

# CERtuS project

## Cost Efficient Options and Financing Mechanisms for nearly Zero Energy Renovation of Existing Building Stock

IEE /13/906/SI2.675068



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

### INTEGRAZIONE DELLE FER NEGLI EDIFICI STORICI



**Arch. Emanuela Martini**

Presentata da  
ing. Francesco Carrozza

Palazzo della Cultura di Messina

16-17 febbraio 2017

# LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO



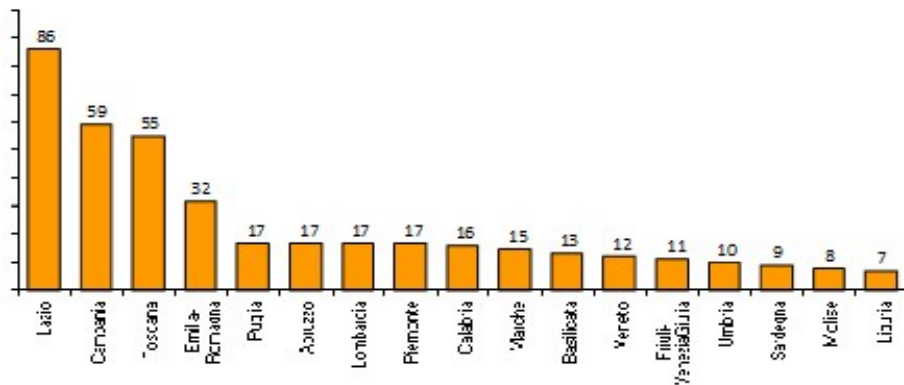
Centro storico di Serravalle, città di Vittorio Veneto (TV)

## Parlando in numeri:

- ❖ 150 città e centri urbani sono siti del Patrimonio Culturale Mondiale
- ❖ 55 milioni di abitazioni, case di 120 milioni di Europei, sono costruite prima del 1945
- ❖ esse hanno bisogno di 1400 TWh di energia ed emettono 300 Mton di CO<sub>2</sub> (stima)

# LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO

Edifici storici in Italia suddivisi per le regioni di appartenenza  
(Elaborazione MiBAC su dati Sistan) - Dati espressi in migliaia.



L'Italia dispone di un patrimonio edilizio storico e monumentale molto vasto, protetto e vincolato dalle leggi di tutela.



Questo patrimonio culturale immobiliare si trova concentrato in prevalenza nei centri storici delle città italiane, e ricade in quella particolare categoria di beni che va sotto il nome di *beni culturali*, riconosciuta dal Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio

Fonte - Anno	Tipologia	Numero
A- 1999	Archivi (storici- enti locali-d'impresa)	11.000
B- 1994	Biblioteche (pubbliche e private)	9.900
C- 2004	Musei gallerie, pinacoteche, istituti d'arte (ecclesiastici inclusi)	4.120
D- 1991	Giardini zoologici, botanici, naturali ed acquari	102
E- 1995	Siti archeologici e monumentali	2.100
F- 1999	Patrimonio ecclesiastico: chiese costruite prima del 1880	55.263
F- 1999	Patrimonio ecclesiastico: monasteri e conventi	1.500
F- 1999	Patrimonio ecclesiastico: santuari, sacri monti, palazzi vescovili, vie crucis	3.000
F- 1999	Patrimonio ecclesiastico: biblioteche	3.100
F- 1999	Patrimonio ecclesiastico: archivi storici	29.000
G-2004	Dimore storiche di pregio, private	12.000
	TOTALE	131.085
H-2005	CENTRI STORICI	22.000

Edifici vincolati in Italia suddivisi per tipologie  
(Elaborazione MIBAC su dati Sistan)

# LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO

## Patrimonio Culturale

### INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

INTERVENTI PER MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA (EE)

1. INVOLUCRO
2. IMPIANTI (raffrescamento/riscaldamento)
3. ILLUMINAZIONE
4. SOLUZIONI PASSIVE

INTEGRAZIONE DI ENERGIE RINNOVABILI

- SOLARE TERMICO
- SISTEMI FOTOVOLTAICI
- SISTEMI GEOTERMICI
- MINI E MICRO EOLICO / IDRICO ELETTRICO
- USO DI BIOMASSE

non esistono soluzioni pronte all'uso

### FINE ULTIMO

protezione e conservazione del patrimonio culturale, ottimizzando, dove è possibile, il livello di prestazione energetica.

interventi appropriati e calibrati sulla preesistenza



I sistemi e le tecnologie alimentate da **Fonti Energetiche Rinnovabili (FER)** sono da considerarsi **COMPLEMENTARI** ad altri sistemi per la riqualificazione energetica degli edifici



**D.Lgs. 28/2011**

ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA 2009/28/CE SULLA PROMOZIONE DELL'USO DELL'ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI, RECANTE MODIFICA E SUCCESSIVA ABROGAZIONE DELLE DIRETTIVE 2001/77/CE E 2003/30/CE



- individua strumenti incentivanti,
- fornisce disposizioni di tipo tecnico e in merito a procedimenti amministrativi,
- **sancisce l'obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e negli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni rilevanti**



**rispetta le esigenze di tutela e conservazione degli edifici sottoposti alle disposizioni del Codice dei Beni Culturali (art. 11, comma 2 )**





## LEGGE 90/2013

DI RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 2010/31/UE SI CONFIGURA COME MODIFICA E INTEGRAZIONE DEL D.LGS. 192/2005



consente la deroga  
per i beni culturali (art. 3, comma 3)



*L'esclusione solo nel caso in cui «...previo giudizio dell'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione ai sensi del codice di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, il rispetto delle prescrizioni implichi un'alterazione sostanziale del loro carattere o aspetto, con particolare riferimento ai profili storici, artistici e paesaggistici».*

**D.LGS. 42/04**

CODICE BENI CULTURALI E  
SUCCESSIVE INTEGRAZIONI



Per aree e immobili sottoposti a tutela paesaggistica → Obbligo della acquisizione dell'autorizzazione paesaggistica



Palazzo d'Accursio, Bologna –Italia

## Progetto 3enCULT

(Efficient Energy for EU Cultural Heritage), migliorare la gestione dei flussi di energia del patrimonio architettonico attraverso soluzioni attive e passive efficienti.

## Progetto GOVERNEE

(Good Governance in Energy Efficiency) migliorare l'efficienza energetica e l'impiego di fonti energetiche rinnovabili negli edifici pubblici e edifici storici.



Municipio di Copenhagen- Danimarca

## Progetto SECHURBA

(Sustainable Energy Communities in Historic URBan Areas)

migliorare le prestazioni energetiche di edifici e centri storici rispettandone i caratteri culturali e sociali.

## Progetto A.T.T.E.S.S.

linee guida per gli interventi di miglioramento delle prestazioni energetico-ambientali sugli edifici storici.

Nell'ambito CERTuS sono stati studiati, da Centri di Ricerca ed Università dei 4 paesi coinvolti nel progetto, 12 casi pilota appartenenti alla pubblica amministrazione, di cui **5 casi di edifici tutelati**.



**PALAZZO ZANCA (MUNICIPIO) – MESSINA, ITALIA**

ANTE:

- Consumo energetico: 2.912.933 kWh / anno
- Consumo di energia per metro quadrato: 216 kWh / m<sup>2</sup>

POST:

- Consumo energetico: 1.394.118 kWh / anno
- Consumo di energia per metro quadro: 103 kWh / m<sup>2</sup>
- Risparmio energia: 1.518.815 kWh/anno
- Risparmio Costo energia /anno 273.387 Euro / anno
- Risparmio CO<sub>2</sub>: 991.48 tonnellate / anno.
- FER: fotovoltaico



**MUNICIPIO- COIMBRA, PORTOGALLO (PATRIMONIO DELL'UNESCO)**

ANTE:

- Consumo energetico: 305,107 kWh / anno (elettricità)
- Consumo di energia per metro quadrato: 51,9 kWh / m<sup>2</sup>

POST:

- Consumo energetico: 55,508 kWh / anno (solo elettricità)
- Consumo di energia per metro quadro: 9,4 kWh / m<sup>2</sup>
- Risparmio energia: 249,599 kWh/anno
- Risparmio Costo energia /anno: 42.739 Euro / anno
- Risparmio CO<sub>2</sub>: 34.92 tonnellate / anno.
- FER: fotovoltaico può soddisfare il 72,1% di energia richiesta





MUNICIPIO - ERRETERIA, SPAGNA



LEKUONA - ERRETERIA, SPAGNA  
(PREESISTENZA ARCHEOLOGICA INDUSTRIALE)



KAPITAIN ETXEA - ERRETERIA, SPAGNA

ANTE:

- Consumo energetico: 517,999 kWh (energia primaria totale)
- Consumo di energia per metro quadrato: 94 kWh / m<sup>2</sup>

POST:

- Consumo energetico: 286,954 kWh (energia primaria totale)
- Consumo di energia per metro quadro: 63 kWh / m<sup>2</sup>
- Risparmio energia: 231,045 kWh/anno
- Risparmio Costo energia /anno: 12,374 Euro / anno
- Risparmio CO<sub>2</sub>: 57.36 tonnellate / anno
- FER: fotovoltaico, può soddisfare il 39% di energia richiesta (38.757 kWh)

ANTE:

- Consumo energetico: 332.279 kWh
- Consumo di energia per metro quadrato: 75 kWh / m<sup>2</sup>

POST:

- Consumo energetico: 296.534 kWh (energia primaria totale)
- Consumo di energia per metro quadro: 67 kWh / m<sup>2</sup>
- Risparmio energia: 35,745 kWh/anno
- Risparmio Costo energia /anno: 5,004 Euro / anno
- Risparmio CO<sub>2</sub>: 23.19 tonnellate / anno
- FER: caldaia a biomassa (201 kW di potenza nominale) e fotovoltaico (35.75 MWh/anno), i due sistemi combinati soddisfano il 59% di energia richiesta

ANTE:

- Consumo energetico: 93,039 kWh / anno (energia primaria totale)
- Consumo di energia per metro quadrato: 175 kWh / m<sup>2</sup>

POST:

- Consumo energetico: 30.226 kWh / anno (energia primaria totale)
- Consumo di energia per metro quadro: 61 kWh / m<sup>2</sup>
- Risparmio energia: 30.226 kWh/anno
- Risparmio Costo energia /anno: 1.394 Euro / anno
- Risparmio CO<sub>2</sub>: 4,95 tonnellate / anno.
- FER: fotovoltaico può soddisfare il 12% di energia richiesta (3.389 kWh)

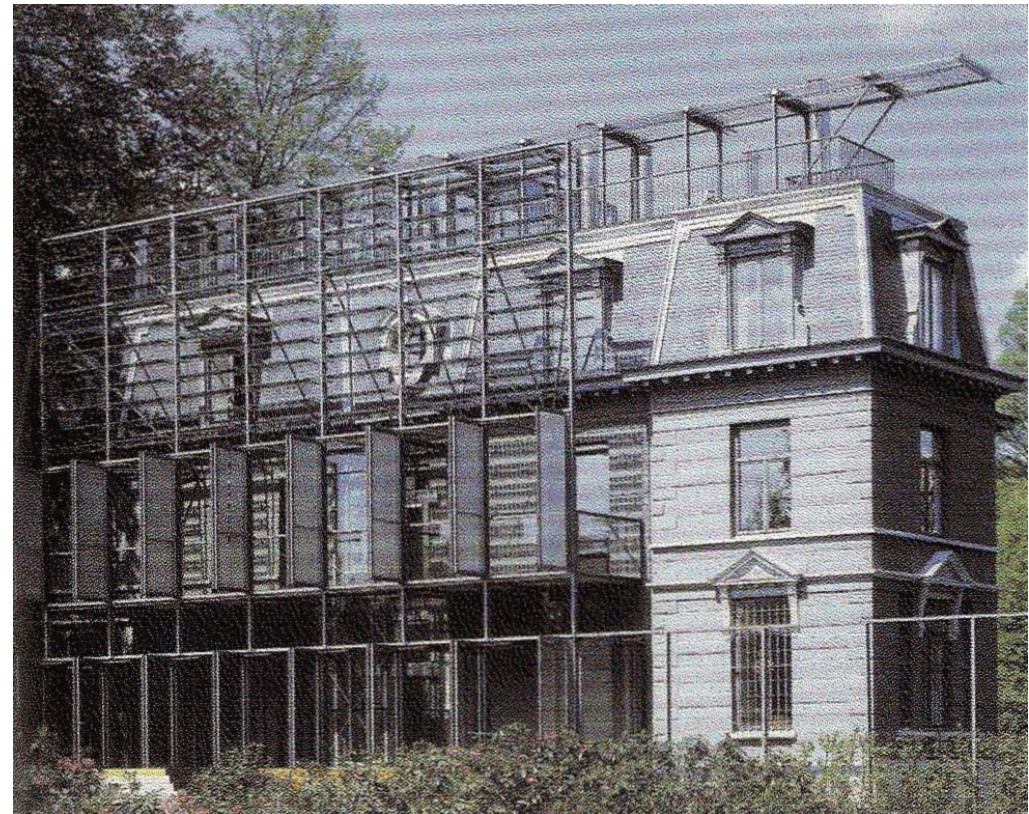
**Le proposte progettuali sono il risultato di una riflessione critica tra efficienza energetica, comfort degli utenti e conservazione.**

**Sono stati integrati impianti fotovoltaici in tutti gli edifici, rispettando i concetti di reversibilità, compatibilità ed ovviamente notorietà di questi inserimenti tecnologici e con il pieno consenso delle rispettive Soprintendenze.**

## APPLICAZIONI DEL FOTOVOLTAICO NEL RESTAURO: MONUMENTI E BENI ARCHITETTONICI



Ufficio del turismo di Alès, Francia.



Castello Groenhof, Flanders, Belgio.

**IMPATTO FORTE:** difficile parlare di minimo intervento, compatibilità e mantenimento dell'integrità dell'opera.



## APPLICAZIONI DEL FOTOVOLTAICO NEL RESTAURO: MONUMENTI E BENI ARCHITETTONICI



Centro studi per l'energia solare  
WIETOW  
MECKLEMBURG  
POMERANIEN, Germania.

**DISTINGUIBILITA'** di nuovi inserimenti da quelli originari

**INTEGRITA' IMMAGINE** conserva la volumetria originaria



Palazzo del Reichstang a Berlino , Germania.

## APPLICAZIONI DEL FOTOVOLTAICO NEL RESTAURO: MONUMENTI E BENI ARCHITETTONICI

### Il progetto “PVACCEPT”, in Italia e Germania



«Solar Flags» moduli autoilluminanti  
Castello Doria di Portovenere (SP).



Manifesto informativo del museo Formentini  
Castello di San Giorgio a La Spezia.

Pergole solari  
Bocca di Magra ad Ameglia (SP).



Pannello mura di Marbach, (Germania)





## L'INTEGRAZIONE DEL FOTOVOLTAICO IN COPERTURA

**RATHAUS di Friburgo, Germania.**



**Schemi del posizionamento dei pannelli in copertura**



**Tegole fotovoltaiche - Castello di Acquabella - Reggello (FI) - Italia**

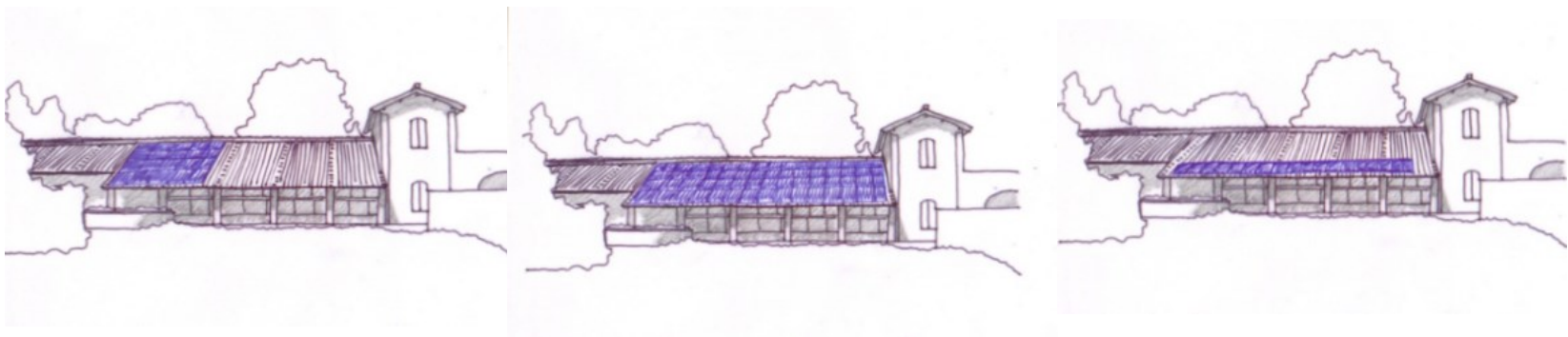


## L'INTEGRAZIONE DEL FOTOVOLTAICO IN COPERTURA

**Il casale ALBA 3**, nel parco di Aguzzano di Roma (Progetto Roma Energia 2002).



Schemi del posizionamento dei pannelli in copertura

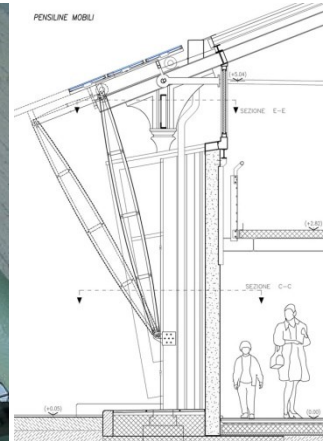
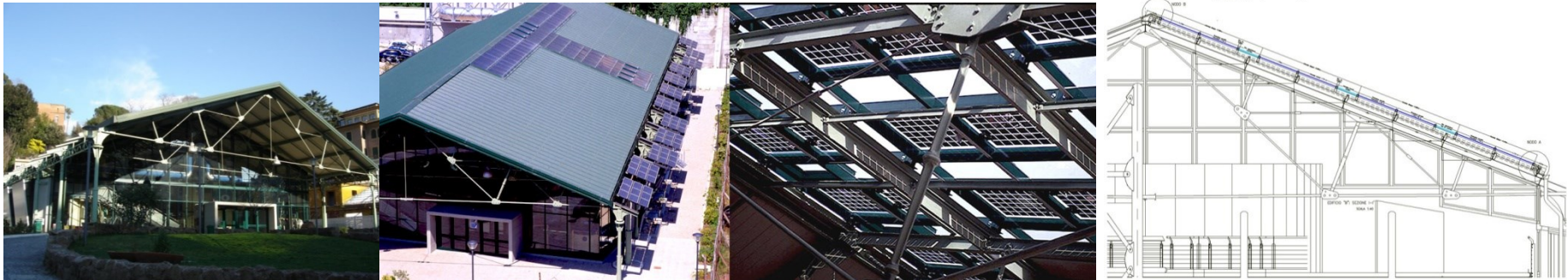




# INTEGRAZIONE DELLE FER NEGLI EDIFICI STORICI

## APPLICAZIONI DEL FOTOVOLTAICO NEL RECUPERO DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO E SU PREESISTENZE ARCHITETTONICHE INDUSTRIALI

“EXPLORA”, Museo dei bambini, Roma



## APPLICAZIONI DEL FOTOVOLTAICO NEL RECUPERO DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO E SU PREESISTENZE ARCHITETTONICHE INDUSTRIALI



**Edificio Acea, ex Centrale del Latte, Roma**

**Città dell'altra economia all'ex Mattatoio di Testaccio, Roma**



# INTEGRAZIONE DELLE FER NEGLI EDIFICI STORICI

## APPLICAZIONI DEL FOTOVOLTAICO NEL RECUPERO DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO E SU PREESISTENZE ARCHITETTONICHE INDUSTRIALI

Sala Nervi in Vaticano a Roma, Italia



Le Losserand, Hotel d'Activit  a Parigi, Francia



## IL FOTOVOLTAICO NELL'ARREDO URBANO E COME ELEMENTO DI CUCITURA DELLE "LACUNE URBANE"



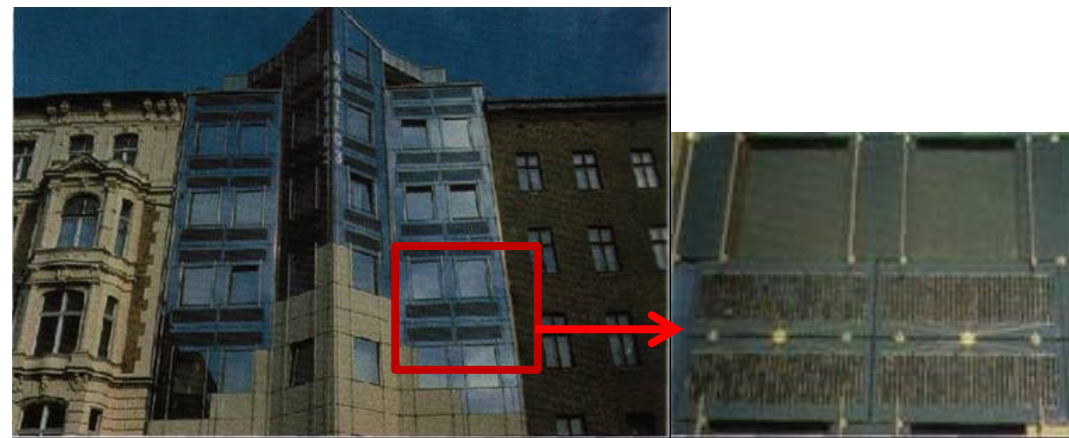
Solar Tree, arredo urbano



Lampioni fotovoltaici, Stapelia, ENEA



Sede dello Zöllern Alb Kurier,  
Albstadt, Germania



Oekotec 3, Berlino, Germania



## ALTRI ESEMPI DI APPLICAZIONE DELLE TECNOLOGIE ALIMENTATE DA FER IN EDIFICI DI VALORE TESTIMONIALE

Applicazioni di sistemi solari termici (collettori solari) e caldaie a biomassa, impianti micro-eolico e di sistemi geotermici



Hotel Victoria, Friburgo, Germania



## ALTRI ESEMPI DI APPLICAZIONE DELLE TECNOLOGIE ALIMENTATE DA FER IN EDIFICI DI VALORE TESTIMONIALE

Applicazioni di sistemi solari termici (collettori solari) e caldaie a biomassa, impianti micro-eolico e di sistemi geotermici



**Villa Tannheim, Friburgo, Germania**

- Heating and domestic water supported by a roof-top solar thermal system



**Palazzo Cigola Martinoni,  
Cigole (Brescia), Italia**





## PROSPETTIVE FUTURE: DALLA GENERAZIONE DISTRIBUITA - ISOLE ENERGETICHE ALLA SMART CITY

### La Generazione Distribuita -Smart Grid Città Universitaria della Sapienza di Roma



La città Universitaria

- più di un milione di metri cubi
- 20.000 MWh (su 33.000) di energia elettrica all'anno
- 12.000 MWh (su 25.000) di energia termica all'anno
- 6500 tonnellate equivalenti di petrolio (su 10.000) e una bolletta energetica di quasi 10 milioni di Euro/anno

- Trigenerazione con motore a combustione interna e gruppo frigorifero ad assorbimento
- Solare termico
- 4 microturbine modulari e gruppo frigorifero ad assorbimento
- Solare fotovoltaico e celle a combustibile
- Solare fotovoltaico
- 2 microturbine modulari e gruppo frigorifero ad assorbimento

PIAZZALE ALDO MORO

SUDDIVISIONE DELLA CITTÀ UNIVERSITARIA IN ISOLE

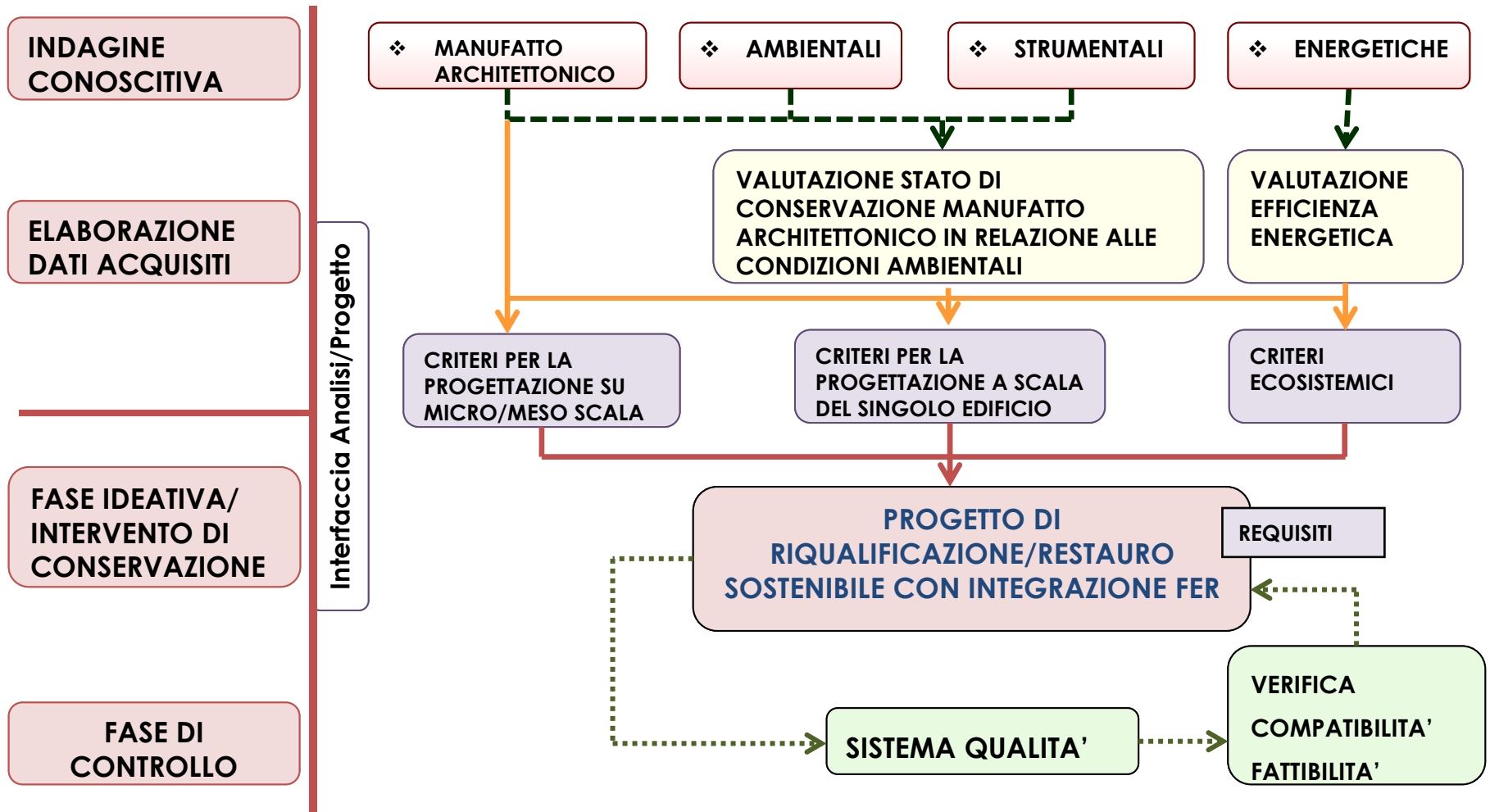
	Denominazione	Volume (m <sup>3</sup> )	Consumi termici (MWh/anno)	Consumi elettrici (MWh/anno)	potenza elettrica cogeneratore (kW)
1	Rettorato	102.136	466	1768	180
2	Giurisprudenza	289.077	1931	5253	480
3	Lettere e Filosofia	206.718	1202	2225	240
4	Fisica N.E.	77.223	852	2342	240
5	Chimica V.E.	165.718	904	2657	240
6	Servizi Generali	127.305	1005	2379	240
7	Igiene e Batteriologia	60.394	459	908	60
8	Botanica e Genetica	67.290	503	1485	120

Il progetto delle smart grid alla Sapienza, in fase di realizzazione è un esempio significativo di recupero di edifici storici e insieme di gestione territoriale dell'energia.



Prevede una serie di interventi complessi mirati all'efficienza energetica e al risparmio energetico, con l'applicazione dei concetti della **GENERAZIONE DISTRIBUITA DELL'ENERGIA**

## Indicazioni metodologiche



### 1. DIMENSIONI DELL'IMPIANTO



- ❖ **soddisfacimento dei fabbisogni**
- ❖ **conservazione delle caratteristiche degli edifici e dell'insediamento,**
- ❖ **maggiore integrazione architettonica, lieve perdita di producibilità energetica.**





# INDICAZIONI DI INTERVENTO

## TECNOLOGIE SOLARI FOTOVOLTAICHE

### 2. LOCALIZZAZIONE ED IL POSIZIONAMENTO DEI MODULI FOTOVOLTAICI



- ❖ soluzioni cromatiche e percezione visiva;
- ❖ gli eventuali fenomeni di abbagliamento;
- ❖ gli effetti cumulativi della diffusione di pannelli/impianti di piccola dimensione.



**è sempre auspicabile la delocalizzazione della produzione di energia fotovoltaica all'esterno dei centri storici, su coperture o prospetti di fabbricati industriali, centri commerciali ...**

# INDICAZIONI DI INTERVENTO

## TECNOLOGIE SOLARI FOTOVOLTAICHE

### 3. CRITERI DI POSIZIONAMENTO DEI PANNELLI FOTVOLTAICI



- ❖ maggiore armonia tra l'impianto e il contesto urbano;
- ❖ preferibili collocazioni a terra in aree non affacciate su spazi o percorsi pubblici;
- ❖ attenzione alle variazioni cromatiche e ai riflessi;
- ❖ attenzione alle alterazioni delle linee dell'edificio o degli allineamenti del tessuto edilizio;
- ❖ in facciata su frontespizi e pareti cieche dovrà confrontarsi con i caratteri architettonici dell'edificio.

### 1. DIMENSIONI DELL'IMPIANTO



### 3. INSERIMENTO DEGLI IMPIANTI

- ❖ soddisfacimento dei fabbisogni
- ❖ conservazione delle caratteristiche degli edifici e dell'insediamento,
- ❖ maggiore integrazione architettonica, lieve perdita di producibilità.

2. SI DEVONO PRIVILEGIARE SOLUZIONI INNOVATIVE, CHE OFFRONO UN MAGGIOR RENDIMENTO ENERGETICO.

- ❖ rispetto degli elementi e dei sistemi ordinatori del contesto,
- ❖ comprensione e l'adattamento ai caratteri costitutivi e compositivi dell'edificio.



### 4. GLI EFFETTI PAESAGGISTICI



❖ connessi ai caratteri cromatici dei collettori, alla loro forma, alla superficie riflettente

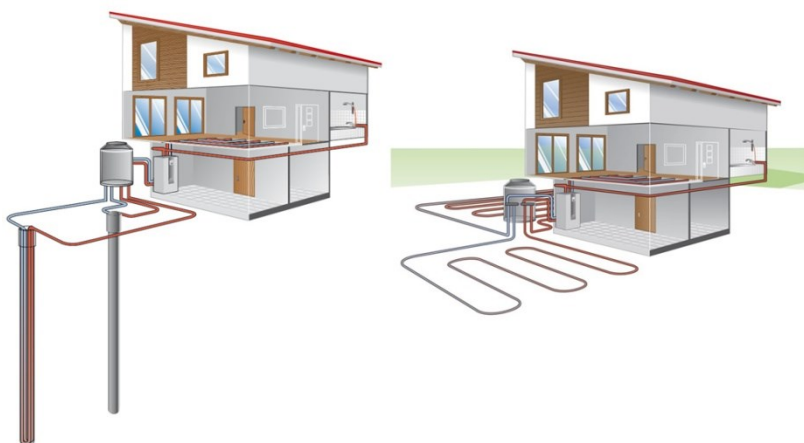


5. I SERBATOI DEVONO ESSERE POSIZIONATI ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI STESSI.

# INDICAZIONI DI INTERVENTO

## SISTEMI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

### 1. DIMENSIONI DELL'IMPIANTO



- ❖ soddisfacimento dei fabbisogni termici (riscaldamento e raffrescamento)
- ❖ conservazione delle caratteristiche degli edifici e dell'insediamento,
- ❖ maggiore integrazione architettonica, anche a discapito di costi maggiori.

2. SI DEVONO PRIVILEGIARE SOLUZIONI INNOVATIVE, CON MINORE OCCUPAZIONE DI SUPERFICI.



- ❖ riduzione delle emissioni in atmosfera ed riduzione del fenomeno di isola di calore.

# INDICAZIONI DI INTERVENTO

## SISTEMI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

### 4. PRINCIPALI ASPETTI DA CONSIDERARE



### 5. INSERIMENTO NEGLI EDIFICI STORICI

#### ❖ caratteristiche dell'ambiente esterno

- ✓ condizioni climatiche,
- ✓ caratteristiche del terreno,
- ✓ presenza di falde facilmente raggiungibili,
- ✓ norme vigenti,
- ✓ caratteristiche dell'impianto da alimentare,
- ✓ caratteristiche dell'edificio.

- ❖ le pompe di calore in combinazione con sonde geotermiche, le quali traggono energia dalla falda e dal terreno, necessitano di uno spazio esterno per posizionare l'impianto.



# INDICAZIONI DI INTERVENTO

## IL MICRO-EOLICO

1. ESISTONO DIVERSE TIPOLOGIE DI MACCHINE DI MINI-EOLICO CON DISEGNI E COLORI DIFFERENTI



- ❖ dimensioni paragonabili a quelle di un'antenna o di una parabola.



2. NEL PATRIMONIO EDILIZIO STORICO E NEI CENTRI STORICI



soluzioni a carattere innovativo ed a basso o nullo impatto visivo.

### 3. CRITERI DI POSIZIONAMENTO E PROGETTAZIONE



- ❖ mitigazione del rumore e impatto alle strutture esistenti ;
- ❖ nel caso di collocazione su sostegni piantati al suolo, privilegiare elementi tecnologici di arredo isolati o seriali, in collocazioni di affiancamento di infrastrutture a rete;
- ❖ valutare la possibile competizione, per altezza e/o vicinanza, con altri elementi verticali (campanili, cupole, torri storiche) di elevato valore simbolico (percepibilità e riconoscibilità).



# INDICAZIONI DI INTERVENTO

## IL MINI E MICRO-IDROELETTRICO

### 1. SOLUZIONI INNOVATIVE



- ❖ piccola taglia
- ❖ connesse al recupero di antichi edifici (mulini) o alla risistemazione idraulica dei corsi d'acqua.





# INDICAZIONI DI INTERVENTO IL MINI E MICRO-IDROELETTRICO

## 2. CRITERI DI POSIZIONAMENTO E PROGETTAZIONE



- ❖ la conservazione dei caratteri storici degli edifici preesistenti;
- ❖ cura di forma, dimensione, proporzioni, materiali e cromatismi dell'impianto;
- ❖ contenimento dell'emissione sonora.



### 1. DIMENSIONI DELL'IMPIANTO



- ❖ soddisfacimento dei fabbisogni
- ❖ conservazione delle caratteristiche degli edifici
- ❖ Integrazione con impianti di riscaldamento esistenti.

### 2. SOLUZIONI INNOVATIVE E AD ALTA EFFICIENZA



- ❖ privilegiare l'installazione impianti di produzione di energia termica



### 3. INSERIMENTO IN EDIFICI STORICI



- ❖ sistema di riscaldamento a biomasse richiede uno spazio più ampio rispetto alle caldaie tradizionali, soprattutto per lo stoccaggio del materiale combustibile

*L'applicazione delle tecnologie alimentate dalle fonti energetiche rinnovabili può contribuire alla riduzione dei consumi, al comfort interno e all'efficienza energetica ed è realizzabile anche negli edifici storici, nel rispetto delle loro caratteristiche peculiari e della loro storicità, se un approccio multidisciplinare e interdisciplinare, sia teoretico che tecnologico, garantisce l'attuazione di interventi di qualità, mirati agli specifici casi.*



*Gaetano Miarelli Mariani ricordava che i superamenti concettuali sono spesso auspicabili, anche quando possono apparire delle smentite.*



# CERtuS project

**Cost Efficient Options and Financing Mechanisms  
for nearly Zero Energy Renovation  
of Existing Building Stock**

IEE /13/906/SI2.675068



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

**INTEGRAZIONE DELLE FER  
NEGLI EDIFICI STORICI**



**GRAZIE PER LA VOSTRA ATTENZIONE**

**Arch. Emanuela Martini**