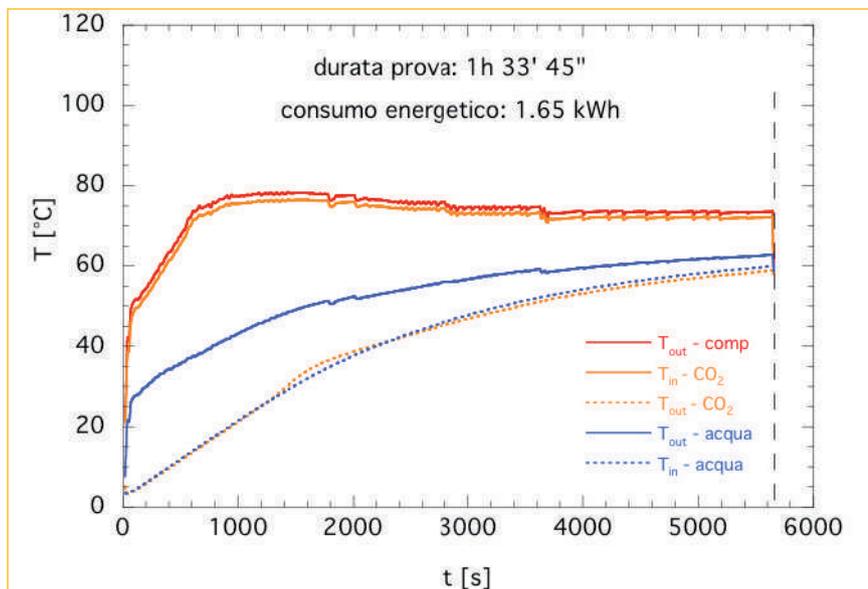


FIGURA 7 Prova di pastorizzazione con pompa di calore in configurazione standard

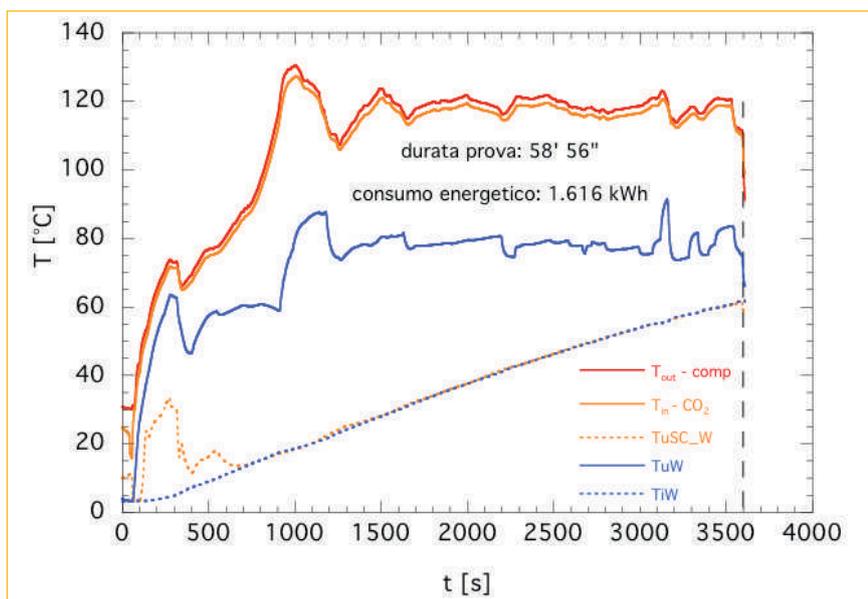
pompa di calore, cioè con tutti i sensori di controllo inseriti, (Tabella 2, prove E1 e Figura 7, che riporta gli andamenti delle temperature durante lo svolgimento del test E1.a) si nota un risparmio energetico medio superiore al 60% rispetto al riscaldamento effettuato con le resistenze elettriche, a fronte però di un sostanziale raddoppio dei tempi di pastorizzazione. Si osserva inoltre che le prestazioni di scambio termico con configurazione standard della pompa di calore non sono del tutto in linea con gli obiettivi di temperatura auspicati (65 °C in vasca), a meno che non si accettino tempi di pastorizzazione estremamente lunghi (oltre le due ore, praticamente triplicati rispetto al riscaldamento elettrico) a fronte di una riduzione dei consumi in media del 50%. Tale evidenza sperimentale è da imputare alle non ottimali condizioni di scambio termico che si realizzano all'interno del gas cooler della pompa

di calore. Infatti, dal grafico degli andamenti delle temperature di ingresso e uscita dal gas cooler della CO<sub>2</sub> e dell'acqua (Figura 7), si nota come la temperatura in ingresso lato CO<sub>2</sub>, T<sub>in</sub>-CO<sub>2</sub>, si mantenga pressoché costante durante la prova e con valori massimi che non superano gli 80 °C. Man mano che l'acqua si riscalda, il ΔT utile per lo scambio con la CO<sub>2</sub> diminuisce sino a valori tali da ridurre sensibilmente l'effetto utile nello scambiatore, con conseguente riduzione del COP.

I tempi di pastorizzazione sono stati considerevolmente ridotti condizionando in maniera opportuna il segnale inviato dalla sonda 1 (mandata compressore) alla scheda elettronica di gestione, e bypassando completamente le sonde 3 e 4 che acquisiscono le temperature dell'acqua in ingresso e in uscita dal gas cooler (Figura 5).

Un esempio di prova di pastorizzazione con condizionamento della sonda 1

è riportato in Figura 8 (prova E2.c). Si possono notare gli andamenti "altalenanti" delle varie temperature, risultato delle regolazioni manuali sulla portata dell'acqua e delle inerzie termiche associate. La temperatura media in uscita dal compressore si attesta, dopo un transitorio iniziale, intorno a 119 °C, ben sopra i 75 °C circa riscontrati nel funzionamento normale della pompa di calore. Più in dettaglio, facendo riferimento ai dati in Tabella 2, rispetto alla configurazione standard si registra per i consumi una riduzione compresa tra il 27% e il 32% mentre i tempi di processo si accorciano mediamente del 56%. Le piccole differenze riscontrate nei tempi di processo delle prove effettuate a parità di condizioni (Tabella 2 prove E.2) sono da imputare sostanzialmente a temperature ambiente (non riportate in tabella) differenti per i vari test, con conseguenti influenze sulle prestazioni della pompa di calore. Ancora più marcate risultano le differenze con le prove di riscaldamento a mezzo resistenze elettriche rispetto alle quali il funzionamento della pompa di calore in versione "modificata" fa registrare consumi più bassi di oltre il 65% a fronte di un modesto allungamento dei tempi, stimato nell'ordine del 30% (circa 15 min). Il consumo energetico medio dei singoli componenti del pasteurizzatore rispetto al consumo totale per ciclo di pastorizzazione risulta essere in percentuale diviso tra il 65% per le resistenze riscaldanti, il 22% per il compressore e il 13% per l'agitatore miscela (assunta trascurabile l'incidenza sul consumo totale della componentistica elettronica); utilizzando la pompa di calore a CO<sub>2</sub> per la fase di riscaldamento si ottiene quindi un risparmio energetico globale (riscaldamento +



**FIGURA 8** Prova di pastorizzazione con pompa di calore in configurazione modificata

raffreddamento) del 42% circa.

Volendo contestualizzare tale dato, se si considera che la durata media di un ciclo completo di pastorizzazione risulta pari a 2 ore con un consumo associato di ca. 7,2 kWh, il risparmio derivante dall'utilizzo della pompa di calore è pari a ca. 3 kWh per ciclo (Figura 9). L'impiego quotidiano del pastorizzatore è molto variabile ma si possono stimare due cicli/giorno e quindi un risparmio giornaliero pari a 6 kWh. Ipotizzando nell'arco dell'anno un minimo di 250 giorni di apertura per l'esercizio commerciale, si giunge a un risparmio minimo annuale di energia di ca. 1500 kWh per esercizio, corrispondente a un risparmio economico per il gestore di una cifra compresa tra i 540 e i 600 €/anno, a seconda della tipologia di contratto stipulato per la fornitura di energia elettrica (tariffe da 0,36 €/kWh per potenza contrattuale di 6 kW a 0,42 €/kWh per potenza contrattuale

di 10 kW).

Considerando, infine, che il solo parco macchine pastorizzatrici da 60 litri installato da Carpigiani è superiore alle 10.000 unità, si perviene a una prima stima del risparmio energetico derivante dall'utilizzo di *pastorizzatori a CO<sub>2</sub>* e correlato alla sola fase di riscaldamento della miscela per gelato, quantificabile in oltre 15 GWh/anno.

### Proposta di schemi Impiantistici per l'inversione del ciclo

Per quanto riguarda il funzionamento in modalità refrigerante della pompa di calore, occorre dire che la disponibilità di una sorgente calda a temperatura piuttosto bassa (acqua di rete a circa 15-20 °C) consente un funzionamento in condizioni subcritiche con positive ripercussioni sul rendimento del ciclo: in questo caso, infatti, si riducono le pressioni di lavoro e il  $\Delta p$  tra pressione mas-

sima e minima, cosicché il compressore lavora con rendimenti isentropici maggiori e le perdite exergetiche connesse con il processo di laminazione sono fortemente contenute. Riguardo alla scelta dei singoli componenti, occorre notare che il compressore bistadio con inverter della pompa di calore utilizzata nei nostri test presenta caratteristiche prestazionali ottimali anche per un utilizzo nel prototipo in studio, così come la valvola termostatica elettronica garantisce, secondo i dati di catalogo e i risultati di alcuni test eseguiti in configurazione "freddo", l'ottenimento di temperature e di carichi frigoriferi adeguati all'applicazione esaminata.

La scelta dello schema impiantistico e degli scambiatori sono strettamente correlate. Tra le possibili soluzioni di schema d'impianto sono state approfondite le seguenti:

- impianto con inversione di ciclo: prevede due soli scambiatori e due valvole di laminazione. Lo scambiatore in vasca (analogo a quello attualmente presente nel pastorizzatore utilizzato) funge da gas cooler o evaporatore a seconda della fase (riscaldamento o raffreddamento) ed è alimentato, nei due casi, dal flusso proveniente dal compressore o dall'organo di laminazione. L'altro scambiatore lavora con acqua di rete e funge da evaporatore o da gas cooler/condensatore, rispettivamente. In questo caso è importante valutare molto attentamente le condizioni di scambio e le caratteristiche della sorgente termica a disposizione che determinano il tipo di scambiatore da adottare. Si segnala, ad esempio, che uno scambiatore come quello di figura 6, non sarebbe adatto all'inversione in quanto le elevate perdite

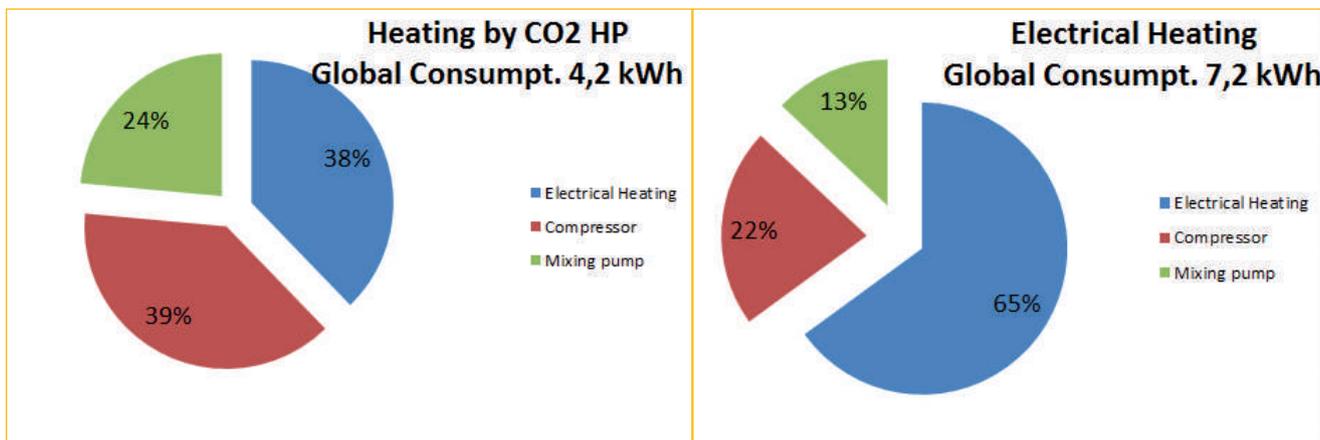
di carico sul lato CO<sub>2</sub> non ne consentirebbero un uso proficuo come evaporatore. D'altra parte è anche ipotizzabile la realizzazione di due scambiatori distinti per lo scambio termico tra CO<sub>2</sub> e prodotto alimentare: tale possibilità consentirebbe un dimensionamento più appropriato di entrambi gli scambiatori. Un elemento critico di questa configurazione è rappresentato dalla corretta valutazione della carica dell'impianto, che teoricamente richiede una quantità maggiore di fluido per l'esecuzione della fase calda, da cui la necessità di prevedere serbatoi di accumulo oppure rami di bypass opportunamente dimensionati. Un'ulteriore criticità di questa configurazione può aversi dall'utilizzo di un elevato numero di valvole sul circuito primario, che potrebbe condizionare l'affidabilità del sistema.

- impianto senza inversione di ciclo: in questo caso i due scambiatori principali, a piastre oppure tubo in tubo, conservano sempre la stessa funzio-

nalità (gas cooler o evaporatore), e gli scambi termici con il prodotto alimentare e l'acqua di rete avvengono attraverso uno o due circuiti secondari riempiti con una miscela di acqua e glicole. In questo caso si ha il vantaggio di un funzionamento migliore dell'impianto a CO<sub>2</sub>, con i due scambiatori che possono essere dimensionati in maniera più efficiente. D'altra parte, l'aggiunta di due scambiatori ausiliari causa ovviamente delle riduzioni di efficienza nello scambio termico globale. Questa soluzione garantisce una notevole semplificazione della configurazione lato CO<sub>2</sub>, ma anche in questo caso gli scambiatori non verrebbero a lavorare in condizioni completamente sovrapponibili nelle due fasi: si pensi ad esempio che uno scambiatore funzionerà anche in questo caso come gas cooler nella fase calda e da vero e proprio condensatore nella fase fredda. Questo implica ancora una volta la necessità di prevedere un valore di carica dell'impianto di compromes-

so rispetto a quella ottimale per l'esecuzione delle due fasi separate e il probabile inserimento nel circuito primario di serbatoi di accumulo e/o rami di bypass.

Negli schemi qualitativi sopra descritti non sono stati considerati possibili ulteriori componenti che potrebbero essere inseriti nel circuito e che potrebbero incrementarne l'efficienza, secondo quanto riportato da numerosi altri ricercatori, sia pure in applicazioni diverse da quelle in esame in questa sede<sup>8,9,10</sup>. In particolare, si dovrà preliminarmente valutare, attraverso studi di simulazione numerica, l'opportunità sotto il profilo dell'efficienza energetica e le modalità di inserimento nel circuito di uno scambiatore interrefrigeratore tra primo e secondo stadio del compressore e di uno scambiatore rigenerativo all'uscita del gas cooler per ridurre le perdite exergetiche della fase di laminazione<sup>11,12</sup>. Una valutazione teorica dell'efficienza energetica delle varie configurazioni, condotta attraverso un'opportuna simulazione numerica, consentirà la de-



**FIGURA 9** Confronto dei consumi elettrici con l'utilizzo di una pompa di calore per la fase riscaldamento del processo di pastorizzazione (a sinistra) e senza (a destra)

finizione dello schema impiantistico più performante. Si rimarca di nuovo che le configurazioni che contemplano l'inversione del ciclo, comunemente utilizzate con refrigeranti diversi dall'anidride carbonica in applicazioni di climatizzazione, proprio per le caratteristiche fluidodinamiche della CO<sub>2</sub>, richiedono soluzioni tecniche piuttosto complesse (p.e. complicazione del ciclo con l'aggiunta di componenti quali serbatoi di accumulo e/o rami di bypass, in quanto la fase di riscaldamento richiede una quantità di carica dell'impianto maggiore, oppure progettazione di scambiatori alimentati da fluido con densità diverse a seconda della fase operativa, calda o fredda) e dalla messa a punto alquanto delicata. I benefici dell'una o dell'altra configurazione potranno essere valutati a valle di un'appropriata campagna sperimentale che consenta il confronto tra le varie configurazioni e la scelta di quella ottimale.

## Conclusioni

Lo studio preliminare e l'attività sperimentale finalizzata alla realizzazione di un prototipo di pompa di calore reversibile a CO<sub>2</sub> per la pastorizzazione e la conservazione di miscele per la produzione di gelato hanno consentito di valutare il reale beneficio che una siffatta macchina può garantire nei trattamenti di riscaldamento di prodotti alimentari rispetto alle situazioni convenzionali, permettendo inoltre di individuare la componentistica più adatta anche per l'esecuzione della fase di raffreddamento e conservazione. Riguardo al confronto con il processo di riscaldamento realizzato elettricamente dalle macchine in commercio, si può affermare che le prove di pastorizzazione mediante pompa di calore hanno evidenziato consumi sempre considerevolmente minori e tempi di realizzazione che possono

facilmente essere allineati a quelli richiesti dal trattamento termico, ottimizzando la gestione elettronica del compressore e della valvola elettronica. Si possono altresì verosimilmente prevedere notevoli miglioramenti nelle prestazioni di una pompa di calore a CO<sub>2</sub> reversibile appositamente pensata per il trattamento di pastorizzazione e conservazione intervenendo sul dimensionamento dei componenti, progettando una logica di controllo ottimizzata per le prestazioni richieste e, infine, stabilendo con l'ausilio di campagne sperimentali dedicate quale possa essere la migliore configurazione d'impianto tra quelle individuate e qui presentate.

Luca Saraceno, Raniero Trinchieri,  
Nicolandrea Calabrese, Maurizio Pieve,  
Gino Boccardi, Alberto Lattanzi

ENEA, Unità Tecnica Tecnologie avanzate  
per l'Energia e l'Industria - Laboratorio di  
termofluidodinamica applicata ai sistemi energetici

## bibliografia

1. B. Tinti, "Microbiologia con tecniche ed esercitazioni di laboratorio", Tomo 1, pp. 133-140, Piccin nuova Libreria, Padova, 2008
2. [http://www.carpigiani.com/binary\\_files/prodotti/PASTOMASTER\\_RTL\\_IT\\_82547.pdf](http://www.carpigiani.com/binary_files/prodotti/PASTOMASTER_RTL_IT_82547.pdf)
3. [www.iisminuziano.it/alimentare/lezioni/Trattamenti\\_termici\\_degli\\_alimenti](http://www.iisminuziano.it/alimentare/lezioni/Trattamenti_termici_degli_alimenti), I.I.S. "A. Minuziano", San Severo (FG), 2011.
4. Neksa P., Walum H.T., Hafner A., "CO<sub>2</sub> – A Refrigerant from the past with Prospect of being One of the Main Refrigerants in the Future", 9th IIR Gustav Lorentzen Conference 2010 - natural refrigerants – real alternatives, Sydney, April 12-14, 2010.
5. Giroto S., Minetto S., Neksa P., "Commercial refrigeration system using CO<sub>2</sub> as the refrigerant", International Journal of Refrigeration, volume 27, anno 2004, pp.717-723.
6. Cavallini A. "Properties of CO<sub>2</sub> as a refrigerant", Centro Studi Galileo, European Seminar, Carbon dioxide as a refrigerant, Milano, 2004.
7. Kim M. H., Pettersein J., Bullard C. W., "Fundamental process and system design issues in CO<sub>2</sub> vapor compression systems", Progress in Energy and Combustion Science, volume 30, 2004, pp. 119-174.
8. Jakobsen A., Skaugen G., Skiple T. V., Neksa P., Andresen T., "Development and evaluation of a reversible air conditioning system compared to a state-of-art R410A unit", 6th Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Glasgow, 2004.
9. Andreassen H. E., "Air Reversing CO<sub>2</sub> Heat Pumps" Master thesis, Norwegian University of Science and Technology, Departments of Energy and Process Engineering, Spring 2010.
10. Christensen Ø., "Reversible R744 (CO<sub>2</sub>)Heat Pumps applied in public trains in Norway" Master of Science in Energy and Environment, Norwegian University of Science and Technology, Departments of Energy and Process Engineering, June 2009.
11. Sarkar J., "Review on Cycle Modifications of Transcritical CO<sub>2</sub> Refrigeration and Heat Pump systems", Journal of Advanced Research in Mechanical Engineering, volume 1, 2010, pp. 22-29.
12. Yamasaki H., Yamanaka M., Matsumoto K., Shimada G., "Introduction of Transcritical Refrigeration Cycle Utilizing CO<sub>2</sub> as Working Fluid", International Compressor Engineering Conference at Purdue University, School of Mechanical Engineering, 12-15 July, 2004.



# Il potenziale teorico da biomassa. Un'ipotesi di analisi a scala comunale

Attraverso un'analisi territoriale qualitativa e quantitativa, con l'ausilio di un software brevettato da ENEA (AGRIRES-ENEA) in fase di applicazione e sperimentazione, lo studio valuta il potenziale energetico di tipo teorico da biomassa in un territorio comunale al fine di offrire una prima ipotesi di pianificazione energetica, e propone alcune policy territoriali adatte al raggiungimento degli obiettivi della strategia 20-20-20 promossa dall'Unione Europea.

La necessità di costruire scenari attendibili a livello comunale nasce da due problematiche: l'esigenza scientifica di migliorare la sensibilità degli algoritmi già sul mercato relativi ai potenziali energetici, la necessità di avere governance confrontabili a livello nazionale ma anche UE, nelle quali la confrontabilità non sia solo sui risultati finali raggiunti, ma anche sulle procedure di stima e sulle policy attuate per raggiungerli. Entrambe le esigenze sono declinate nello studio qui presentato, le cui conclusioni sono positive su entrambe le problematiche evidenziate

DOI 10.12910/EAI2014-70

■ P. De Felice, A. Forni, P. Regina

## Introduzione

La biomassa può rappresentare un'importante risorsa per la produzione di energia rinnovabile, se adeguatamente coniugata con i valori del territorio, in quanto può creare un'occasione di sviluppo sostenibile locale. Affinché ciò avvenga è necessario valutare, in primis, il potenziale teorico inteso come la produzione massima di biomassa

che può essere considerata teoricamente disponibile per la produzione di bioenergia in un dato territorio. Di certo, non è sufficiente per una valutazione sostenibile considerare solo questo tipo di potenziale. La letteratura [1] ci insegna che per un'analisi coerente e foriera di sviluppo energetico sostenibile è necessario anche valutare altri potenziali come quello tecnico dove si considerano gli aspetti strutturali, tecnologici, spaziali, quello economico destinato, invece, a soddisfare i criteri di efficienza e competitività economiche, nonché quello volto a valutare gli aspetti strettamente legati alla sfera socio-politica e distinguibile come un potenziale attuativo.

La summa di questi potenziali conduce ad una valutazione sostenibi-

le che tiene conto di una serie di variabili e che calibra il potenziale in riferimento al territorio, ai suoi quadri valoriali, alle dinamiche politiche e sociali. Consapevoli della complessità della valutazione del potenziale, alla luce di queste diverse fasi appena menzionate, in questa sede ci limitiamo a fare una prima ipotesi nel considerare solo il potenziale teorico, riservandoci, in altre sedi, di estendere l'analisi anche agli altri potenziali, come già esperito in ulteriori studi [2], in un'area quale il Comune di Roccamonfina, in provincia di Caserta, particolarmente fragile da un punto di vista socio-economico (alti indici di vecchiaia, bassissimi tassi di natalità, disoccupazione, abbandono della coltivazione delle terre) ma di grande valore ambientale e

■ Pierluigi De Felice  
Università di Cassino e del Lazio  
Meridionale

■ Andrea Forni, Pasquale Regina  
ENEA

Contatto: Pierluigi De Felice  
pl.defelice@unicas.it



paesaggistico. Ritornando al nostro obiettivo si precisa che la valutazione del potenziale teorico, declinata ad una scala comunale, rappresenta sicuramente un punto di discussione importante, un punto di forza nella misura in cui le analisi del potenziale teorico sono per lo più a scala regionale o provinciale [3][4][5]. La scelta della scala comunale, dunque, è foriera sicuramente di una maggiore complessità nella valutazione del potenziale anche perché i dati quantitativi utili per l'analisi delle risorse bioenergetiche sono, soprattutto, a scala provinciale e regionale. Pertanto, questo studio vuole avere l'intendimento programmatico di porre all'attenzione del simposio scientifico la questione della valutazione del potenziale teorico da biomassa in rapporto alla scala, tenendo in considerazione che la pianificazione energetica improntata ai valori della sostenibilità si gioca spesso proprio alla scala comunale – a titolo esemplificativo si considerino i Piani di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES) promossi dal Patto dei Sindaci – e pertanto, diventa significativo offrire riflessioni sul potenziale da biomassa anche a scala comunale.

## Metodologia

Uno dei primi problemi nella ricerca dei dati puntuali sul potenziale da biomassa è rappresentato dalla valutazione di alcune variabili. Fra queste, a titolo esemplificativo, ricordiamo il riuso di una parte della biomassa nei cicli produttivi aziendali (es. paglie negli allevamenti animali), negli usi energetici, nella combustione direttamente nei campi di ramaglie o nella produzione di energia termica in camini o stufe.

Nel caso di studio specifico sono stati confrontati i dati ISTAT relativi non solo al Comune di Roccamonfina considerato in rapporto al suo sito ma anche alla sua posizione. Per tale motivo si sono confrontati i dati censuari anche dei diversi Comuni facenti parte dell'unità sovracomunale della Comunità Montana "Monte Santa Croce" di cui Roccamonfina fa parte. Questi dati, infine, sono stati confrontati con i valori provinciali di riferimento ovvero di Caserta.

La scelta di questa analisi multiscale (Comune, Provincia, Comunità Montana) trova la sua motivazione nel fatto che un'analisi territoriale, se declinata alla sostenibilità, deve necessariamente confrontarsi con una visione che travalichi i confini

comunali. Del resto la stessa governance istituzionale, su temi quali l'ambiente ed oggi l'energia, sta invano tentando da un decennio quale scala decisionale e programmatica sia preferibile, non essendo ancora riuscita a trovare una congrua risposta.

Inoltre, ad oggi, molti dati quantitativi non sono posseduti a scala comunale e questo crea non pochi problemi nell'analisi del potenziale. A titolo esemplificativo, ricordiamo il dato della produttività che viene calcolato solo alla scala provinciale. In questo studio, inoltre, ci si avvarrà di un software noto come AGRIRES, destinato ad una quantificazione dei potenziali da biomassa agricola di tipo residuale, onde poter ipotizzare una ulteriore valorizzazione energetica locale delle biomasse residuali [6],[7].

Da un confronto delle informazioni reperibili dai Censimenti dell'Agricoltura degli anni 2000 e 2010 si ottiene il prospetto per l'area territoriale di interesse mostrato in Tabella 1.

Nel confronto tra i due censimenti si nota una riduzione generalizzata della superficie agricola utilizzata (SAU), non derivabile da errori

Tipologia di superfici (ha)/anni	Superficie agricola a seminativi	Superficie agricola a coltivazioni permanenti	Superficie agricola a prati permanenti e pascoli	Pioppete	Boschi	Altra superficie	Superficie agricola totale (ha)
2000	4049,1	5851,79	2155,28	145,38	5632,78	404,16	18987,67
2010	2340,54	5322,5	1860,44	155,05	2537,07	449,28	12754,33

**TABELLA 1** Confronto della superficie aziendale (ha) secondo l'utilizzazione del terreno nei Comuni facenti parte della Comunità Montana Monte Santa Croce  
Fonte: ISTAT, Censimento Agricoltura, 2000 e 2010

statistici ma afferente alle modificate condizioni di redditività delle coltivazioni agricole e alla difficoltà di accedere a finanziamenti utili all'innovazione del settore agricolo, come dichiarato da esperti e stakeholder locali.

Scendendo nel dettaglio territoriale sull'utilizzazione delle superfici per colture legnose si ottengono i dati mostrati nelle Tabelle 2 e 3 relative ai periodi di indagine successivi. Sono state stimate solo alcune delle biomasse legnose, quelle maggiormente presenti sul territorio e contemporaneamente le più adatte alla produzione di energia termica.

Il confronto tra le Tabelle 2 e 3 indica che anche a livello comunale si ha lo stesso fenomeno complessivamente rilevato nella Tabella 1.

Ma le Tabelle 2 e 3 permettono di specificare quali tipologie di coltivazioni siano ad oggi ancora rilevanti nel territorio, dal punto di vista economico, sociale ed ambientale, definendo così comunque, sia pure in processo di diminutio dell'importanza

del settore agricolo, una base condivisa di intervento pianificatorio, volto a ottimizzare le risorse culturali e paesaggistiche del territorio, con la redditività potenziale dal settore energetico a biomasse, oggi inserita nelle policy nazionali e internazionali.

Conosciuto il contesto, l'ipotesi di pianificazione energetica parte da una dimensione comunale, e quindi le successive ipotesi pianificatorie sono valutate per elementi di sviluppo/modifica inerenti al solo territorio del Comune di Roccamonfina, che per la sua posizione e per la zona climatica E (zona E: Comuni a clima freddo, che presentano un numero gradi-giorno maggiore di 2.100 e non superiore a 3.000) necessita maggiormente di un'azione energetica sostenibile. Dal confronto dei dati riportati si nota palesemente una riduzione della superficie agricola utilizzata tra il 2000 e il 2010. Tale riduzione è compatibile con un abbandono delle superfici in controtendenza alla politica di svi-

luppo agricolo dell'ultimo periodo: altre forme di attività lavorative più remunerative e maggiormente gratificanti richiamano le fasce di età più giovane tendendo a dividere la tradizionale famiglia coltivatrice con conseguente riduzione delle superfici coltivate.

Sulla base delle elaborazioni e tenuto conto che buona parte delle potature di pezzatura più grande hanno già un uso energetico locale ed anche parte delle frasche e dei sarmenti hanno un impiego alternativo, le stime realizzate sui dati ISTAT 2010 indicano che vi è un potenziale aggiuntivo compreso tra le 60 e le 100 kilotonnellate (kt) annue di potature disponibili dal complesso delle superfici coltivate a Vite, Olivo e Fruttiferi.

Per il solo Comune di Roccamonfina il valore del potenziale lordo si assesta su 23 kt/anno per le biomasse di tipo legnoso (Figura 1).

È possibile ipotizzare una pianificazione che tenda a recuperare parte delle superfici abbandonate, con una nuova utilizzazione della superficie agricola utilizzata persa tra il 2001 ed il 2010, al fine di costruire una filiera energetica, collocata completamente nel Comune di Roccamonfina.

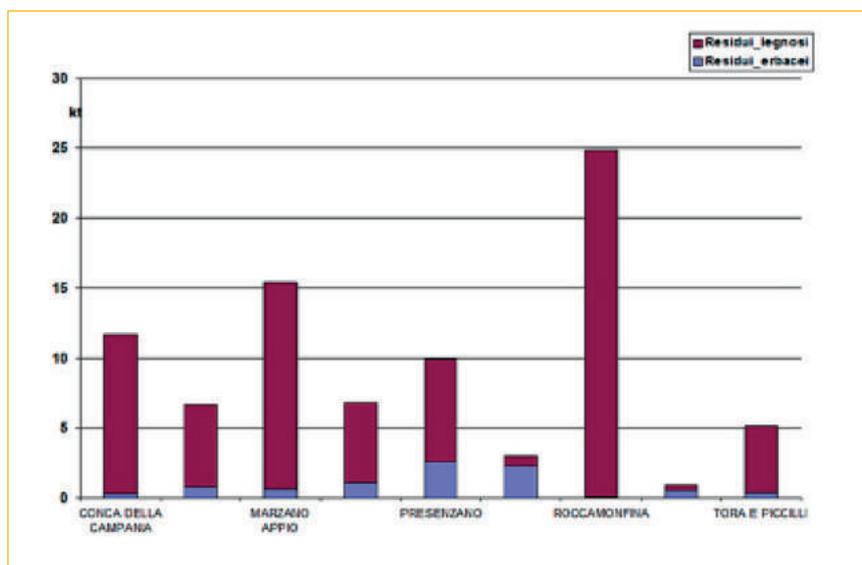
Le ipotesi e le conseguenti elaborazioni/simulazioni sono formulate, come già detto, nell'ottica della tutela della biodiversità del paesaggio: si mantengono le colture già presenti; si concentra solo la superficie agricola utilizzata persa nel periodo che intercorre tra il V e il VI censimento ISTAT dell'agricoltura; non viene sconvolto l'insieme paesaggistico e ultimo, ma non meno impor-

Comune	Vite (ha)	Olivo (ha)	Fruttiferi (ha)	Boschi (ha)	Totale
Conca della Campania	49,16	180,76	467,19	242,19	939,3
Galluccio	174,61	196,82	226,3	276,77	874,5
Marzano Appio	24,53	75,28	579,77	200,65	880,23
Mignano Monte Lungo	94,08	214,99	205,96	2447,74	2962,77
Prezenzano	37,26	119,97	391,34	975,37	1523,94
Rocca d'Evandro	122,75	143,97	14,33	601,41	882,46
<b>Roccamonfina</b>	<b>1,69</b>	<b>6,65</b>	<b>1921,85</b>	<b>276,32</b>	<b>2206,51</b>
San Pietro Infine	14,37	332,09	1,98	348,21	696,65
Tora e Picilli	45,85	71,12	107,05	264,12	488,14
<b>Totale</b>	<b>564,3</b>	<b>1341,65</b>	<b>3915,77</b>	<b>5632,78</b>	<b>11454,5</b>

**TABELLA 2** Confronto della superficie aziendale (ha) secondo l'utilizzazione del terreno nei Comuni facenti parte della Comunità Montana Monte Santa Croce  
Fonte: ISTAT, Censimento Agricoltura, 2000 e 2010

tante, non si effettuano valutazioni di tipo economico-commerciale. Si vuole cioè evidenziare che nell'uso delle tecnologie, da cui discendono in linea diretta le valutazioni economiche commerciali, peraltro da ENEA già inserite in altri modelli di analisi e valutazione, devono "derivare dai punti interpretativi del territorio" e non viceversa. Esperienza quest'ultima, già fatta con il solare fotovoltaico, che ha riempito a pioggia il territorio (ad oggi quasi 500.000 impianti) senza grandi benefici e con un rapporto economico nazionale deficitario in termini di costi/benefici.

Da queste esperienze è discesa la riflessione sulla convenienza della conversione in termini economico-commerciali, sui costi di gestione di queste aree e sui compensi ottenuti dal ricavato della nuova utilizzazione. A queste domande è necessario, dunque, fornire una risposta che giustifichi la scelta di riconversione colturale, partendo dal territorio. Sono state stimate le biomasse legnose aggiuntive, su base annua, provenienti dalle potature di vigneti, oliveti e frutteti, derivate nel Comune di Roccamonfina da una riutilizzazione di 250 ha di superficie abbandonata. Questa scelta deriva dal principio di tutela del paesaggio sopra indicato, e quindi



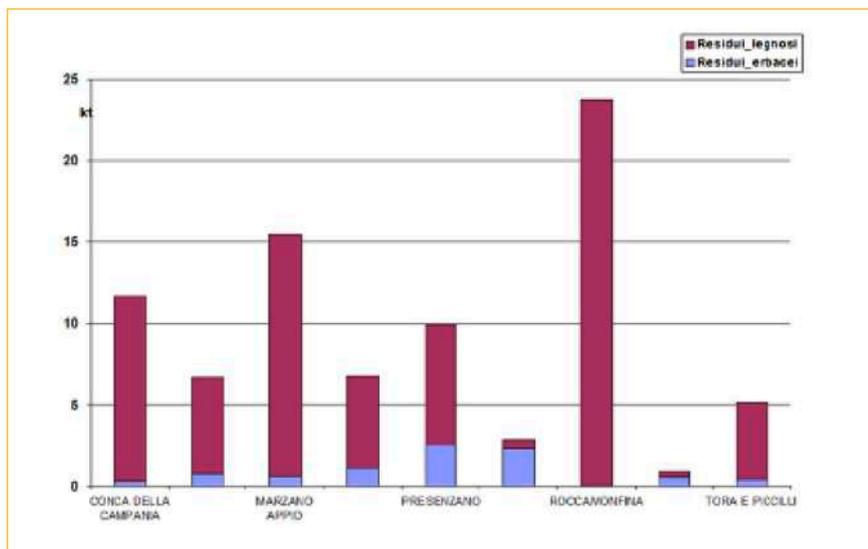
**FIGURA 1** Potenziale lordo (kt/anno) di residui agricoli per l'area di interesse  
Fonte: elaborazione ENEA su dati ISTAT 2010

Comune	Vite (ha)	Olivo (ha)	Fruttiferi (ha)	Boschi (ha)	Totale
Conca della Campania	28,13	182,29	587,98	140,2	938,6
Galluccio	194,47	158,98	281,77	169,96	805,18
Marzano Appio	8,86	43,6	783,18	92,51	928,15
Mignano Monte Lungo	49,11	160,16	284,75	412,16	906,18
Presenzano	7,05	116	384,59	605,67	1113,31
Rocca d'Evandro	51,89	88,07	25,89	289,55	455,4
<b>Roccamonfina</b>	<b>7,83</b>	<b>74,72</b>	<b>1250,33</b>	<b>144,88</b>	<b>1477,76</b>
San Pietro Infine	4,93	226,94	0,91	351,02	583,8
Tora e Picilli	12,27	62,92	244,88	331,12	651,19
<b>Totale</b>	<b>364,54</b>	<b>1113,68</b>	<b>3844,28</b>	<b>2537,07</b>	<b>7859,57</b>

**TABELLA 3** Superfici comunali occupate da colture legnose agrarie e forestali suscettibili di produrre biomasse legnose residuali per usi termici  
Fonte: ISTAT, Censimento Agricoltura, 2010

Comune di Roccamonfina	Potenziale lordo (kt)	Potenziale netto (kt)	Potenziale energetico (TJ) residui agricoli legnosi
Situazione iniziale	23,67	21,21	387
I ipotesi	24,78	22,19	405
II ipotesi	27,47	24,59	445

**TABELLA 4** Potenziale lordo, netto ed energetico per il Comune di Roccamonfina per i soli residui agricoli legnosi  
Fonte: ISTAT, Censimento Agricoltura, 2010



**FIGURA 2** Potenziale lordo (kt/anno) di residui agricoli per l'area di interesse  
 Fonte: elaborazione ENEA su prima ipotesi di incremento della superficie agricola utilizzata

sono escluse le erbacee, i cui contributi certamente accrescerebbero i potenziali stimati, e che possono essere naturalmente aggiunte in eventuali analisi mirate.

Sulla base dei dati ISTAT e tenuto conto che la dinamica delle colture permanenti è solitamente molto lenta, sono stati valutati i residui sia dalla potatura annuale sia dagli espianti dei fruttiferi sulla base di parametri medi già utilizzati in altri studi [8,9,10].

Una prima ipotesi è stata formulata con una ripartizione nell'utilizzo di 100 ha a boschi, 50 ha per vite, 50 ha per olivo e ulteriori 50 ha per fruttiferi.

Tale attribuzione si ripartisce in termini percentuali sulla totalità della superficie agricola utilizzata investigata come un incremento del 3,9% sui boschi, del 13,7% per la vite,

4,5% per l'olivo e infine del 1,3% per i fruttiferi.

L'elaborazione dei dati effettuata con lo strumento ENEA per la valutazione del potenziale di biomasse da residui agricoli fornisce un incremento stimabile in ulteriori 1000 t/anno (Figura 2).

Una seconda ipotesi di pianificazione, legata anch'essa ovviamente alle condizioni della pianificazione energetico-territoriale, incrementa la superficie agricola complessiva sia utilizzata sia totale, introducendo un incremento/riuso sulla superficie iniziale non in valore assoluto, ma in percentuale del totale, e quantifica in un +5% sui boschi, +15% sui vigneti, +5% per uliveti e frutteti rispettivamente per un totale complessivo di circa 430 ettari tra superficie agricola totale e utilizzata.

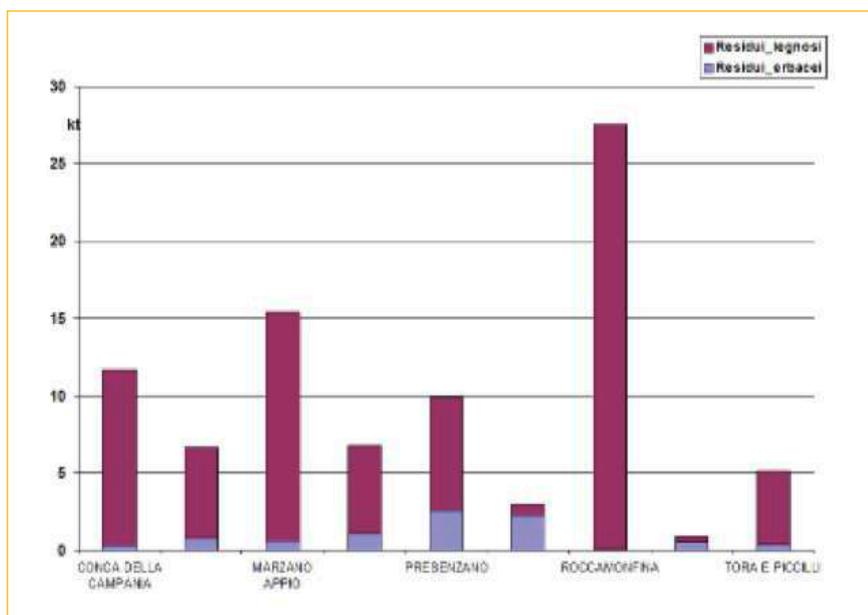
Questa ulteriore simulazione ha prodotto un incremento del potenziale lordo derivante dagli scarti agricoli per un totale di 3,8 kt/anno di cui 3,38 kt/anno di potenziale netto disponibile al territorio.

Il risultato della suindicata elaborazione (Figura 3) ci restituisce il potenziale lordo di biomasse da residui agricoli. Sottraendone la quantità che ha già una collocazione/uso, si ottiene il potenziale netto al territorio, disponibile e distribuito sull'intero Comune oggetto di analisi e che, quindi, non tiene conto di aspetti logistici per il successivo sfruttamento.

Infatti, le biomasse andrebbero raccolte, trasportate e concentrate in siti prossimi all'impianto di trasformazione tenendo conto anche della stagionalità nella produzione.

Questi fattori incidono nel determinare la convenienza tecnica ed economica nell'utilizzo dei residui agricoli.

Per ottenere a titolo indicativo il quantitativo di energia contenuta nella biomassa residuale (in realtà si deve tener conto anche del tipo, pezzatura, composizione e umidità della biomassa raccolta), è stato utilizzato un valore medio del contenuto energetico, il PCI (potere calorifico inferiore) pari a 18,25 MJ/kg. Le due ipotesi di incremento di superficie utilizzata hanno prodotto un aumento del potenziale netto disponibile al territorio di 0,9 kt e 3,3 kt rispettivamente e conseguentemente il potenziale energetico complessivo derivante è risultato di circa 405 TJ nella prima ipotesi e circa 445 TJ nella seconda ipotesi (Tabella 4).



**FIGURA 3** Confronto della superficie aziendale (ha) secondo l'utilizzazione del terreno nei Comuni facenti parte della Comunità Montana Monte Santa Croce  
Fonte: ISTAT, Censimento Agricoltura, 2000 e 2010

ulteriori rilevanti quantitativi di residui utili alla valorizzazione a fini energetici.

È evidente che i quantitativi di biomassa disponibili sul territorio (e che potrebbero soddisfare le richieste termiche delle aziende/abitazioni del Comune) sarebbero ben più rilevanti se si considerassero anche i residui della lavorazione di castagno e nocciole oltre che le sanse, volutamente trascurati in questo studio.

## Conclusioni

Lo studio, dal punto di vista scientifico, ha evidenziato alcune criticità nella valutazione del potenziale da biomassa per una porzione di territorio (nello specifico il limite ter-

ritoriale comunale di Roccamonfina) ad elevata scala di dettaglio, limite, peraltro, già evidenziato anche in altre pubblicazioni ENEA. Per fornire informazioni dettagliate utili per una corretta pianificazione, è indispensabile l'utilizzo di dati statistici comunali possibilmente integrati da dati di tipo puntuale, magari organizzati in ambiente GIS. Nella definizione particolareggiata di una pianificazione energetica sarà, quindi, opportuno inserire i costi e la gestione di un monitoraggio completo con gradi di conoscenza adeguati sia per i quantitativi di biomasse (monitoraggio dei consumi di biomasse e loro provenienza) ma anche per le reali superfici coinvolte nella coltivazione/produzione,

più in generale nella conoscenza dell'evoluzione dell'uso e del consumo di suolo e dei territori urbanizzati, utilizzando anche altri sistemi di rilevazione che comprendano anche le destinazioni d'uso del suolo previste dagli strumenti urbanistici comunali.

Infatti, nel presente studio la riduzione delle superfici agricole coinvolte di piccola/media entità è ascrivibile con l'abbandono dell'attività agricola a fronte di attività più remunerative, mentre superfici di più grandi dimensioni hanno riguardato una differente destinazione d'uso del suolo a seguito di attività antropiche (decisionali e di programmazione territoriale) di tipo significativo (creazione e sviluppo di aree industriali, artigianali, PIP, con reali riscontri su elaborazioni di tipo socio-economico).

Per quanto attiene il contributo che i singoli Comuni possono e devono dare al raggiungimento degli obiettivi energetici, appare evidente che senza un coinvolgimento delle aree interne e depresse ciò non sarà possibile, in quanto rimarrebbe un iato tra domanda ed offerta di energia.

Infatti mentre il 70% della popolazione italiana è urbanizzata in meno di 1.000 Comuni, i "luoghi" della produzione di energia sono "esterni alla città" [22], e quindi le tecnologie attuali richiedono assolutamente la sinergia tra territori urbani e territori non urbani, tra i quali, ricordando Salvemini [21], il Mezzogiorno sottosviluppato è parte relevantissima.

Non si vuole qui recuperare la sto-



rica “Questione meridionale”, ma essa si presenta, in termini sociologici ed economici, oggi sotto i profili ambientali ed energetici, con la differenza che mentre nel 1900 le potenzialità di sviluppo erano prevalentemente al Nord, oggi sul tema energia, le potenzialità di svi-

luppo sono prevalentemente nelle aree depresse montane e nel Mezzogiorno. Lo studio quindi rimette al centro della pianificazione energetica il tema della sostenibilità economica e sociale nazionale, e la collega ai paradigmi energetici emergenti, in termini di “sosteni-

bilità del territorio” complessivamente intesa.

**Pierluigi De Felice**

Università di Cassino e del Lazio Meridionale

**Andrea Forni**

ENEA, Unità Centrale Studi e Strategie

**Pasquale Regina**

ENEA, Unità Tecnica Efficienza Energetica

bibliografia

- [1] Rettenmaier N., Schorb A., Köppen S. (2010), Biomass Energy Europe. Status of Biomass Resource Assessments. Versione 3.
- [2] Colonna N., De Felice P., Forni A. (2013), “La transizione energetica come paradigma di sviluppo sostenibile. Un caso di studio nella collina interna della Campania settentrionale” in ENEA, Atti della XXXIII Conferenza scientifica annuale AISRe Roma, “Istituzioni, Reti Territoriali e Sistema Paese: La governance delle relazioni locali – nazionali”, 23-49, Roma, ENEA.
- [3] Bernotat K., Sandberg T. (2004), “Biomass fired small-scale CHP in Sweden and the Baltic States: a case study on the potential of clustered dwellings”, Biomass and Bioenergy, 27, 6, 521-530.
- [4] Bouchard S., Landry M., Gagnon Y., “Methodology for the large scale assessment of the technical power potential of forest biomass: Application to the province of New Brunswick”, Canada, Biomass and Bioenergy, 54, 1-17.
- [5] Bryan B. A., Ward J., Hobbs T. (2008), “An assessment of the economic and environmental potential of biomass production in an agricultural region”, Land Use Policy, 25, 4, 533-549.
- [6] Colonna N., Del Ciello R. e Petti R., (2010), “Biomasse agroforestali: valutare il potenziale a scala regionale”, ARS, 127, 20-24.
- [7] Colonna N., Regina P., (2011), AGRIL\_RES, Valutazione quantitativa del potenziale energetico da residui agricoli, Codice di calcolo. Copyright ENEA numero deposito 2011003775 del 14 settembre 2011 .
- [8] Colonna N., Croce S. - Biomass potential assessments in Italy: approaches and methodologies. Roma, 2009
- [9] TASK FORCE AMBIENTE - Il potenziale energetico da biomasse nella Regione Molise. Progetto ENERWOOD. Regione Molise, 2008
- [10] Motola V., Colonna N., Alfano V., Gaeta M., Sasso S., De Luca V., De Angelis C., Soda C., Braccio G. (2009), Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine, atlante biomasse su WEB-GIS. Ricerca Sistema elettrico, RSE/2009/167, ENEA, Roma, 2009
- [11] Bernotat K., Sandberg T. (2004), “Biomass fired small-scale CHP in Sweden and the Baltic States: a case study on the potential of clustered dwellings”, Biomass and Bioenergy, 27, 6, 521-530.
- [12] Bouchard S., Landry M., Gagnon Y. (2013), “Methodology for the large scale assessment of the technical power potential of forest biomass: Application to the province of New Brunswick, Canada”, Biomass and Bioenergy, 54, 1-17.
- [13] Bradshaw J. M. (2010), “Global energy dilemmas: a geographical perspective”, Geographical Journal, 176, 4: 275–290.
- [14] Brittan G. G. (2001), “Wind, energy, landscape: reconciling nature and technology”, Philosophy & Geography, 4, 2: 169-184.
- [15] Curran D. W. (1973), Géographie mondiale de l'énergie, Paris, Masson.
- [16] EEA (2008), Energy and environment report 2008, 6.
- [17] Esposito C., Gentile M., Lavadera R. L., (1999), Natura 2000. Il progetto Bioitaly in Campania, Napoli, Regione Campania.
- [18] FAO (2008), The State of Food and Agriculture, Roma.
- [19] Pellizi G., Riva G., Fiala M. (1994), Potenzialità energetica da biomasse nelle regioni italiane, rapporto AIGR-ENEA.
- [20] ENEA, Rapporto ENEA sulle tecnologie energetiche in Italia. Stato e prospettive, ENEA, Roma, 2012.
- [21] Salvemini G. (1955), Scritti sulla questione meridionale (1896-1955), Torino, Einaudi.
- [22] Forni A. (2012), “Green economy: energia e territorio” in ENEA, Rapporto Energia e Ambiente. L'analisi 2009/2010, ENEA, Roma, pp. 158-160. ISBN 978-88-8286-266-4
- [23] De Felice P., Forni A., “Le barriere all'energia green” in Rinnovabili.it, rivista on line (www.rinnovabili.it) consultabile alla pagina <http://www.rinnovabili.it/energia/efficienza-energetica/le-barriere-allenergia-green3083/>
- [24] Rossi-Doria M. (1958), Dieci anni di politica agraria nel Mezzogiorno. Bari, Laterza.
- [25] Regione Molise (2008), Il potenziale energetico da biomassa nella Regione Molise. Progetto Enerwood.
- [26] Reho M. (eds.) (2009), Fonti energetiche rinnovabili, ambiente e paesaggio rurale, Milano, Franco Angeli.
- [27] Provincia di Caserta (2009), Proposta di Piano PTC A1 Relazione.
- [28] Provincia di Caserta (2010), Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Rapporto ambientale.
- [29] Puttilli M. (2009), “Per un approccio geografico alla transizione energetica. Le vocazioni energetiche territoriali”. Bollettino della Società Geografica Italiana, XIII, pp. 601-616.
- [30] Raffestain C. (2006), Dalla nostalgia del territorio al desiderio di paesaggio. Elementi per una teoria del paesaggio, Firenze, Alina.
- [31] Regione Campania (2007), Piano Operativo Regionale FESR 2007-2013, <[http://porfesr.regione.campania.it/opencms/export/sites/default/FESR/download/POR\\_Campania\\_FESR\\_2007\\_2013.pdf](http://porfesr.regione.campania.it/opencms/export/sites/default/FESR/download/POR_Campania_FESR_2007_2013.pdf)>, 18/06/2012.
- [32] Regione Campania (2007), Programma di Sviluppo Rurale, PSR CAMPANIA 2007-2013, <[http://agricoltura.regione.campania.it/psr\\_2007\\_2013/pdf/PSR\\_2011.pdf](http://agricoltura.regione.campania.it/psr_2007_2013/pdf/PSR_2011.pdf)>, 18/06/2012.
- [33] Regione Campania (2008), Piano Territoriale Regionale. Linee Guida per il Paesaggio, <<http://www.sito.regione.campania.it/PTR2006/PTRindex.htm>>, 18/06/2012.
- [34] Regione Campania (2009), Piano Energetico Ambientale Regionale, <<http://www.economicampania.net/UserFiles/File/VolumePEAR.pdf>>, 18/06/2012.

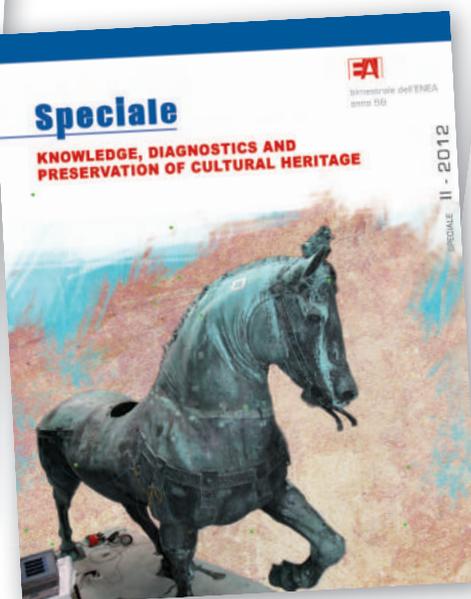
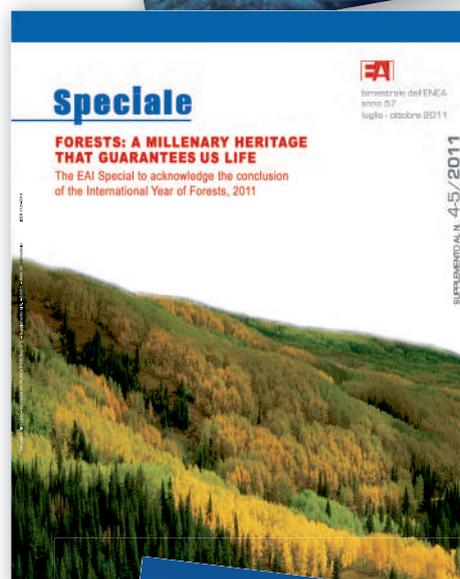
# Gli Speciali di Energia, Ambiente e Innovazione

La rivista, oltre ai fascicoli a cadenza bimestrale, realizza numeri “Speciali” monografici su tematiche tecnico-scientifiche di attualità.

*Cinque gli Speciali finora pubblicati:*

- Le tecnologie di Carbon Capture and Storage
- Forests: a millenary heritage that guarantees us life
- Verso la green economy: strategie, approcci e opportunità tecnologiche
- Knowledge, Diagnostics and Preservation of Cultural Heritage
- Biotecnologie per lo sviluppo sostenibile

Tutti gli Speciali sono disponibili online.



# Luce e visione, un binomio (quasi) perfetto

In questo articolo viene presentato in modo elementare lo straordinario meccanismo della visione umana, insieme ad alcuni processi percettivi ancora in parte sconosciuti nei loro più intimi dettagli, come il riconoscimento di forme e colori. La nostra prodigiosa capacità di riconoscere le distanze tra gli oggetti e di interpretare tratti e lineamenti può essere ingannata da alcuni disegni e situazioni particolari, le cosiddette illusioni ottiche, che tuttavia possono fornire informazioni utili a medici e studiosi per la comprensione del complesso funzionamento del nostro sistema occhio-cervello, e in definitiva ad apprezzare la notevole differenza tra visione e percezione, i cui significati non devono essere sovrapposti o confusi tra loro. La trattazione è volutamente elementare e introduttiva, ma viene fornita una bibliografia adatta ad un primo approfondimento

DOI 10.12910/EAI2014-71

■ P. Di Lazzaro, D. Murra

**N**ulla è più facile che illudersi, perché ciò che ogni uomo desidera, crede anche che sia vero (Demostene, 384 – 322 a.C.)

Tutte le forme di vita hanno sviluppato diversi metodi per utilizzare la luce visibile, nel corso del processo di evoluzione. Piante, batteri, occhi, tutto funziona in modo da trasformare la luce in qualcos'altro. Nel caso di piante e batteri, la luce fornisce l'energia necessaria a realizzare importanti reazioni chimiche attraverso il processo di fotosintesi (per inciso, la fotosinte-

si agisce anche nell'uomo, quando la luce solare trasforma un composto prodotto dal nostro fegato, il deidrocolesterolo, in vitamina D). Negli organismi superiori, gli occhi trasformano la luce in reazioni chimiche che generano impulsi nervosi inviati al cervello, in modo da rivelare rapidamente i cambiamenti che avvengono nei dintorni: un pericolo, una preda, un riparo. Informazioni essenziali per sopravvivere. Si capisce, quindi, come la selezione naturale abbia perfezionato i sistemi di percezione della luce.

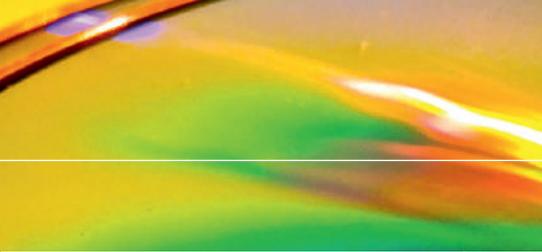
Due esempi di questa "evoluzione verso la perfezione" sono la visione binoculare (da due occhi) e la densità di fotorecettori sulla retina, che ora andiamo a commentare. Gli occhi di molti animali, uomo compreso, sono posti

ad una distanza più di dieci volte maggiore della dimensione della pupilla (cioè del diametro di ingresso della luce nell'occhio). A causa di questa distanza, ciascun occhio vede un'immagine un poco diversa da quella dell'altro occhio (Figura 1). Il cervello fonde le due immagini e utilizza le lievi differenze per ricreare lo spessore, la profondità della scena percepita. Il risultato di questa prodigiosa ricostruzione è la visione tridimensionale, che fornisce informazioni sulla distanza degli oggetti osservati.

La visione binoculare è essenziale per valutare la distanza da un predatore e quindi l'imminenza di un pericolo, o la distanza da una preda e quindi l'opportunità di procurarsi cibo: in altre parole, la visione binoculare è importante

■ Paolo Di Lazzaro, Daniele Murra  
ENEA

Contatto: Paolo Di Lazzaro  
paolo.dilazzaro@enea.it

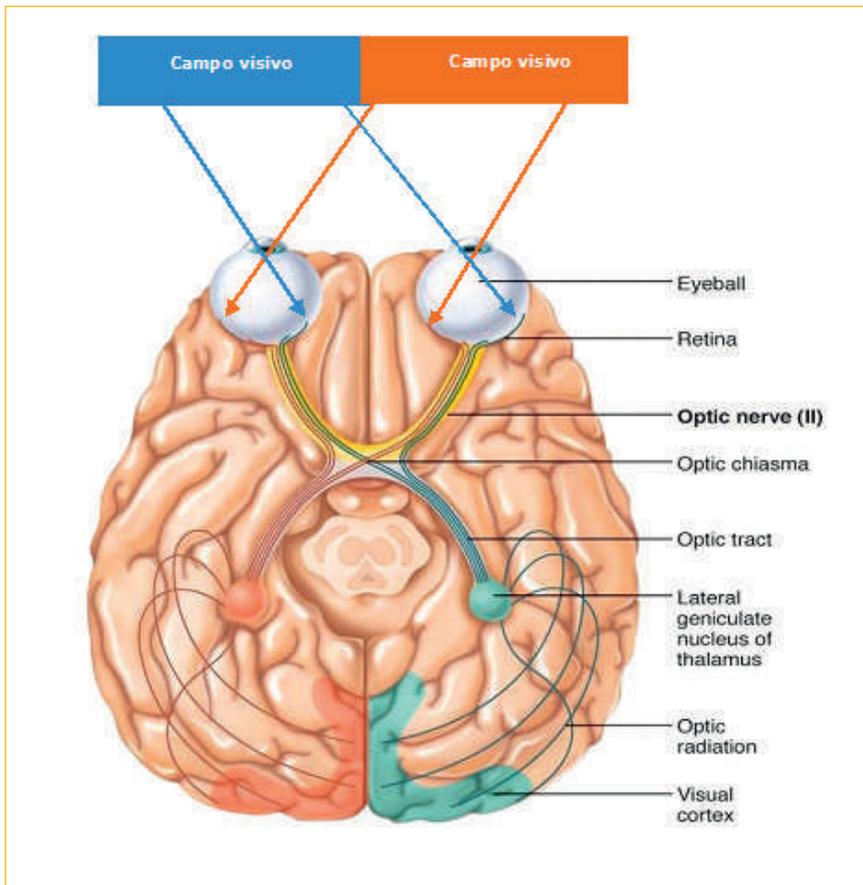


**FIGURA 1** Immagini stereoscopiche percepite dall'occhio destro (immagine a sinistra) e dall'occhio sinistro (immagine a destra). Per accorgerci che si tratta di due immagini diverse, bisogna notare alcuni dettagli, ad esempio la posizione della scritta "Bar" rispetto al cappello del ballerino, oppure la posizione delle persone sullo sfondo rispetto a quelle in primo piano. Il cervello riceve queste due immagini bidimensionali distinte e le fonde in una unica immagine, utilizzando le lievi differenze per ottenere informazioni sulla profondità della scena, ovvero per creare la terza dimensione. Con un poco di esercizio, incrociando gli occhi in modo da mettere a fuoco a circa un terzo della distanza tra i vostri occhi e le due immagini (aiutandosi con un dito, ad esempio) vedrete le due foto sullo sfondo che si muovono: se cambiate la messa a fuoco fino a sovrapporle, potete vedere una terza immagine tridimensionale, molto realistica  
*Tratto da [www.stereoscopy.com/gallery/](http://www.stereoscopy.com/gallery/)*

per la sopravvivenza. Il mitico ciclope Polifemo, anche se non fosse stato accecato, avrebbe trovato difficoltà a catturare Ulisse e i suoi compagni con un solo occhio. Ancora più sorprendente è l'esempio della densità dei recettori di luce sulla retina. Tramite il "criterio di Rayleigh" [1] si può dimostrare che due segnali luminosi che entrano attraverso la pupilla e vengono focalizzati dal cristallino, appaiono distinti quando la loro distanza sulla retina è uguale o superiore a circa 2,45 millesimi di millimetro. Di conseguenza, la massima densità media di punti distinguibili sulla retina è pari a circa 16,7 milioni di punti per

centimetro quadrato. Ebbene, la densità di recettori sensibili alla luce al centro della retina è pari a 16 milioni per centimetro quadrato! Di fronte a un simile risultato, possiamo pensare ad una coincidenza, a un caso fortuito, oppure dobbiamo ammettere che Madre Natura ha fatto le cose alla perfezione, mettendo il numero di recettori giusto: un numero maggiore sarebbe stato inutile (non avrebbe migliorato l'acutezza visiva) mentre un numero inferiore avrebbe portato ad una visione insufficiente, o almeno migliorabile. Cerchiamo di capire meglio come funziona il meccanismo della visione. La parte fotosensibile dell'oc-

chio è la retina, una membrana che si trova sul fondo del globo oculare, formata da diversi strati. Fra gli altri, c'è uno strato di recettori sensibili alla luce connessi con diversi strati di neuroni. Questi recettori sono di due specie: i "coni", che si trovano nella regione centrale della retina e sono sensibili ai colori, e i "bastoncelli", distribuiti maggiormente nella regione periferica della retina e sensibili ai contorni degli oggetti osservati. Le cellule neuronali connesse alla retina confluiscono nelle fibre del nervo ottico, e da qui al cervello. Quando un raggio di luce giunge sulla retina è assorbito da due proteine che circondano i recettori, la



**FIGURA 2** Vista dall'alto del percorso degli impulsi elettrici generati dai fotorecettori della retina fino alla corteccia visiva dove avviene la ricostruzione e la interpretazione dell'immagine. È da notare che le parti destra e sinistra della corteccia visiva ricevono impulsi dai campi di vista controlaterali di entrambi gli occhi

Tratto da W. Kahle, M. Frotscher: *Color atlas and textbook of human anatomy*, Ed. Thieme, vol. 3, p. 355 (2003)

rodopsina (sui bastoncelli) e la iodopsina (sui coni). La luce assorbita provoca una serie di reazioni chimiche che modificano la struttura delle due proteine. Il risultato finale è la chiusura dei canali normalmente usati dagli ioni sodio per entrare all'interno del cono o

del bastoncello. Ne segue un accumulo di ioni all'esterno del recettore, e quindi una polarizzazione elettrica positiva che si diffonde fino al neurone dove si genera un impulso elettrico che si propaga attraverso le fibre del nervo ottico. In altre parole, un raggio di luce

che entra nell'occhio provoca una serie di reazioni chimiche nella retina che producono un eccesso di carica elettrica, che si traduce in un segnale trasmesso al cervello attraverso il nervo ottico.

Nella zona centrale della retina ad ogni cono o coppia di coni corrisponde un neurone, mentre nelle zone periferiche molti bastoncelli sono connessi allo stesso neurone che quindi trasmette la somma dei tanti segnali elettrici ricevuti. Il fatto che la carica elettrica di tanti bastoncelli si sommi in un solo neurone spiega la nostra capacità di visione notturna (quando la pupilla è maggiormente aperta e quindi la luce raggiunge anche la zona periferica della retina, dove si trovano i bastoncelli): la somma di tanti segnali permette di vedere anche gli oggetti scarsamente illuminati. Allo stesso tempo, la visione notturna è meno precisa di quella diurna nel riconoscere i dettagli degli oggetti osservati: infatti, i segnali provengono da un gruppo di bastoncelli, cioè da un'area della retina invece che da un punto preciso, e quindi la risoluzione spaziale peggiora.

Torniamo al viaggio del nostro impulso elettrico generato dalla retina e trasmesso attraverso le fibre del nervo ottico. Con l'aiuto della Figura 2, vediamo che le fibre del nervo di ciascun occhio si dividono a metà per raggiungere due zone del cervello (i corpi genicolati laterali), dove si combinano con la metà delle fibre dell'altro occhio: in questo modo si possono mescolare ed elaborare gli impulsi elettrici di entrambi gli occhi

per ottenere la fusione delle due diverse stimolazioni elettriche, che comunque conservano memoria sia dell'occhio che delle zone della retina da cui provengono.

In particolare, dalla Figura 2 si vede che il corpo genicolato laterale destro riceve impulsi elettrici provenienti dalla parte destra della retina di ciascuno dei due occhi (linee azzurre in Figura 2), dove arrivano prevalentemente le immagini del campo visivo posto a sinistra degli occhi. Viceversa, il corpo genicolato laterale sinistro riceve impulsi (attraverso le linee arancioni in Figura 2) generati nella parte sinistra della retina di entrambi gli occhi, dove arrivano le immagini del campo visivo destro. Di seguito, gli impulsi che escono dai corpi genicolati laterali si dividono in una moltitudine di fibre che si dirigono alla corteccia visiva, posta nel retro del cervello, dove si dispongono con una collocazione precisa: i segnali di ciascuna zona della retina sono inviati in una determinata zona della corteccia, dove avviene l'interpretazione.

La corteccia esegue un'analisi in parallelo delle varie proprietà dell'immagine: esistono zone della corteccia dedicate all'analisi delle dimensioni e dell'orientamento, altre al colore, altre al movimento. Nei primati esiste perfino una zona specializzata nel riconoscimento del solo volto! E immaginate cosa può accadere in caso di una lesione in questa zona della corteccia visiva: ne parla il neurologo Oliver Sacks in un saggio dall'eloquente titolo *L'uomo che*

scambiò sua moglie per un cappello [2]. In ogni caso, analizzare le immagini in parallelo consente di ridurre il tempo di interpretazione e riconoscimento, e il fattore tempo è importante per prendere decisioni rapide, utili a sopravvivere in caso di pericolo.

Il processo di riconoscimento delle immagini è ancora in parte sconosciuto: alcuni studiosi ipotizzano una similarità con il riconoscimento dei suoni nella coclea dell'orecchio, per cui la corteccia visiva opererebbe una operazione matematica chiamata Trasformata di Fourier [3] dei segnali nervosi per ottenere informazioni sui contorni dell'immagine.

Di sicuro, il nostro cervello ha una straordinaria capacità di riconoscere linee e simboli complessi, come le parole aventi differente orientamento e stile: provate a leggere le righe della Figura 3. Facile, vero? Eppure, leggere queste righe è tutt'altro che semplice: si tratta di parole scritte con diversi caratteri aventi dimensioni diverse, orientati in verticale con

direzione verso l'alto e verso il basso, o invertendo la parte sotto e quella sopra. Quanto sia difficile la lettura di queste parole è testimoniato dal fatto che i programmi di "riconoscimento testo" usati nei computer non sono ancora in grado di interpretarle.

Ma c'è di più. Il nostro cervello ha una straordinaria capacità di ricostruire parti di immagini o di testo mancanti, per fornirci la figura o la scritta più probabile. D'accordo con lo psicologo Gaetano Kanizsa [4] "Certe combinazioni di figure incomplete danno luogo a contorni chiaramente visibili anche quando non esistono fisicamente. Tali contorni sono quindi una creazione del nostro sistema visivo". Ad esempio, provate a leggere le righe seguenti:

QU3570 M3554GG10 PROV4  
CH3 L4 N057R4 M3N73 PU0'  
L3GG3R3 UN4 L3773R4 53NZ4  
P4R0L3 .  
1MPR35510N4N73 !  
4LL'1N1Z10 3R4 D1FF1C1L3,  
M4 G14' 1N QU3574 R1G4 L4  
7U4 M3N73 574 L3GG3ND0



FIGURA 3 Prova di lettura



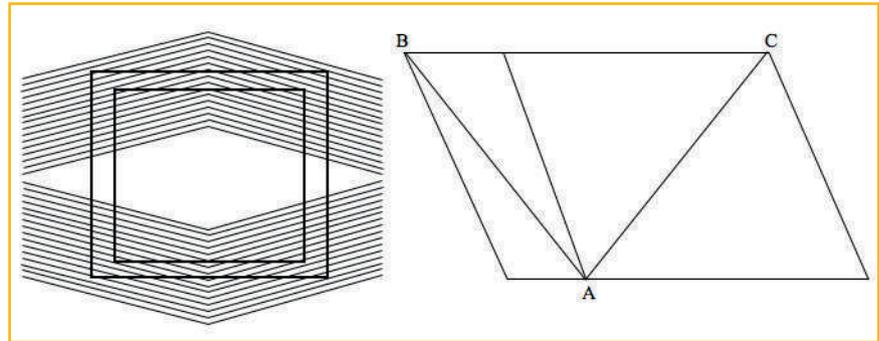
FIGURA 4 Prova di lettura

4U70M471C4M3N73 53NZ4  
P3N54RC1 5U .  
CONGR47UL4Z10N1 !

Nonostante si tratti di un messaggio in cui molte lettere sono sostituite da numeri, la maggior parte dei lettori non ha difficoltà a capire cosa è scritto. Il nostro cervello elabora e adatta la forma del numero alla lettera più simile graficamente, e se il significato della parola ha un senso, procede oltre senza indugio. In altre parole, il cervello integra le informazioni mancanti, basandosi sulla similarità tra numero e forma della lettera che abbiamo in memoria e sul significato della parola risultante, che deve "avere senso compiuto" rispetto alla frase. Questo processo di ricostruzione, molto complicato, viene eseguito inconsciamente e in tempi rapidissimi.

Un altro esempio della capacità del nostro cervello di ricostruire i contorni è dato nella Figura 4. Anche in questo caso non abbiamo difficoltà a riconoscere le lettere che vanno a comporre una frase di senso compiuto. Come nell'esempio precedente, dove la nostra mente interpreta i numeri come lettere, anche in questo caso il cervello sceglie la soluzione più "probabile" secondo la quale i segni spezzettati fanno parte di un contesto più ampio, e ricomponi i contorni mancanti in modo da creare lettere, controllando se il tentativo di ricostruzione porta ad una frase di senso compiuto, senza soffermarsi sul perché e da che cosa la frase sia parzialmente coperta.

Tuttavia, la nostra straordinaria



**FIGURA 5** Due illusioni ottiche geometriche. A sinistra: illusione di Hering delle rette parallele (1861). A destra: illusione del parallelogramma di Sander (1926)  
Fonte: elaborazione ENEA

capacità di riconoscere e interpretare tratti e lineamenti può essere messa in difficoltà da alcuni disegni particolari, come gli esempi nella Figura 5, che mostrano due celebri illusioni ottiche di tipo geometrico. Nel disegno a sinistra (variante dell'illusione di Hering delle rette parallele [5]) percepiamo un'apparente curvatura della parte alta e bassa della cornice, mentre in realtà la cornice è rettangolare e i segmenti in alto e in basso sono paralleli: per verificarlo, si può usare un righello. Nel disegno a destra (illusione del parallelogramma di Sander [6]) il segmento AB sembra più corto di AC, e invece sono uguali: se vi sembra impossibile, potete convincervi misurando i due segmenti con un righello graduato. Le illusioni ottiche non sono soggettive, perché inducono in errore tutte le persone, o quasi. Ad esempio, provate a dare un'occhiata alle sorprendenti illusioni nel sito web [7]. Per quale motivo il nostro sofisticato sistema visivo/percettivo è tratto in inganno da questi disegni? I risultati di molti esperimenti sug-

geriscono che le immagini viste dagli occhi vengono interpretate dal nostro cervello sulla base di situazioni già vissute. In pratica, il cervello confronta le immagini appena viste con immagini simili memorizzate in precedenza, e utilizza questo confronto in modo da dare un senso e un contesto appropriato (o più probabile) ad un oggetto o ad un insieme di oggetti. Si tratta della differenza tra visione e percezione: sulla retina arrivano le immagini reali (processo visivo) ma il nostro cervello addiziona, sottrae, elabora, modifica le immagini reali in modo da ottenere quello che ci aspettiamo di vedere in base alla nostra esperienza, al *deja vu* (processo percettivo). Ad esempio, i componenti di alcune tribù africane, che non hanno occasione di vedere oggetti disposti parallelamente o ad angoli retti, non conservano in memoria immagini di rotaie, scatole appoggiate alle pareti, angoli di strade e palazzi, e per questo motivo non subiscono l'illusione di Hering nella Figura 5! Lo studio delle differenze tra vi-

sione e percezione propone un affascinante intreccio di fisica, fisiologia, prospettiva geometrica e psicologia: in questo articolo non abbiamo spazio per entrare in maggiori dettagli, ma il lettore può trovare interessanti approfondimenti nelle referenze [8, 9, 10, 11,

12, 13, 14]. In conclusione, dobbiamo ammettere che il nostro sistema di percezione delle immagini è molto sofisticato ma non è perfetto, in quanto condizionato dalle forme e dai colori a noi familiari. Tuttavia, è anche vero che nessuno degli errori generati dalle illusioni ottiche

mette in pericolo la sopravvivenza dell'individuo nei termini discussi all'inizio dell'articolo: di questi "giochi di illusione" la selezione naturale si disinteressa...

**Paolo Di Lazzaro, Daniele Murra**  
ENEA, Unità Tecnica Applicazioni delle Radiazioni,  
Laboratorio sorgenti

## bibliografia

- [1] Vedi ad esempio [http://it.wikipedia.org/wiki/Criterio\\_di\\_Rayleigh](http://it.wikipedia.org/wiki/Criterio_di_Rayleigh)
- [2] O.W. Sacks: L'uomo che scambiò sua moglie per un cappello (Adelphi, Milano, 2008). Una descrizione di questo interessante saggio può essere trovata alla pagina web [http://it.wikipedia.org/wiki/L%27uomo\\_che\\_s cambi%C3%B2\\_sua\\_moglie\\_per\\_un\\_cappello](http://it.wikipedia.org/wiki/L%27uomo_che_s cambi%C3%B2_sua_moglie_per_un_cappello) [3] Una descrizione informale e semplificata della trasformata di Fourier e delle sue applicazioni si trova alla pagina <http://www.blogzero.it/2010/12/10/la-trasformata-di-fourier-e-una-figata/>
- [4] G. Kanizsa: Contorni soggettivi, *Le Scienze* n. 96 pp. 31-36 (1976).  
Gaetano Kanizsa è uno psicologo italiano autore di numerosi articoli e saggi che hanno contribuito alla comprensione dei meccanismi della percezione visiva. Un elenco delle sue opere si può trovare sul sito <http://www.ephplab.eu/page.php?15>
- [5] Il fisiologo tedesco Eward Hering ha descritto questa illusione geometrica in un libro pubblicato nel 1861: *Beiträge zur Physiologie* vol. I. *Zur Lehre vom Ortssinne der Netzhaut.* (Leipzig Engelmann).  
Altre informazioni su [http://en.wikipedia.org/wiki/Hering\\_illusion](http://en.wikipedia.org/wiki/Hering_illusion)
- [6] Lo psicologo tedesco Friedrich Sander ha descritto l'illusione detta "del parallelogramma" nel 1926. Vedi ad esempio [http://it.wikipedia.org/wiki/Illusione\\_di\\_Sander](http://it.wikipedia.org/wiki/Illusione_di_Sander)
- [7] Vedi ad esempio [www.illusionsciences.com](http://www.illusionsciences.com)
- [8] J. Beck: La percezione del colore delle superfici, *Le Scienze* n. 88 pp. 58-70 (1975)
- [9] D. Murra, P. Di Lazzaro: Sight and brain, an introduction to the visually misleading images, *Atti dell'International Workshop on the Scientific approach to the Acheiropietos Images*, a cura di P. Di Lazzaro, edito da ENEA (2010) pp. 31-34. Disponibile alla pagina web [www.acheiropietos.info/proceedings/MurraWeb.pdf](http://www.acheiropietos.info/proceedings/MurraWeb.pdf)
- [10] Due trasmissioni di Geo-Scienza su RAI 3 in cui gli autori presentano alcune illusioni ottiche e commentano i meccanismi di psicofisiologia della percezione visiva possono essere visti in <http://www.rai.tv/dl/RaiTV/programmi/media/ContentItem-75d28411-7121-4af8-a302-39d71ca63eef.html#p=> e in <http://www.rai.tv/dl/RaiTV/programmi/media/ContentItem-9013d9a5-7baa-4499-a34f-b9277709a6cd.html#p=>
- [11] A. Farini: "Occhio specchio dell'anima: il sistema visivo umano visto dalla fisica", *Il Nuovo Saggiatore* vol. 28, pp. 35-44 (2012)
- [12] P. Di Lazzaro, D. Murra: L'anamorfoosi tra arte, percezione visiva e prospettive bizzarre, *Rapporto Tecnico ENEA RT/2013/5* (2013)  
Questo articolo è stato selezionato tra i finalisti del Primo Premio Nazionale di Divulgazione Scientifica del 2013, organizzato da CNR e AIL. L'articolo è disponibile alla pagina web <http://openarchive.enea.it/bitstream/handle/10840/4479/RT-2013-5-ENEA.pdf?sequence=1>
- [13] P. Di Lazzaro, D. Murra, B. Schwartz: Pattern recognition after image processing of low-contrast images, the case of the Shroud of Turin, *Pattern Recognition* vol. 46, pp. 1964-1970 (2013). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031320312005377>
- [14] P. Di Lazzaro: Luce, visione, percezione: un sorprendente viaggio tra i colori e le illusioni dell'arte figurativa *Lezione al liceo scientifico Touschek di Grottaferrata* (Dicembre 2013).  
Il contenuto della lezione, in formato pdf, è disponibile alla pagina web [www.academia.edu/5372694/Luce\\_visione\\_percezione\\_un\\_sorprendente\\_viaggio\\_tra\\_i\\_colori\\_e\\_le\\_illusioni\\_dellarte\\_figurativa](http://www.academia.edu/5372694/Luce_visione_percezione_un_sorprendente_viaggio_tra_i_colori_e_le_illusioni_dellarte_figurativa)



## In equilibrio sul terremoto

Un sistema per proteggere dai movimenti sismici e mantenere in sicurezza statue, opere d'arte, teche museali e strutture critiche

### Balancing on the earthquake

A system protecting from seismic movements and keeping statues, works of art, museum showcases, and critical structures safe and secure

#### The initial problem

*Italy is the depositary of a worldwide very important fraction of artworks, sometimes unique, representative of the cultural, spiritual, and social millenary pathway, in Europe first and in the rest of the world then. Cultural heritage is a great element of attraction, feeding national and international tourism besides being a remarkable source of income for local communities. The conservation and safeguard of such invaluable heritage involve a great deal of responsibility, so that care and commitment are crucial to ensure its preservation.*

*Furthermore, one of Italy's territory peculiarities is the high seismic exposure: this implies high risks for cultural heritage, as also demonstrated by the recent catastrophic events of L'Aquila city and the Emilia Romagna region. Therefore, the need for seismic protection of statues, works of art, museum showcases, and delicate structures*

#### Il problema di partenza

Le opere d'arte presenti sul territorio italiano costituiscono un'importantissima frazione del patrimonio culturale mondiale e sono testimonianze, a volte uniche, del percorso millenario di arricchimento culturale, spirituale e sociale in Europa e nel mondo.

I beni culturali sono elemento di attrazione per il turismo nazionale e internazionale e rappresentano una fonte di reddito importante per le comunità locali. La protezione e la tutela di questo patrimonio di inestimabile valore comportano una grande responsabilità, e rilevanti sono l'attenzione e l'impegno per garantirne la preservazione.

Tra le peculiarità del territorio italiano c'è anche un'alta esposizione sismica, con un ineludibile tasso di rischio per i beni culturali, come dimostrano le recenti calamità de L'Aquila e dell'Emilia Romagna. La necessità di proteggere statue, opere d'arte, teche museali e strutture delicate di estrema rilevanza artistica, ha pertanto fornito un notevole impulso alla realizzazione di idonei sistemi di protezione. L'ENEA ha sviluppato nuovi basamenti antisismici per teche museali e/o statue alte e con ridotta base di appoggio, come i Bronzi di Riace e il David di Michelangelo. Tali basamenti sono utili come isolatori sismici anche per strumenti biomedicali, pavimenti per sale operatorie e armadietti di infrastrutture strategiche.

#### L'invenzione e i suoi vantaggi

Il basamento antisismico messo a punto presso l'ENEA permette di ri-

**Patent No.:** RM2011A000187  
**Title:** Basamenti antisismici in marmo, ceramica, acciaio-ceramica per la protezione dai terremoti di statue, opere d'arte, teche museali e strutture delicate  
**Inventor:** Gerardo De Canio  
**Contact person:** Gerardo De Canio, gerardo.decanio@enea.it



durre notevolmente le sollecitazioni a carico dell'opera da proteggere limitando le sollecitazioni alla base e permettendole di mantenersi in posizione. In particolare, nel caso di applicazione su di una statua il dispositivo limita al minimo le oscillazioni attorno alle caviglie (effetto di "rocking").

Il dispositivo non è invasivo e consente il pieno apprezzamento dell'opera. I basamenti possono essere in marmo, granito, ceramica, marmo-acciaio, ceramica-acciaio. La realizzazione in marmo, in granito, ceramica o in pietra almeno delle parti esterne in vista ne consente una perfetta integrazione con opere d'arte realizzate nei medesimi materiali o in materiali simili. Una prima applicazione dei nuovi basamenti è stata finalizzata alla protezione sismica dei Bronzi di Riace. In questo caso i basamenti sono stati realizzati in marmo di Carrara e assicurano il massimo isolamento delle statue nei confronti delle sollecitazioni sismiche sussultorie e ondulatorie. La geometria dei basamenti è stata studiata al fine di coniugare la soluzione architettonica e la funzione strutturale di isolamento sismico, in modo da conferire agli stessi le seguenti caratteristiche: bassa rigidità, bassa dissipazione, grandi spostamenti orizzontali, disaccoppiamento tra le componenti orizzontali e verticale del terremoto, compatibilità dei materiali, semplicità di manutenzione. Questi basamenti sono particolarmente efficaci per la conservazione preventiva di statue ad alta vulnerabilità per la notevole estensione in altezza rispetto alla base di appoggio, per cui oscillazioni di pochi millimetri possono compromettere la stabilità, o l'integrità strutturale in caso di fessure già presenti alla base delle gambe.



### Potenzialità applicative e interesse di mercato

Indubbi sono i vantaggi associati a questo genere di soluzione e numerosissime le possibilità applicative anche in altri settori: per la tutela

of remarkable artistic importance has given ENEA a strong momentum to developing adequate protection systems. Hence, for earthquake protection of movable or semi-movable Cultural Heritage objects, ENEA has developed new anti-seismic basements for museum showcases and/or slender statues with a reduced surface at the basis, such as the Bronzes of Riace and the Michelangelo's David. They are also useful for delicate bio-medical instruments, floor seismic isolation for surgery rooms and strategic infrastructure cabinets.

### The invention and its benefits

The anti-seismic basement developed by ENEA allows to considerably reduce the earthquake-induced stresses suffered by the artwork, by limiting such stresses to the base. Specifically, when applied on a standing statue, the basement minimizes the oscillations around the ankles (rocking effect).

The intervention is not invasive and lets the artwork be fully appreciated. The basements can be made of marble, granite, ceramic, marble-steel, ceramic-steel. The use of marble, granite, ceramic or stone for at least the external visible parts allows the basements to be perfectly integrated with works of art built with the same or similar materials.

The first application of the new basements was for protecting the Bronzes of Riace from seismic events. In this case the anti-seismic basements, made of Carrara marble, ensure the maximum isolation of the statues from horizontal and vertical seismic stresses. The geometry of the basements for the Bronzes of Riace has been studied to conjugate the architectonic solution with the structural function of seismic isolation; that is a geometry generating basements characterized by: low stiffness, low dissipation, large horizontal motions, decoupling of the earthquake horizontal and vertical components, compatibility of materials, easy maintenance. Such basements are particularly effective when it comes to the preventive conservation of high vulnerable statues with a reduced supporting basement, which can make them unstable in case of a few-millimeter oscillations or affect their structural integrity in case of existing cracks at the base of their legs.

### Basic characteristics

The anti-seismic basement developed by ENEA is basically made of two overlapping supporting blocks. The lower block (BI, see schematic) is anchored to the ground or the building's structures, and follows the seismic motions. Specific frictionless rolling bodies (spheres), placed between the upper and the lower blocks, make the ground block oscillate on the horizontal plane without transmitting the motion ( $\leftrightarrow$ ) to the other block. Instead, they do not reduce the vertical oscillations, which are controlled by the upper block (BS). This latter, also, is made of two supporting elements, assembled in such a way that they can both follow the vertical motion ( $\updownarrow$ ) thanks to sliding cylinder-piston couples. This ensures that, also, the vertical oscillations get weakened when reaching the upper base, where the work of art is laid. Specific systems, such as the horizontal displacement limitation and re-centering device (DO) and the vertical isolation device (DV), ensure that the oscillation energy be dissipated.

### Possible applications and the market's interest

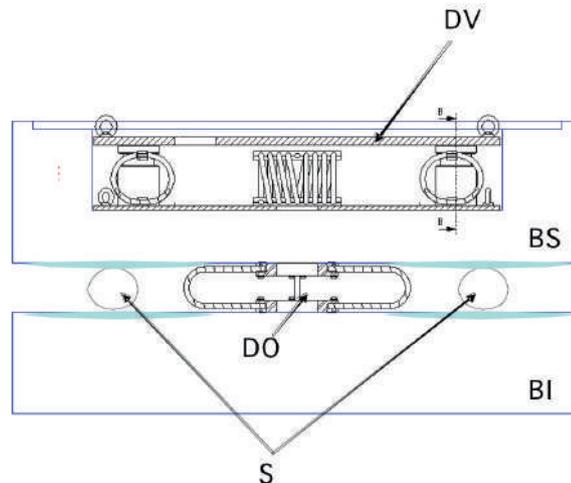
Undeniable are the benefits associated with this kind of solution and innumerable are the possible applications in other sectors, too: e.g., for the protection of critical or somehow delicate equipment (e.g., medical), or components and equipment of important security facilities, in any kind of industrial activities, or in electric power production and conversion plants, where the maximum operative continuity is to be ensured. ●

(translated by: Carla Costigliola)

### Caratteristiche essenziali del dispositivo

Il basamento antisismico messo a punto presso l'ENEA è essenzialmente costituito da due blocchi portanti sovrapposti. Il blocco inferiore (BI, v. Schema) è ancorato al terreno, o alle strutture dell'edificio, e segue le azioni sismiche. Opportuni corpi di rotolamento senza attrito (sfere) interposti tra il blocco superiore e quello inferiore fanno sì che il blocco a terra possa oscillare sull'orizzontale senza trasmettere all'altro il movimento ( $\leftrightarrow$ ), non attutiscono invece le oscillazioni verticali; a queste provvede il blocco superiore (BS) a sua volta costituito da due elementi portanti, assemblati in modo da potersi muovere reciprocamente in verticale ( $\updownarrow$ ) grazie a coppie cilindro-pistone scorrevoli. In questo modo al piano superiore su cui poggia l'opera d'arte giungono attenuate anche le oscillazioni verticali. Opportuni sistemi di smorzamento (DO per i movimenti orizzontali e DV per quelli verticali) dissipano l'energia delle oscillazioni.

Schema del basamento antisismico  
Schematics of the anti-seismic basement



di apparecchiature critiche o comunque delicate, come quelle di tipo medico-sanitario, o componenti e apparecchiature di impianti rilevanti ai fini della sicurezza, in qualunque genere di attività industriale, o in centrali di produzione e trasformazione dell'energia elettrica, cui va garantita la massima continuità operativa. ●

(a cura di Antonino Dattola)



## Tre volte bioenergia!

Un nuovo procedimento di fermentazione del glicerolo grezzo, sottoprodotto delle industrie di biodiesel, consente di ricavarne etanolo e idrogeno in maniera efficiente e a basso costo

### Three times bioenergy!

Ethanol and hydrogen can be obtained with a new efficient and low-cost fermentation process from crude glycerol, a by-product of biodiesel industries

#### The initial problem

*Biodiesel is a fuel obtained from vegetable oils and animal fats, and has characteristics similar to to gasoil, which is obtained from petroleum. It is the result of a chemical process, from which crude glycerol is produced as a byproduct. In the last few years the global biodiesel production has recorded an exponential growth, with a consequent considerable increase in crude glycerol production (over 100 kg per ton of biodiesel). It contains a set of contaminants, such as methanol, soaps, salts, etc..., which do not allow its direct use in industries prior to chemical purification. The surplus production of crude glycerol by the biodiesel industries – which is approximately twice the amount of pure glycerol used per year by pharmaceutical and cosmetic industries (the major users of this product), and food supplement*

#### Il problema di partenza

Il biodiesel è un combustibile ottenuto da oli vegetali e grassi animali analogo al gasolio derivato dal petrolio.

È il risultato di un processo chimico dal quale si ottiene, come sottoprodotto, glicerolo grezzo.

La produzione mondiale di biodiesel ha registrato in questi ultimi anni un aumento di tipo esponenziale, che ha comportato un notevole accumulo di glicerolo grezzo prodotto (per ogni tonnellata di biodiesel si formano oltre 100 kg di glicerolo grezzo). Esso contiene una serie di contaminanti - quali metanolo, saponi, sali ecc. - che non ne consentono l'uso diretto nelle industrie; è, pertanto, necessario sottoporlo ad un processo di purificazione chimica.

Il surplus di produzione del glicerolo grezzo dalle industrie di biodiesel (si tratta, annualmente, all'incirca del doppio di quello puro che viene consumato dalle industrie farmaceutiche e di cosmetici, principali utilizzatori di tale prodotto, e da quelle degli integratori alimentari) ha determinato un crollo dei prezzi di vendita del prodotto, al punto che oggi la purificazione chimica del glicerolo grezzo può venire a costare più di quanto sia possibile guadagnare dalla sua vendita (nei casi peggiori anche 6-7 volte), e il glicerolo va assumendo sempre più la connotazione di uno "scarto".

#### L'invenzione

Per superare questi problemi, si è pensato in ENEA di sfruttare il glicerolo per ricavarne due prodotti ad alto valore aggiunto, l'etanolo e l'idrogeno,

**Patent No.:** RM2011A000480  
**Title:** Procedimento di fermentazione di glicerolo crudo per la preparazione di etanolo e idrogeno  
**Inventor:** Cristiano Varrone  
**Contact person:** Giulio Izzo, giulio.izzo@enea.it

producers – has led to a slump in its sale prices, to the extent that today the cost of chemical purification of raw glycerol can by far exceed the amount earned by selling it (in the worst case, 6-7 times as much), and glycerol is more and more being considered as a “waste”.

#### The invention

To overcome these problems, ENEA researchers have thought of exploiting glycerol to produce two high-value-added products, ethanol and hydrogen, with the aim of developing a new efficient, low-cost fermentation process.

To date, still few studies exist on the production of hydrogen from raw glycerol, and even less are those dedicated to ethanol. Crude glycerol bioconversion is typically targeted at producing 1,3-propanediol, a high-value-added compound, which can be used by textile industries. Yet, Italian industries have shown low interest in the possible conversion of crude glycerol into non-biofuel products, actually preferring waste combustion. Instead, their interest is in the possible conversion of their waste/by-product into bioethanol, which can be marketed, or directly added to biodiesel for its better performance, or even added in the place of methanol during the conversion of vegetable oils or fat animals into biodiesel. On the other hand, using crude glycerol to produce biofuels would considerably benefit from important EU incentives for the production of the so-called “second-generation biofuels” – i.e., fuels produced from wastes and by-products, instead of food feedstocks like corn or sugarcane. This represents the so-called “multiple accounting mechanism”, that would allow to earn twice or up to 4 times the value of energy obtained with biofuel from conventional substrates (EC Directive Proposal COM (2012) 595 final, Annex IX).

ENEA has developed a new fermentation process for crude glycerol, aimed at producing ethanol and hydrogen, using activated sludge, enriched and directly acclimated on the biodiesel waste, as fermentation inoculum. This research - which the development of the process is based on - was funded by the European STF Science and Technology Fellowship Programme China (EuropeAid/127024/L/ACT/CN, STF China).

puntando allo sviluppo di nuovi processi di fermentazione efficienti e a basso costo.

Ad oggi esistono ancora pochi studi sulla produzione di idrogeno dalla fermentazione di glicerolo grezzo, e ancora meno sono quelli che riguardano l’etanolo.

La bio-conversione del glicerolo grezzo è normalmente finalizzata alla produzione di 1,3-propandiol, composto ad alto valore aggiunto che può essere utilizzato dalle industrie tessili, ma l’industria italiana del biodiesel ha mostrato uno scarso interesse per la possibilità di convertire glicerolo grezzo in prodotti che non siano biocombustibili, preferendo, allo stato attuale, la combustione dello scarto. Ha invece mostrato interesse per la possibilità di convertire il loro scarto in bio-etanolo, da vendere sul mercato, da aggiungere direttamente al biodiesel (consentendo di migliorarne le prestazioni), o da aggiungere al posto del metanolo durante la conversione degli oli vegetali o grassi animali in biodiesel. D’altra parte l’utilizzo del glicerolo grezzo per la produzione di biocarburanti ha il notevole vantaggio di godere di importanti incentivi europei per la produzione dei cosiddetti “biocarburanti di seconda generazione” (i biocarburanti prodotti a partire da rifiuti e sottoprodotti, invece di colture alimentari come mais o colza). Si tratta del cosiddetto “multiple accounting mechanism”, che consentirebbe di guadagnare il doppio - o il quadruplo - del valore del biocarburante ottenuto da substrati convenzionali (direttiva CE progetto COM (2012) 595 definitivo, allegato IX). Presso l’ENEA è stato messo a punto un nuovo procedimento di fermentazione di glicerolo grezzo per la produzione di etanolo e idrogeno, che usa come inoculo per la fermentazione fanghi attivi arricchiti ed acclimatati direttamente sullo scarto del biodiesel. Le ricerche che hanno condotto alla messa a punto del processo sono state finanziate dalla Cina mediante il Programma europeo STF per l’assegnazione di borse di studio in Scienza e Tecnologia (European STF Science and Technology Fellowship Programme China - EuropeAid/127024/L/ACT/CN, STF China).

In condizioni ottimizzate, l’etanolo prodotto è stimabile in oltre 500 kg per t di glicerolo, e può essere utilizzato direttamente o miscelato al biodiesel; l’idrogeno, prodotto nella misura di 260 m<sup>3</sup> per t di glicerolo, può essere impiegato per il riscaldamento del fermentatore e il mantenimento del processo.

#### Vantaggi

Il processo messo a punto (per ora su scala di laboratorio) massimizza contemporaneamente sia la resa sia la produzione di etanolo e idrogeno: con esso si ottiene 2,5 volte più etanolo di quanto riportato finora alle stesse condizioni in letteratura e si consuma il 50% di substrato in più, con un abbattimento dei costi di gestione.

L’utilizzo come inoculo per la fermentazione di fanghi attivi arricchiti ed



acclimatati direttamente sullo scarto del biodiesel consente di evitare pretrattamenti costosi del substrato e l'impiego di terreni complessi (che contengono soluzioni di vitamine ed elementi in traccia, triptone ed estratto di lievito), che andrebbe evitato per ridurre i costi e i problemi di smaltimento del fermentato.

Un altro notevole vantaggio dell'utilizzo di fanghi attivi arricchiti consiste nel fatto di non richiedere condizioni sterili di processo, che comporterebbero costi molto elevati a livello di impianto industriale. Infatti, il processo ottimizzato ha mostrato di avere la stessa efficienza indipendentemente dall'utilizzo di glicerolo puro o grezzo e di condizioni sterili o meno. Più in generale, il processo consente la valorizzazione energetica del glicerolo grezzo e la riduzione dei costi di produzione del biodiesel. Uno studio pubblicato recentemente ha dimostrato come un ipotetico impianto industriale basato su tale processo (in grado di produrre 28 MW<sub>th</sub>), consentirebbe di ottenere etanolo ad un costo molto interessante (pari a 0,21 €/litro), senza considerare gli incentivi europei del "multiple accounting" e con un costo energetico di 0,019 €/kWh<sub>th</sub> e 0,057 €/kWh<sub>el</sub>, prendendo in considerazione il contributo sia dell'idrogeno che dell'etanolo. Questi risultati sono promettenti e sembrano suggerire una ragionevole possibilità di sviluppo.

### Interesse di mercato e sviluppi futuri

Come già detto, l'industria italiana del biodiesel ha mostrato interesse per la possibilità di valorizzare il glicerolo grezzo a fini energetici. Anche l'Europa

*Under optimized conditions, the produced ethanol is estimated to yield over 500 kg per ton of glycerol, while the hydrogen production can reach up to 260 m<sup>3</sup> per ton of glycerol, and can be used for heating the fermenter and keeping the process running.*

### The benefits

*The process, for now developed on a lab-scale, maximizes both the performance and the production of ethanol and hydrogen: it produces 2.5 times more ethanol than as reported in literature under the same conditions, and consumes 50% substrate more, thus abating management costs.*

*As fermentation inoculum, activated sludge, enriched and directly acclimated on the biodiesel waste, allows to avoid expensive substrate pretreatment and the use of complex synthetic growth media – containing trace elements and vitamins, tryptone or yeast extract – which would be better excluded, if costs and the problems of fermentation waste disposal are to be reduced. An additional considerable benefit from using enriched activated sludge is that sterile conditions for the process are not required, as they would involve heavy costs in terms of industrial facilities. Actually the optimized process has proven to be efficient anyway, whether with pure or crude glycerol, and regardless of whether sterile conditions are used or not. More in general, the process allows to valorise crude glycerol and can thus help reduce the costs of biodiesel production. A recently-published study has shown how an hypothetical industrial plant based on this process (allowing to generate 28 MW<sub>th</sub>) would produce ethanol at a very interesting cost (0.21 €/liter), without taking into account the European "multiple accounting" incentives, and at an energy cost of 0.019 €/kWh<sub>th</sub> and 0.057 €/kWh<sub>el</sub>, considering the contributions of both, hydrogen and ethanol. These promising results suggest that it is possible to reach economic viability of this process, and thus, a reasonable opportunity for development does exist.*

### The market's interest and future developments

*The Italian biodiesel industry has shown interest in the possible exploitation of crude*

*glycerol for energy purposes. Also Europe has trusted in the potential of glycerol and has funded a TFP project (with 15 international partners from 10 different countries, including an Italian company), which will lead to a process scale-up, first through a pilot plant and then, should the results be promising, by the technical evaluation of a demonstration plant. The final goal of this project, named "GRAIL", will be the development of a biorefinery for glycerol exploitation into bio-fuels, green chemicals and food additives. ●*

*(translated by: Carla Costigliola)*

ha creduto nelle potenzialità della valorizzazione del glicerolo, e ha finanziato un progetto del settimo programma quadro (che coinvolge 15 partner internazionali, provenienti da 10 paesi diversi, tra cui anche una industria italiana), grazie al quale sarà possibile sperimentare lo scale-up del processo, prima tramite un impianto pilota e poi, se i risultati dovessero essere promettenti, anche a livello di impianto dimostrativo. Obiettivo finale di tale progetto (chiamato "GRAIL") sarà quello di sviluppare una bioraffineria per la valorizzazione del glicerolo in biocarburanti, green chemicals e additivi alimentari. ●

*(a cura di Diana Savelli)*





## Alcol sostenibile dal legno

La biomassa lignocellulosica è particolarmente strutturata e non è possibile convertirla direttamente nel prodotto desiderato. Un nuovo processo consente di pretrattarla ottenendo più bioetanolo

### Sustainable alcohol from wood

Lignocellulosic biomass has a particularly complex structure and cannot be directly converted into the desired product. A new pretreatment process allows to obtain more bioethanol and building block chemicals

#### The initial problem

*The importance of biomass exploitation can be correctly understood if different aspects are taken into account – such as, e.g., the high costs of traditional energy sources and the opportunity to exploit agro-industrial wastes. Lignocellulosic biomass could be a weighty resource, as both raw material and a source of energy, which can be used for the development of efficient and environmentally-friendly conversion processes. Actually, through the chemical and biochemical conversion of biomass a large variety of products can be obtained, such as green*

#### Il problema di partenza

Per una corretta comprensione dell'importanza dello sfruttamento delle biomasse vanno considerati diversi aspetti, tra cui il prezzo elevato delle energie tradizionali e la possibilità di sfruttamento dei residui dell'industria agroindustriale.

La biomassa lignocellulosica costituisce una risorsa di materia prima e di energia potenzialmente molto importante, il cui utilizzo è legato allo sviluppo di processi di conversione efficienti e a basso impatto ambientale. Infatti, mediante i processi di trasformazione termochimica o biochimica della biomassa si può ottenere una gran varietà di prodotti tra cui carburanti verdi, paste cartarie, zuccheri e plastiche.

La biomassa lignocellulosica è costituita principalmente da cellulosa, emicellulosa, lignina più altri componenti organici (oli, cere ecc.) e inorganici (sali minerali), il cui rapporto può variare considerevolmente in funzione del tipo di biomassa.

Il materiale lignocellulosico è particolarmente strutturato e non risulta possibile convertirlo direttamente nel prodotto desiderato. Per modificarne la morfologia è necessario sottoporre la biomassa lignocellulosica a una fase di pretrattamento, favorendo la rottura dei legami chimici tra i vari componenti, per rendere più efficiente l'azione degli agenti biologici e chimici.

**Patent No.:** RM2012A000184  
**Title:** Metodo e relativo impianto per il trattamento di biomassa lignocellulosica  
**Inventor:** Egidio Viola, Francesco Zimbardi, Giuseppe Arcieri, Vito Valerio, Giacobbe Braccio  
**Contact person:** Francesco Zimbardi, francesco.zimbardi@enea.it



*fuels, paper pulps, sugars and plastics. Lignocellulosic biomass is mainly composed of cellulose, hemicellulose, lignin, and other organic (oils, waxes, etc.) and inorganic (mineral salts) components, combined in considerably varying quantities depending on the biomass type. Lignocellulosic material has a particularly complex structure and cannot be directly converted into the desired product. For its morphology to change, lignocellulosic biomass must necessarily undergo a pretreatment phase, causing the chemical bonds among the various biomass components to break down, so that the action of biological and chemical agents is more efficient.*

#### *The invention*

*To solve these problems, ENEA has patented a method and a pilot plant for the treatment of lignocellulosic biomass. The technique typically used for biomass pretreatment, the so called "steam explosion", is particularly interesting as it requires low energy consumption, relatively low-cost facilities and no particular chemical reactants. Specifically, from steam-exploded lignocellulosic biomass bioethanol can be obtained through cellulose hydrolysis and alcoholic fermentation. Yet, such a technique involves thermal degradation processes, producing some substances which inhibit fermentation and are harmful to the yeast specifically*

#### L'invenzione

Per risolvere questi problemi, l'ENEA ha brevettato un metodo e un impianto per il trattamento di biomassa lignocellulosica.

La tecnica generalmente utilizzata per il pretrattamento della biomassa, denominata "steam explosion", risulta particolarmente interessante in quanto comporta un basso consumo energetico, l'utilizzo di impianti relativamente economici e non richiede l'uso di particolari prodotti chimici. In particolare, la biomassa lignocellulosica sottoposta a steam explosion può

essere utilizzata per l'ottenimento di bioetanolo mediante processi di idrolisi della cellulosa e fermentazione alcolica. Tuttavia, questa tecnica comporta la produzione di alcune sostanze derivanti da processi di degradazione termica che inibiscono il processo di fermentazione e sono nocive nei confronti del lievito utilizzato. La produzione di tali sostanze, tra cui l'acido formico, l'acido acetico, il furfurale, l'idrossimetilfurfurale e la benzaldeide, è generalmente bassa e le molecole sono tipicamente volatili. Al fine di rendere la fermentazione alcolica priva di ostacoli, esistono diversi metodi di rimozione di questi inibitori, che però hanno l'inconveniente di rimuovere carboidrati solubili qualora la si sottoponesse a lavaggio acquoso o di aggiungere sostanze chimiche con conseguente aggravio dello smaltimento.

Il metodo e l'impianto di detossificazione brevettati dall'ENEA sono efficaci e nello stesso tempo privi di questi inconvenienti. Infatti, consentono di ottenere un'efficace detossificazione che, garantendo maggiori quantitativi di etanolo prodotto per via fermentativa, non comporta la rimozione degli oligomeri solubili dalla biomassa cellulosica, quali ad es. emicellulosa, ed evitano l'aggiunta di agenti chimici esterni. L'impianto è caratterizzato da un dispositivo di produzione di aria calda umida e una camera di detossificazione per la biomassa.

La sperimentazione è stata condotta sia con sistema di detossificazione a letto fisso sia vibro-fluidizzato. Il principale vantaggio del letto vibro-fluidizzato consiste nel velocizzare la rimozione degli inibitori, riducendo così i consumi. Entrambi i sistemi sono stati applicati su un materiale esploso ottenuto da un impianto di steam explosion in continuo (300 kg/h) in cui la biomassa lignocellulosica è stata sottoposta alla temperatura di 210 °C per 6 minuti. Il mate-



riale così prodotto è stato omogeneizzato, raccolto in fusti chiusi e conservato a 4 °C.

### Vantaggi, applicazioni e interesse di mercato

Il metodo di detossificazione brevettato garantisce maggiori quantitativi di etanolo prodotto per via fermentativa senza rimozione degli oligomeri solubili dalla biomassa cellulosa, quali ad es. emicellulosa, e non necessita dell'aggiunta di agenti chimici esterni, consentendo quindi un maggiore sfruttamento della biomassa trattata e di conseguenza del bioetanolo ottenuto.

I risultati ottenuti dai prototipi di laboratorio sono da considerarsi significativi per analoghi impianti in scala industriale. Inoltre, la componentistica essenziale dei prototipi può essere riprodotta negli impianti in scala industriale.

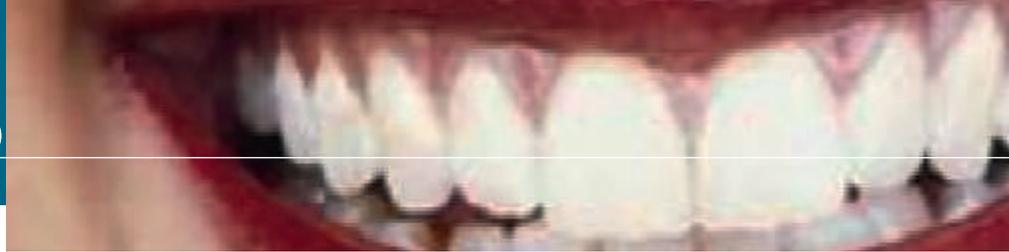
(a cura di Daniela Bertuzzi)

used. The production of such substances – like, e.g., formic acid, acetic acid, furfural, hydroxymethylfurfural, and benzaldehyde – is generally low and molecules are usually volatile. In order to make the alcoholic fermentation process smooth, different methods to remove such inhibitors exist but the drawback is they entail removing soluble carbohydrates in case of water washing or adding chemicals, posing the consequent additional problem of waste disposal. The detoxification method and plant patented by ENEA are successful and have no drawbacks. Actually, they allow to get effective detoxification, which ensures higher quantities of fermentation-produced ethanol, thus avoiding the removal of soluble oligomers – such as, e.g., hemicellulose – from cellulosic biomass and the addition of external chemicals. The plant is endowed with a device producing warm, humid air and a biomass detoxification chamber. Tests have been performed with both a fixed and a vibrofluidized-bed detoxification system. The latter system has the advantage of being low-consumption as it speeds up the inhibitors removal. Both systems have been applied on exploded material obtained from a continuous steam explosion plant (300 kg/h), where lignocellulosic biomass has been kept at a temperature of 210 °C for 6 minutes. The material so produced has been homogenized, collected into closed barrels and then preserved at 4 °C.

### Benefits, applications and the market's interest

The patented detoxification method ensures larger quantities of fermentation-produced ethanol without removing any soluble oligomers – such as, e.g., hemicellulose – from cellulosic biomass and does not require any addition of external chemicals, thus allowing to better exploit pretreated biomass and the generated bioethanol. Moreover, the furanic compounds and the small organic acids that are removed and recovered in a condensate phase are versatile building blocks for a very interesting class of polymers, so they can be further processed and improve the economics of the whole process. The results obtained from the laboratory prototypes are to be considered significant for similar plants on industrial scale – where, furthermore, the basic prototypical components can be reproduced.

(translated by: Carla Costigliola)



## Con quella bocca può dire ciò che vuole!

Le protesi dentarie realizzate con materiale ceramico sinterizzato a base di zirconia, allumina e cromia presentano elevata durezza, tenacità, resistenza alla frattura e biocompatibilità, oltre che a rispondere alle esigenze estetiche di mercato

### With that mouth you can say what you want to!

Dental prostheses made of sintered zirconia, alumina and cromia ceramics are characterized by high hardness, strength, fracture toughness and biocompatibility, besides meeting the market's demands for aesthetics

#### The initial problem

*The materials used for dental prostheses must meet mechanical and aesthetic requirements. The range of prosthesis materials is particularly narrow and to date a kind of material actually satisfactory is not available yet.*

*Dental prostheses are long made of zirconia ( $ZrO_2$ ), a material with satisfactory levels of hardness and biocompatibility. Yet, zirconia has a poor hydrothermal stability, that is it tends to alter the mechanical properties of a body when inserted into*

#### Il problema di partenza

I materiali impiegati per le protesi dentarie devono soddisfare sia requisiti meccanici che estetici. La scelta di materiali per le protesi è particolarmente ristretta e ancora oggi non si dispone di un materiale veramente soddisfacente.

Da tempo vengono realizzate protesi dentarie in zirconia ( $ZrO_2$ ), un materiale che risulta soddisfacente in termini di durezza e di biocompatibilità. Tuttavia, la zirconia presenta una scarsa stabilità idrotermica, cioè all'interno di un corpo tende a cambiarne le proprietà meccaniche, con gli ovvi inconvenienti che si possono incontrare in una protesi dentaria.

Nelle protesi ceramiche di anca o ginocchio, vengono utilizzati materiali quali zirconia e allumina ( $Al_2O_3$ ); mentre la zirconia opportunamente drogata garantisce un'elevata affidabilità del componente protesico per tenacità e resistenza, la presenza della allumina assicura un'ottima resistenza idrotermica.

I materiali a base di zirconia e alluminia, nonostante rappresentino un miglioramento rispetto ai materiali precedentemente utilizzati, non sono però in grado di soddisfare le richieste di elevata tenacità richieste dalle applicazioni protesiche.

Da non sottovalutare, inoltre, le esigenze estetiche richieste al materiale protesico; infatti, il mercato dei componenti protesici dentali richiede sempre di più elementi strutturalmente performanti e tali da evitare gli ineste-

**Patent No.:** RM2011A000452  
**Title:** Materiale ceramico per protesi dentarie  
**Inventor:** Giuseppe Magnani, Francesca Mazzanti, Leandro Beaulardi  
**Contact person:** Giuseppe Magnani, giuseppe.magnani@enea.it

tismi tipici delle attuali protesi, quali ad esempio quelli causati dall'ossidazione.

Nell'industria delle protesi dentarie è, quindi, sentita l'esigenza di disporre di un materiale in grado di garantire queste proprietà.

## L'invenzione

Proprio per rispondere a queste esigenze, l'ENEA ha brevettato un materiale ceramico sinterizzato dalle elevate proprietà meccaniche e particolari caratteristiche estetiche a base di zirconia stabilizzata in fase tetragonale, allumina e cromia ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

Questo materiale presenta elevata durezza, tenacità, resistenza alla frattura e biocompatibilità. La zirconia stabilizzata in fase tetragonale, tramite opportuni drogaggi con composti quali per esempio l'ittria ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ), presenta la peculiare caratteristica di un'elevata tenacità, grazie al meccanismo di tenacizzazione in situ che incrementa la resistenza del materiale.

L'utilizzo di droganti come l'ossido di cromo, oltre a migliorare le proprietà meccaniche del materiale, permette di conferire al componente una colorazione rosa particolarmente richiesta per le parti delle protesi dentali inserite nell'osso, come viti e corone, normalmente realizzate in titanio. Il materiale è prodotto partendo da ossidi di zirconio, alluminio e cromo in polvere aventi una granulometria strettamente controllata, compresa nell'intervallo dimensionale tra 0,1 e 2 micrometri. Il processo di realizzazione prevede una fase di sinterizzazione e un successivo trattamento di post sinterizzazione mediante pressatura isostatica a caldo.



*it, with the obvious setback posed for a dental prosthesis.*

*For ceramic hip or knee prostheses, zirconia and alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) are used; while, when properly doped, zirconia guarantees a prosthetic component highly reliable thanks to its toughness and resistance, alumina ensures excellent hydrothermal resistance. Yet, albeit enhanced if compared to the materials previously used, zirconia- and alumina-based ones are not able to meet the high toughness requirements that prosthetic applications demand.*

*Furthermore, the aesthetic aspect cannot be underestimated; actually the dental prosthesis market's demand for high-performance elements is increasingly growing when it comes to their structure and their not being subject to the unesthetic flaws typical of the current prostheses, such as, e.g., those caused by oxidation.*

*Hence, the dental prosthesis industry is urged by the need to have available a material capable of ensuring such properties.*

### *The invention*

*Just to meet this need, ENEA has patented sintered tetragonal stabilized zirconia, alumina and chromia ceramics having high mechanical properties and particular aesthetic characteristics. These ceramics are characterized by high hardness, fracture toughness, strength and biocompatibility. When properly doped with additives such as yttria ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ), tetragonal stabilized zirconia is particularly tough thanks to an in-situ toughening process, which increases the ceramic resistance. Using dopants like chromium oxide allows to enhance the mechanical properties of the ceramic material and to give the component a pinkish colour, particularly requested for the portions of prostheses inserted into the dental bone, such as screws and crowns, generally made of titanium. The material is produced from zirconium, aluminum and chromium-oxide powders with a strictly controlled granulometry dimension ranging between 0.1 and 2 micrometers. The realization process comprises a sintering phase and a post-sintering treatment by hot isostatic pressing. Post-*

*sintering treatment is aimed at reducing the dimension and number of the so-called "critical flaws", upon which the mechanical properties of ceramics depend. Post-sintering treatment results in a considerable increase in flexural strength; its only drawback is that toughness is lower with respect to the material simply sintered. Yet, the sintered ceramics used for this invention are so tough that they can afford a decrease in toughness to the benefit of the other mechanical properties. In other words, sintered ceramics can undergo post-sintering treatment so that the mechanical properties of flexural strength and hardness can be enhanced while keeping toughness values high.*

#### *Benefits, applications and the market's interest*

*If compared to the ceramics commonly used, the ENEA-patented ones have better mechanical characteristics as a whole. Specifically, such ceramics have considerably higher toughness and, at the same time, can be post-sintered, thus optimizing the flexural strength and hardness properties without compromising their toughness and being suitable for making dental prostheses. In this respect, it is worth stressing that these ceramics can fully meet the need for aesthetics as can be both pinkish to be used for dental implants and abutments, and white/ivory-coloured to be applied to the crowns. Therefore, the ENEA-patented ceramic invention can be used to realize a fully ceramic prosthetic implant.* ●

*(translated by: Carla Costigliola)*

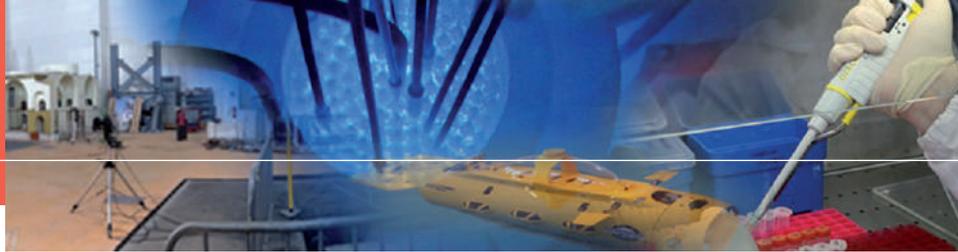
Il trattamento di post-sinterizzazione ha lo scopo di diminuire la dimensione e la numerosità dei cosiddetti "difetti critici" da cui dipendono le proprietà meccaniche dei materiali ceramici. A seguito del trattamento di post-sinterizzazione la resistenza a flessione e la durezza mostrano un notevole incremento. L'unico effetto negativo causato dal trattamento di post-sinterizzazione è una diminuzione di tenacità rispetto al materiale solo sinterizzato. Tuttavia, i materiali ceramici sinterizzati dell'invenzione presentano una tenacità tale da poter sopportare una diminuzione a vantaggio delle altre proprietà meccaniche. In altre parole, i materiali ceramici sinterizzati possono essere sottoposti al trattamento di post-sinterizzazione per un miglioramento delle proprietà meccaniche relative alla resistenza a flessione e alla durezza, mantenendo allo stesso tempo elevati valori di tenacità.

#### Vantaggi, applicazioni e interesse di mercato

I materiali ceramici brevettati dall'ENEA, rispetto ai materiali ceramici comunemente usati, presentano nel complesso delle caratteristiche meccaniche migliorate. Nello specifico, questi materiali ceramici hanno una tenacità marcatamente superiore e, allo stesso tempo, possono essere sottoposti a un trattamento di post-sinterizzazione, ottimizzando, così, le proprietà relative alla resistenza a flessione e alla durezza, senza per questo comprometterne la tenacità e risultando adatti per la realizzazione di protesi dentarie.

A tale riguardo va sottolineato come questi materiali ceramici riescano a soddisfare pienamente anche le esigenze di carattere estetico, in quanto possono assumere sia una colorazione rosa utile per la realizzazione di viti dell'impianto e dei monconi, sia una colorazione bianca/avorio per la realizzazione di corone. In questo modo sarà possibile utilizzare il materiale ceramico dell'invenzione brevettata dall'ENEA per realizzare un impianto protesico completamente ceramico. ●

*(a cura di Daniela Bertuzzi)*



# Renewable energy sources and the electric network in Italy: Some basic considerations and evolution scenarios

The ambitious European and National targets for de-carbonization demand for a significant increase in electric power generation from Renewable Energy Sources in the next future in Italy, particularly in the medium-long term (2030-2050). A large penetration of Renewable Energy Sources could be regarded as a quite natural evolution from recent years: at the same time, significant consequences are expected in terms of conventional (fuel-fired) operation, that will need to be more flexible, and of grid structure and management, both at the transmission and distribution levels, with an increasing importance of storage. Last but not least, the importance of the environmental impact of Renewable Energy Sources and its metrics (how the impact is evaluated) is going to increase in the decision processes

DOI 10.12910/EAI2014-72

■ Massimo Falchetta

**T**he penetration of Renewable Energy Sources (RES) in the Italian electric network has recently surpassed some of the most ambitious expectations of those who advocated their development in the last decades of the 20th century or at the same time – even recently – questioned on the possibility of implementing a significant RES contribution to the overall electricity consumption. This fact of course is not limited to Italy; it can be said that RES are now an established set of energy technologies, and this is demonstrated by the significantly increasing interest on RES technologies by the major financial and investing groups operating in the globalized market. Of course, still a greater progress is expected from R&D, namely a further increase in RES competitiveness in the various markets, reducing the need of any specific public support mechanism.

“Objective” of this paper, specifically focused only on grid-connected (electrical) RES, is not discussing the

economic trends of RES in the energy sector, but rather introducing some basic considerations on Italy’s near-future expectations as to the relationship among RES and the electric network, with a further glance to the medium-long term (2030-2050). Indeed the paper is a résumé of a more comprehensive report recently edited by ENEA on the same subject [1].

The scenario presented here does not claim to be exhaustive, predictive or economically optimized, but simply tries to indicate a “typical trend” arising from the given input data, also useful to better focus on the R&D actions

■ Massimo Falchetta  
ENEA

Contact person: Massimo Falchetta  
massimo.falchetta@enea.it

to be needed; so let's start from the input, the European and National Targets.

### European and national targets

It is useful to briefly summarize the official European and National targets involving grid-connected RES; these are considered the “input data” to the scenario:

- the “20-20-20” European climate and energy package, introduced in 2008, aiming at producing 20% of the European primary energy from RES by 2020, [2]
- the more recent European platform proposal on climate and energy for 2030, presented on January 2014 [3] and more recently discussed by the European Parliament, targeting a RES contribution to energy production by 30% by 2030,
- the long term scenario (2050) of the Energy Roadmap 2050 [4] setting 75% of gross energy consumption from RES, with a 97% target specific to electrical production.

Regarding the viability of such targets and their practical consequences, it is worth noting that a number of studies from R&D Institutions and Universities have recently assessed the feasibility of achieving a 100% quota of Renewable Production over the electrical consumption (see e.g. [5]), while the recent R&D HORIZON2020 programme is particularly focused on the 2020 EU targets, particularly as to supporting the R&D effort needed to implement those targets. The European targets are also seriously taken into account by many major industrial operators, e.g. Audi in Germany.

In Italy, the national targets on RES contribution have been first fixed in the 2010 National Action Plan (NAP), based on the binding commitment to reach a 17% energy production from RES by 2020, defining the subsequent targets for the different technologies; it is worth noting that the NAP target for photovoltaics (PV) was already met in 2011, only a year after issuing the NAP, that is 9 years in advance with respect to its target.

More recently, the National Energy Strategy (NES) [6], issued in 2013, set a target for the RES quota - by 2020 - equal to 23% of the gross energy consumption, with a 35-38% electric quota (120-130 TWh<sub>e</sub>/y), and included targets similar to the European Energy Roadmap by 2050, namely a 75-90% RES quota in the electricity

production. At the same time, a significant increase in transports and heating (by heat pumps) electrification duties is predicted by the NES.

### The current situation in Italy

In 2012, 45.4% of the RES contribution to electricity production in Italy came from the Hydro source, totalling 42 TWh/y, that has long been the major source of RES contribution; indeed, last century before the '60s, hydro-electricity has been the major source of electricity production ever. In the last 20 years the so called “new” RES, like Wind and Solar Power, have become mature with a significant quantum leap in PV installations in the last three years only; almost 15 GW of new PV plants were added in 2010-2013, now reaching roughly 18 GW; summing all contributions, electricity production from RES totalled 93 TWh/y in 2012, with a trend that shows how the 2020 target is very close and will be easily surpassed (Figure 1, taken from [6]).

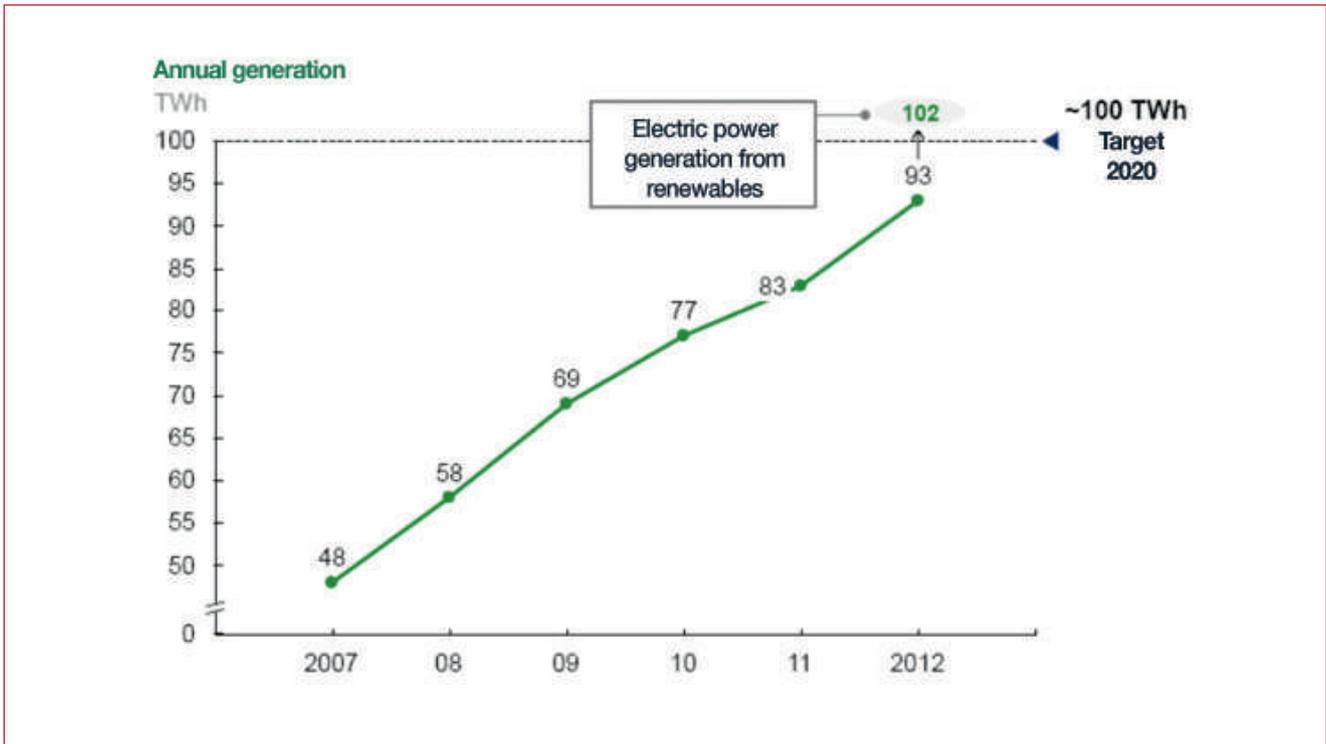
Another interesting picture (Figure 2, taken from [7] by the Italian TSO Terna) illustrates the recent increase in Wind and Solar Power capacity, showing how the NAP 2020 target set in 2010 had actually been surpassed in 2011, as said above.

### Some consequences and challenges for the generation, transmission, and distribution system

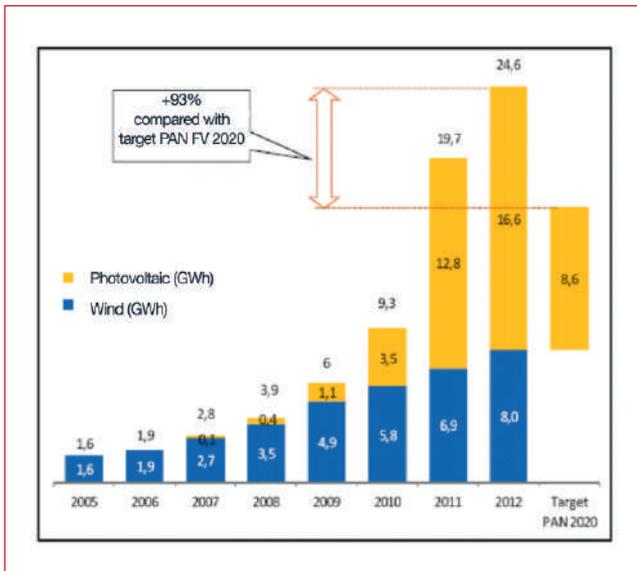
The recent significant trend in turn represents a significant challenge for the whole electricity generation and transmission/distribution system.

A first consequence is that the Capacity/Energy ratio of the production assets is expected to increase, as actually happened; correspondently, defining as  $h_G$  the “equivalent operative hours per year” of a given plant - simply calculated as the ratio Yearly Energy Yield (GWh)/Capacity (GW) - the average  $h_G$  value of all plants is expected to decrease. The global reduction in  $h_G$  is primarily due to the addition of plants, like Wind and PV, that typically operate with an  $h_G$  value ranging from 1000 to 2000 hours/y, in the Italian situation.

Since these plants have also a “dispatching priority” - correctly, at least from the author's point of view, due to their environmental value - this fact in turn reflects



**FIGURE 1** Trend of Renewable Energy Sources electric power generation in Italy with respect to the 2020 target<sup>6</sup>



**FIGURE 2** Recent evolution of Wind and Solar capacity<sup>7</sup>

in an  $h_G$  reduction also for fuel-fired power stations, actually mostly equipped with gas-fired CCGT groups, the only ones that can be used in a flexible way.

Such trend has been augmented by the reduction in global domestic electric consumption experienced in the last years (328 TWh/y in 2012 with respect to 340 TWh/y in 2007), due to the combined effects of economic crisis and efforts in energy savings.

As a result,  $h_G$  values of CCGTs decreased ([8]) from 5100 to 3100 in 2006-2011; currently, expectations for CCGTs are in the range of 1000-2000 h/y ([9]), therefore similar to those of Wind and PV plants. In other words, CCGT groups are going to operate more and more as a “RES back-up” rather than as Baseload or even Mid-merit units, as they were conceived, and are also called to significantly increase their flexibility (start-stops; partial load; variable load...).

Another challenge regards the electrical Network; the increasing Capacity/Energy ratio is going to stron-



gly influence ancillary and dispatching services; on the one hand there is an increasing need by the TSOs (Terna in Italy) of dispatching services, on the other a growing need to increase the dynamic performance of these services, with shorter reaction times. A typical effect is the increase in the so-called residual load that must be covered by fully dispatchable plants (pumped hydro, hydro w/reservoir, CCGT) in summer afternoons as the PV contribution decreases, at present requiring rates of 10-12 GW of residual load in 2 hours ([7]). This situation will become ever demanding as more “Non-Dispatchable RES” plants are going to be added.

In turn, also the Distribution network will have to become more “controllable” and “bidirectional” as the Transmission network actually is, in order to allow a greater inclusion of “distributed” production from small-medium size RES, normally feeding the low-voltage or medium-voltage sections of the grid, according to the so-called “smart-grid” paradigm. A description of the relevant requirements and trends can be found in [8]. Last but not least, the importance of storage, both at the transmission (e.g., large pumped-hydro units) and at the distribution levels (e.g., electric batteries) will increase. Indeed, there is a worldwide strong R&D effort in battery technologies, with a number of start-ups developing or re-considering a number of electrochemical processes.

In this regard, Italy has a tradition on pumped-hydro (since the ‘30s of the last century); these plants are now totalling 7,659 MW in 22 major units, as in 2010; on the other hand, such plants are actually not fully utilized, since the energy sent to pumping stations decreased from 10.65 TWh/y in 2002 to 2.7 TWh/y in 2012. More recently, Terna, Enel and other Distribution System Operators (DSO) have begun to explore the possibility of including a battery storage system; one of the major projects is the Terna project for 6 units equipped with Na-S batteries, for a total of 35 MW/232 MWh, permitting 6-7 hours of storage with a round-trip efficiency of 75%.

### Simplified scenario

As stated above, the significance of the scenario that is going to be presented here is only indicative of

the “foreseeable trend” that arises from the fulfilment of the RES “targets”, therefore being not a prediction nor an energy or socio-economic optimization, but rather the quantification of the “order of magnitude” of the challenges. The main driver normally adopted, and still assumed here, is the evolution of the electric demand. In Italy such demand was significantly increasing during the “economic boom” years; now it is practically flat or even decreasing. The most recent Terna report ([7]) is assumed here as a reference; indeed such a report predicts a moderate increase in the electricity demand. In [1], or better in [7], more details on the evolution of demand can be obtained; here only the final data input to an “average” scenario are shown, listed in Table 1.

The proposed demand evolution corresponds to intermediate values with respect to Terna predictions up to 2030, with a substantial stabilization from 2030 to 2050; the rationale is the reduction in energy intensity and increase in energy efficiency on the one side, the increase in electrification on the other.

Further hypotheses on the RES contribution quota are based upon:

- 1650 h/y for Wind Power, 1300 h/y for PV, 2000-3000 h/y for CSP w/storage
- an increase in Wind Power, substantially in accordance with Terna assumptions, with a limit to 25 GW for environmental reasons (visual impact)
- a moderate increase in Solar Thermodynamic (CSP) plants; all equipped with storage
- a moderate increase of Hydro Power, with a 60 TWh/y limit, quite close to the maximum estimate for Italy, that corresponds to 65 TWh/y
- a moderate increase in geothermal and marine contribution
- a substantial increase in the Biomass energy yield, with a rate of 7.5 TWh/y of increment per decade in 2020-2050. It is worth noting that “Biomass” covers a number of technologies and is subject to a number of constraints, so the estimate is approximate
- since its wide applicability to a number of different situations, PV evolution has been simply calculated as the difference between the RES target and the contribution of “other RES”; in other words, the amount needed to meet the target.

	2012	2020	2030	2050
Demand (TWh/y)	328	367	415	420
Renewable share (%)	28.4	35.4	52	85
Renewable production (TWh/y)	93	130	216	357
Hydro (TWh/y)	49.4 <sup>a</sup>	52.5	55	60
Geothermal (TWh/y)	5.6	6	7.5	10
Marine Energy (TWh/y)	0	0.1	0.2	1
Solar Thermodynamic (CSP) (TWh/y)	0	0.6	1.5	4.5
Biomass (TWh/y)	12.5 <sup>b</sup>	20	27.5	42.5
Wind Power (TWh/y)	13.1	20	33	41
Photovoltaic (TWh/y)	19.2	30.8	91.3	198
Wind+PV+Marine (Non Dispatchable) <sup>c</sup>	32.3	50.9	124.5	240
Ratio "Non-Dispatchable Input"/Demand (%)	9.85	13.86	30.0	57.14

<sup>a</sup> Mean of years 2008-2012  
<sup>b</sup> Estimation  
<sup>c</sup> All the Hydro contribution has been assumed as "dispatchable", overlooking the run-of-the-river contribution

**TABLE 1** Hypothetical scenario for the evolution of the electricity demand and Renewable Energy Sources generation

	2012	2020	2030	2050
Demand Peak (GW)	54	65	73	75
Wind Power Capacity (GW)	8	12.1	20	25
PV Capacity (GW)	16.6	23.7	70.2	152.3
Wind Power "rate"	0.15	0.186	0.274	0.33
PV "rate"	0.31	0.364	0.998	2.03
"Non-dispatchable rate"	0.46	0.55	1.273	2.36

**TABLE 2** Evolution Load Peak and Capacity of "non-dispatchable Renewable Energy Sources"

### Capacity implications

What I will try to point out now is some of the implications of Table 1. First of all a distinction has to be made among "dispatchable" and "non-dispatchable" RES. "Dispatchable" basically means that the instantaneous output power of the unit can be "significantly controlled", whereas "non-dispatchable" means that its instantaneous output power cannot be controlled (apart from eventually reducing or cutting it in the case of overgeneration). Indeed, such distinction is in a way arbitrary, since any power station is not fully dispatchable (e.g., when subject to programmed or non-programmed faulty outages); on the other hand even the output of non-dispatchable RES is normally predictable, indeed generally more predictable than the consumer load that the grid must supply.

In any case, for the following discussion, "dispatchable RES" include:

- hydro
- geothermal
- biomass
- solar thermodynamic w/storage.

"Non-dispatchable RES" include:

- wind power
- photovoltaics
- marine energy.

At this point, the Peak Load of the grid must be introduced; this number is, for a given country, normally connected to the Yearly Load demand by the simple formula:

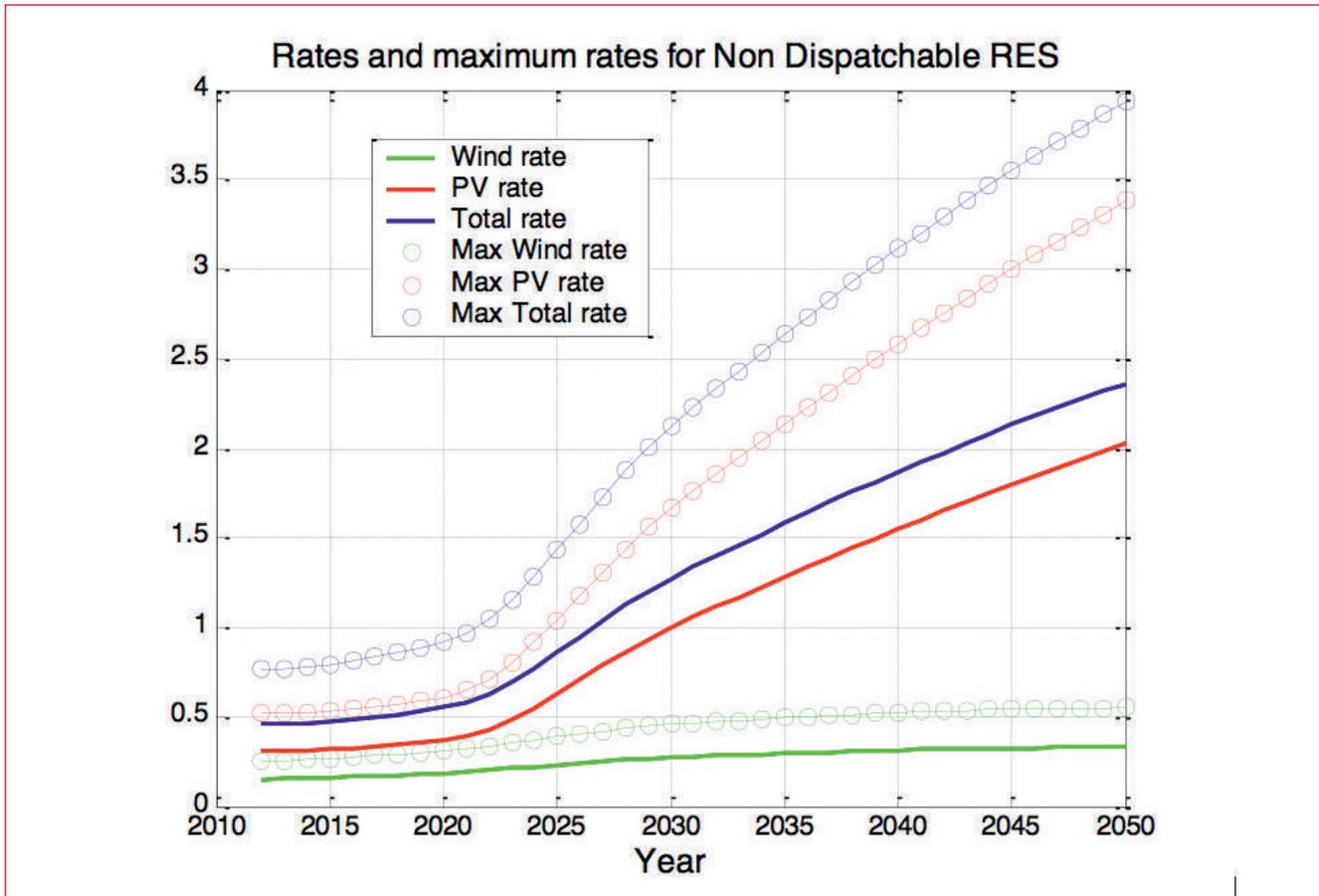
$$\text{Peak Load (GW)} = \frac{\text{Yearly Demand (GWh)}}{h_L}$$

where  $h_L$  is the number of average equivalent operative hours of the grid Load; for Italy such number was in the order of 6000 hours, in 2012.

From Table 1, with the assumptions better described in [1], the situation of Table 2 can be derived, where the Peak Demand and Capacities of the major "non-dispatchable RES" are shown.

A figure named "rate" has been introduced here, simply meaning the ratio between Capacity and Load; such rate gives a measure of how the Installed "non-dispatchable RES Capacity" can affect the grid operation, characterized by its Peak Load. As the rate approaches or even surpasses the unit, the "stress" on the grid becomes evident, meaning that the probability for the Load to be fed only by "non-dispatchable RES" becomes high, while dynamic frequency and voltage stability margins decrease due to the loss of rotating mass, normally supplied by the fuel-fired groups that have to be put out of service in order not to incur in overgeneration. The situation is even worse taking into account the "minimum daily peak of the year" (not the minimum load of the year, that is even lower), which typically happens during a summer holiday; such a peak in 2008-2011 ranged from 48% to 69% of the yearly peak, averaging 60%. The corresponding rate is here called "maximum rate".

Such rate data are shown in Figure 3. Summing up, starting from 2020 the ratio of "non-dispatchable RES" to Load will tend to grow up quickly and reach values well over the unit (up to 4 in the case of the "maximum rate", corresponding to the "minimum peak load", by 2050); these numbers give a rough idea of the problems that



**FIGURE 3** Non-dispatchable Renewable Energy Sources rates

will affect the grid and the complex of generation assets in the medium and long term in relation to the targets. Technical improvements will therefore have to be introduced in order to cope with this situation, so as to ensure that targets be really achieved:

- Transmission grid enforcement, increase in transnational balancing flows, smart-grid introduction at the distribution level
- improvements in forecasts; load management at various levels
- increase of flexibility of “conventional” plants
- progressive introduction of peak (minutes to h) and energy (1-5 hours) storage at various levels; in the medium-long term, also long-term energy storage (by RES-generated hydrogen, or methanation), in order to

avoid the progressive loss of generated RES energy due to “overcapacity” and balance the seasonal variations in RES supply.

Since now in general, R&D efforts will have to be applied to render all the RES “more dispatchable”, e.g. by introducing storage systems directly at the RES production level.

### Environmental impact

The last but not least important implication of the scenario is its environmental impact. Indeed, as RES become significant in quota, also their impact on the environment (e.g., visual impact on Landscape in case of Wind Power or large solar fields, pollution or conflicts with agricultu-

Estimate of the impacted areas (km <sup>2</sup> )	2012	2020	2030	2050
Area of Wind Power visual impact	8500	12250	19200	21300
Area interested by PV (Land and/or roofs)	200	284.4	842.4	1827.6
Land for energetic cultivations	1250	2000	2750	4250

**TABLE 3** Evaluation of land areas impacted or affected

re in case of Biomass, ...) becomes potentially significant. As a matter of fact, such conflicts did already arise - e.g. the visual impact large solar fields, and of Wind Turbines (the best wind sites being usually located on cliffs or coastal areas with high "Landscape value"); local pollution and possible stench in the case of biomass plants; and so on. Treating such problems would demand much more insight, here only the order of magnitude of areas affected and/or needed is presented (more details on how the numbers were evaluated can be found in [1]). Evaluation of land areas impacted or affected.

Some brief explanations of the numbers:

- the evaluation of any "visual impact" is subject to a number of "highly questionable" assumptions, e.g. individual attitudes and expectations; the numbers therefore represent a quite subjective (by the author) rough order of magnitude
- the PV area is calculated assuming approximately 8 m<sup>2</sup>/kW of active area and an average ratio of land to active area equal to 1.5; the visual impact is not considered
- for biomass, the assumption is 50% coming from residuals and waste, while 50% from cultivated biomass;

of the latter, only 40% is assumed to be directly cultivated in Italy.

## Conclusions

Renewable Energy Sources, especially those producing electricity, have recently had a significant development in Italy; at the same time either European and National commitments demand for further increase, that according to the official targets could reach an 85% quota of electric consumption by 2050. Applying these targets to a comprehensive scenario shows both the electrical network and the structure of the complex of generation assets as a whole will need a sort of revolution in order to cope with the task. Namely: grid enforcement; smart-grid approach for distribution; increased flexibility; energy storage at various levels. In addition, also the environmental impact of RES will become a significant factor to be taken into account in decision-making; such a factor and its evaluation/mitigation will be an important aspect not to be neglected when it comes to technical and economic considerations.

The long-term alternative to properly face the challenges posed by a significant domestic development of RES is either to reduce the commitment targets or to resort to renewable energy imports, namely wind and solar electricity or "fuels from RES", e.g. from North Africa or the Balkan region.

**Massimo Falchetta**

ENEA, Technical Unit for Renewable Energy Sources

## bibliografia

- [1] M. Falchetta, Fonti Rinnovabili e Rete Elettrica in Italia, RT/2014/8/ENEA <http://hdl.handle.net/10840/4931>
- [2] The climate and energy package - <http://ec.europa.eu/clima/policies/package/>
- [3] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030, Brussels, 22.1.2014 – COM(2014) 15 final [http://ec.europa.eu/energy/doc/2030/com\\_2014\\_15\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/doc/2030/com_2014_15_en.pdf)
- [4] Tabella di Marcia per l'energia 2050 – Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni COM(2011) 885, 15/12/2011 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0885:FIN:IT:PDF>
- [5] M. Z. Jacobson, M. A. Delucchi, Providing all global energy with wind, water, and solar Power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials, Energy Policy 39 (2011) 1154-1169; Part II: Reliability, system and transmission costs, and policies, Energy Policy 39 (2011) 1170-1190
- [6] Strategia Energetica Nazionale: per un'energia più competitiva e sostenibile, Ministero dello Sviluppo Economico, marzo 2013 [http://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/20130314\\_Strategia\\_Energetica\\_Nazionale.pdf](http://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/20130314_Strategia_Energetica_Nazionale.pdf)
- [7] Terna – Piano di Sviluppo 2013 (Terna Development Plan 2013) <http://www.terna.it/LinkClick.aspx?fileticket=gw0JzJRpz4l%3d&tabid=6345>
- [8] M. Delfanti, V. Olivieri – Sviluppo delle smart grid: opportunità per le aziende italiane del settore - Politecnico di Milano, Dipartimento di Energia, dicembre 2013.
- [9] M. Di Carlo, L. Michi, A. Camponeschi - Gli impianti CCGT nel nuovo contesto di mercato e del sistema elettrico - L'Energia Elettrica 35, novembre-dicembre 2013.

# Energia, Ambiente e Innovazione in rete

La rivista **Energia, Ambiente e Innovazione** è disponibile **gratuitamente** sul web (per computer ed e-reader) e sui dispositivi mobili Apple:

- sul web alla pagina <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/EAI> tutti gli articoli pubblicati dal 2003 al 2014 in formato pdf e, a partire dal 2014, anche in formato epub, utilizzato per visualizzare i libri digitali
- sui dispositivi mobili Apple (iPhone, iPad e iPod touch) grazie ad una App liberamente reperibile in App Store

