



UNIONE EUROPEA  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE  
DG SEC



Progetto co-finanziato dall'Unione Europea



Programma Operativo Interregionale  
ENERGIE RINNOVABILI E  
RISPARMIO ENERGETICO  
2007 - 2013

Una scelta illuminata

L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI  
AEROPORTI OBIETTIVO CONVERGENZA

Roma, 8 luglio 2015

# ELEMENTI ED ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

**Ing. Costantino Pandolfi**  
Direzione Pianificazione e Progetti ENAC

In collaborazione con:



Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Roma

# ENAC & MATTM

## 2010 Protocollo di Intesa

- ✓ Attivare una collaborazione nell'ambito del POIn

## 2011 Protocollo attuativo

- ✓ Diagnosi e certificazione energetica delle strutture aeroportuali coinvolte



PIANO DI DETTAGLIO "Efficientamento energetico"

# Il Piano di Dettaglio

Il Piano alla base del POIn era articolato su quattro campi di applicazione:

- Analisi delle *Best Practices* – Definizione dei criteri di progettazione e gestione dei terminal aeroportuali
- Audit e certificazione energetica delle infrastrutture dei quindici aeroporti delle Regioni Obiettivo Convergenza
- Individuazione delle modalità di intervento per il miglioramento delle performance energetiche
- Fast Track – produzione di energia da FER.

# Il profilo energetico delle strutture aeroportuali

Le strutture aeroportuali si qualificano quali sistemi fortemente energivori, caratterizzate da un elevato fabbisogno di energia e da un'ampia diversificazione negli usi finali della stessa.

Il servizio energetico presente nelle strutture aeroportuali si caratterizza per:

- l'utilizzo di tecnologie e strumentazioni energivore;
- la specificità e gli standard qualitativi minimi delle prestazioni offerte;
- le specifiche tecniche degli ambienti, degli impianti e delle strumentazioni utilizzate.

# Il Progetto: Obiettivi (1/3)

**Individuare, analizzare, classificare e monitorare  
il comportamento energetico delle strutture  
aeroportuali**



**Studio**  
delle buone pratiche per  
l'efficienza energetica  
seguite negli aeroporti  
europei e nazionali



**Ricognizione  
e  
Valutazione**  
dello stato delle  
infrastrutture sotto il  
profilo energetico



**Elaborazione**  
degli attestati di  
certificazione  
energetica



**Attivazione**  
di un database per il  
monitoraggio permanente  
dei parametri energetici

## Il Progetto: Obiettivi (2/3)

**Individuare, sulla base dei risultati dell'attività di audit, le tipologie e le priorità degli interventi finalizzati all'efficientamento energetico**



**Analisi**  
delle criticità inerenti le prestazioni energetiche delle infrastrutture



**Individuazione** degli interventi prioritari di efficientamento energetico



**Armonizzazione**  
del livello di prestazione energetica alle strutture aeroportuali di eccellenza nazionale ed europea

## Il Progetto: Obiettivi (3/3)

**Diffondere alle società di gestione aeroportuali delle strutture coinvolte una maggiore consapevolezza in materia di efficienza energetica**



**Diffusione di competenze tecniche in materia di efficientamento energetico agli organismi tecnici delle strutture aeroportuali**

# Studio delle buone pratiche per l'efficienza energetica seguite negli aeroporti europei e nazionali

L'ENAC ha avviato da diverso tempo una serie di attività di studio e ricerca finalizzate alla costituzione di un quadro conoscitivo delle **Best Practices** aeroportuali

L'esame condotto interessa gli aeroporti maggiormente avanzati e virtuosi dal punto di vista del risparmio e del contenimento energetico

Scopo dell'attività di studio è:

- costitutivo di un quadro conoscitivo
- analisi della ripetibilità delle *best practices* sul sistema aeroportuale nazionale
- definizione di indicatori di prestazione energetica per confronto con i casi esaminati nell'ambito del POI
- individuazione di criteri per la progettazione e gestione dei terminal aeroportuali



# Ricognizione e valutazione dello stato delle infrastrutture sotto il profilo energetico

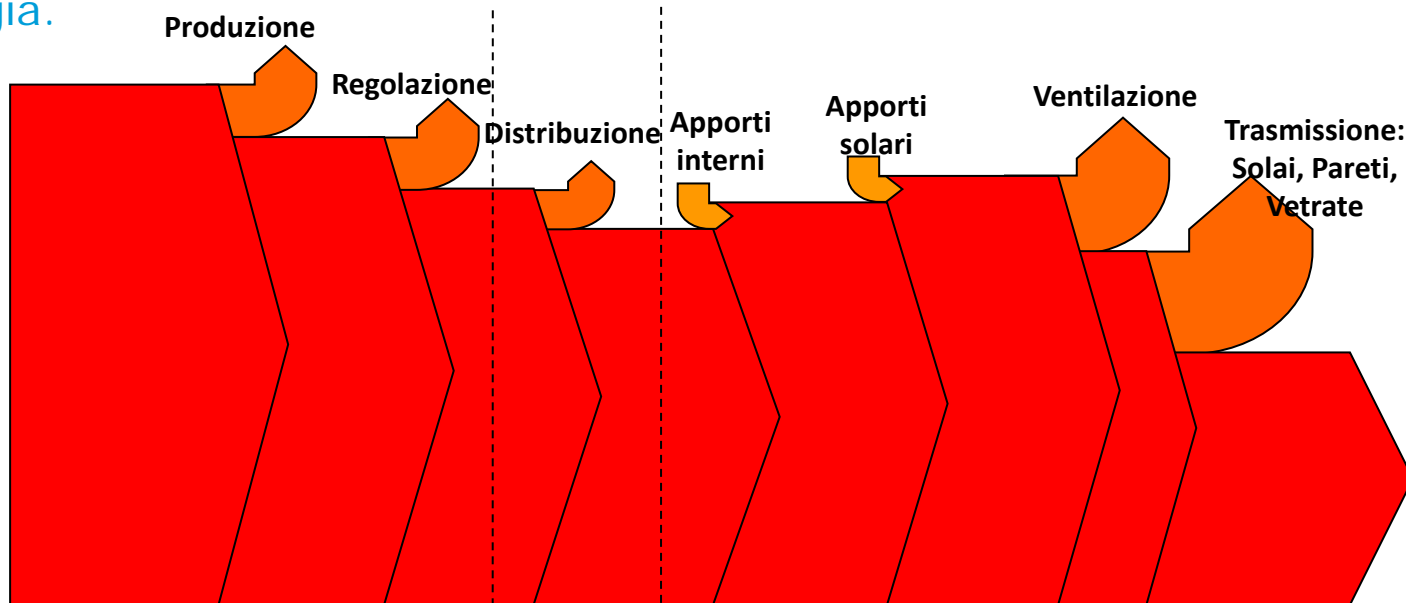
La diagnosi energetica delle infrastrutture aeroportuali permette di definire il comportamento energetico delle stesse individuandone innanzitutto il livello di qualità, quindi i punti deboli e le migliorie che possono essere apportate per renderli più efficienti e ridurre così le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

L'ambito aeroportuale per sua natura si diversifica molto dal tessuto edilizio tradizionale e pertanto sono presenti differenti tipologie di infrastrutture:

- **Land side** : Edifici (Uffici, Mense, Parcheggi multipiano, ecc.)
- **Aerostazione**
- **Air side**: Hangar, Edifici (Catering, Magazzini, ecc.)

# Ricognizione e valutazione dello stato delle infrastrutture sotto il profilo energetico

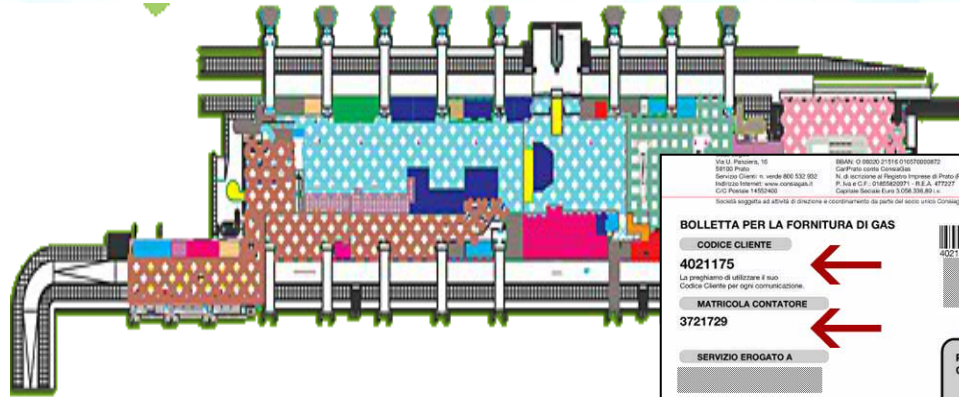
Per ogni tipologia di infrastruttura è stato realizzato un *audit energetico* che ha riguardato principalmente: involucro edilizio nelle sue componenti opache e trasparenti, sistema di produzione, sistema di trasporto e diffusione dell'energia.



# Ricognizione e valutazione dello stato delle infrastrutture sotto il profilo energetico

## INFORMAZIONI DI BASE

- Dati generali
- Documenti tecnici e gestionali
- Consumi energetici per le utenze elettriche
- Consumi energetici per le utenze termiche
- Parametrizzazione delle prestazioni



**BOLLETTA PER LA FORNITURA DI GAS**  
**CODICE CLIENTE**  
**4021175** ←  
 La preghiamo di utilizzare il suo Codice Cliente per ogni comunicazione.  
**MATRICOLA CONTATORE**  
**3721729** ←  
**SERVIZIO EROGATO A**  
**DATI LETTURA**  

Tipo	Data	Rilevazione (mc.)
LETTURA EFFETTIVA	07.10.2004	23.821
STIMA AUTOMATICA	31.12.2004	24.402

Classe: G14  
 Utilizzo: RISCALDAMENTO INDIVIDUALE  
 Capacità apparecchiature: 20.000 kcal/h  
 Deposito cauzionale versato: Euro 42,67.  
**COMUNICAZIONI**  
 Nella fattura, oltre ai consumi di gas, possono essere addebitati altri servizi. Nel caso occorre procedere al pagamento diligente delle diverse prestazioni, può richiedere a Confindustria, in forma scritta, l'emissione di fatture separate per i vari servizi.  
**NUMERI UTILI**  
 Servizio Clienti      Segnalazione guasti

**PERIODO DI RIFERIMENTO**  
 Ottobre 2004 - Dicembre 2004  
**CONSUMO STIMATO**  
 561 mc.  
 Il relativo importo è addebitato in conto.  
**TOTALE DA PAGARE**  
**EURO 392,11**  
**SCADENZA**  
**31/03/2005**  
 La preghiamo di utilizzare il bollettino allegato per il pagamento.  
**TARIFE DEL GAS METANO**  
 In vigore dal 01/01/2005  

Scaglioni annuali	Quota fissa	Tariffa finale
in mc.	Euro/mc.	Euro/mc.
0 - 100	30,00	30,00
100 - 300	30,00	30,00
300 - 500	30,00	30,00

**CONTO CORRENTE POSTALE - Credito in Euro**  
 sul C.C. n. 2808      di Euro 181.755,06  
**ENEL DISTRIBUZIONE**  
 DIREZIONE DISTRIBUZIONE - CAMPANIA  
 Numero di Conto: **836 984 986**  
 Apertura del Conto: 26/01/2006  
 Numero: 43261320024104831  
 Data: 03/07/2006  
 Scadenza: 03/07/2006  
 Importo: 181.755,06  
 Conto Corrente: 836 984 986  
 Via Calabrese 83  
 83100 Benevento  
 Tel. 0874 241111  
 Fax 0874 241111

# Ricognizione e valutazione dello stato delle infrastrutture sotto il profilo energetico

## AUDIT ENERGETICO

- Walkthrough audit / Standard audit / Simulation audit

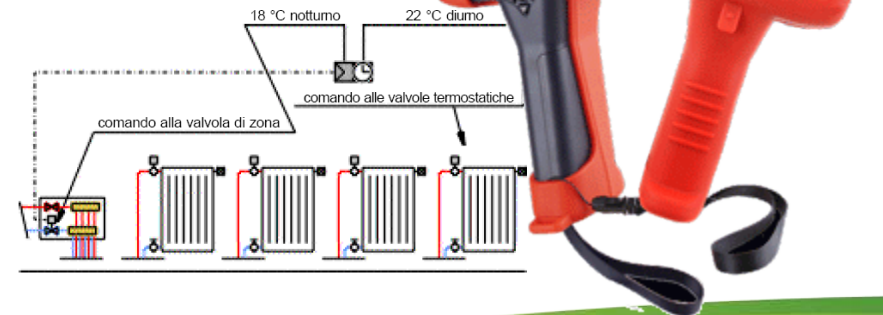
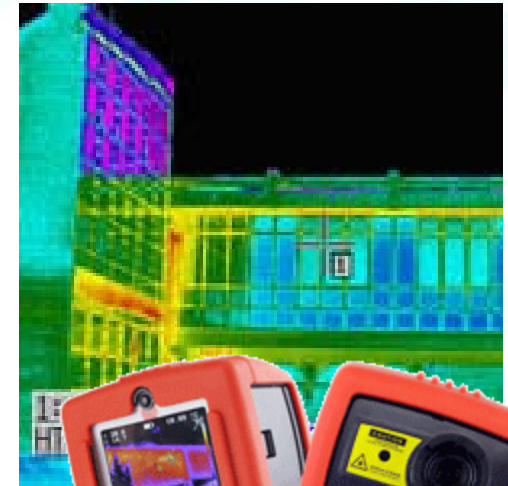
## AUDIT DELL'INVOLUCRO

- Dati generali/Caratteristiche geometriche dell'involucro
- Rilievo fotografico
- Involucro pareti opache/Serramenti/Coperture e basamenti

## AUDIT DEGLI IMPIANTI MECCANICI

## AUDIT DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

## AUDIT TERMOGRAFICO



# Elaborazione degli attestati di certificazione energetica

## RISULTATI AUDIT

- prestazioni
- criticità

## Attestato di certificazione energetica

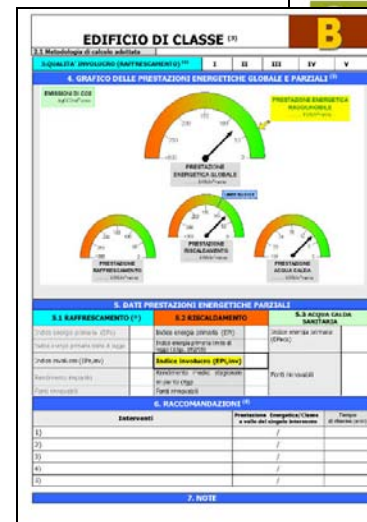
### Classi di isolamento termico

Fabbisogno termico basso Classi

<b>Oro</b>	$HWB_{NGF} \leq 10 \text{ kW/h (m}^2 \cdot \text{a)}$
<b>A</b>	$HWB_{NGF} \leq 30 \text{ kW/h (m}^2 \cdot \text{a)}$
<b>B</b>	$HWB_{NGF} \leq 50 \text{ kW/h (m}^2 \cdot \text{a)}$
	$HWB_{NGF} \leq 70 \text{ kW/h (m}^2 \cdot \text{a)}$
	$HWB_{NGF} \leq 90 \text{ kW/h (m}^2 \cdot \text{a)}$
	$HWB_{NGF} \leq 120 \text{ kW/h (m}^2 \cdot \text{a)}$
	$HWB_{NGF} \leq 160 \text{ kW/h (m}^2 \cdot \text{a)}$
	$HWB_{NGF} \leq 160 \text{ kW/h (m}^2 \cdot \text{a)}$

Fabbisogno termico alto

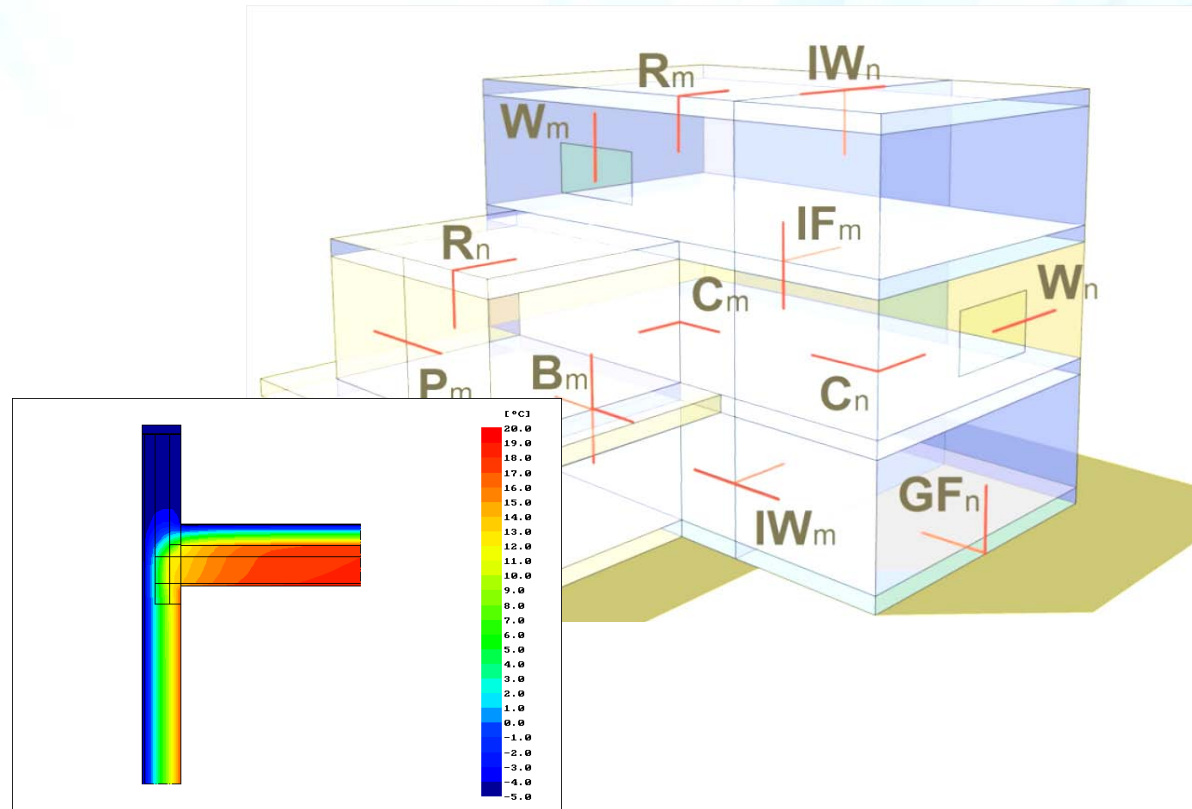
... edifica edifici costruiti secondo criteri di efficienza energetica.



# Analisi delle criticità inerenti le prestazioni energetiche delle infrastrutture

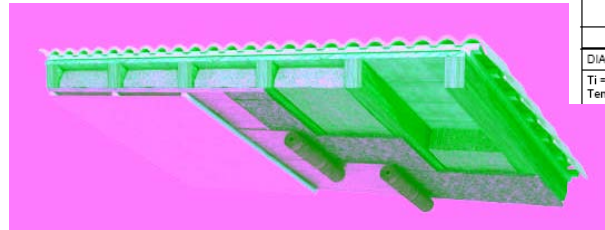
## CRITICITA'

- Ponti termici
- Superfici opache
- Superfici trasparenti
- Regolazione/distribuzione
- Ventilazione



# Individuazione degli interventi prioritari di efficientamento energetico

- Gap analysis con le *best practices*
- Interventi sull'involucro
- Controllo della ventilazione
- Interventi sugli impianti di climatizzazione
- Interventi sugli impianti elettrici
- Interventi sugli impianti di illuminazione
- Valutazione globale delle prestazioni



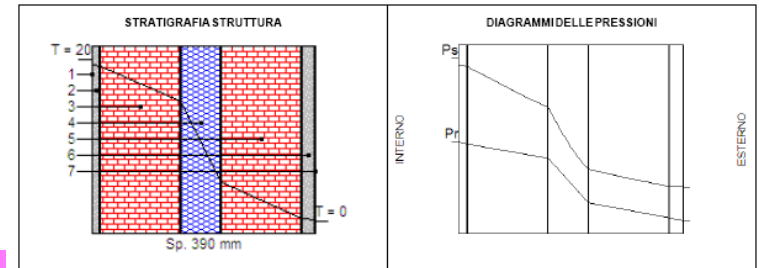
## CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: MP1  
Descrizione Struttura: Muro perimetrale 1

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m <sup>2</sup> K]	M.S. [kg/m <sup>2</sup> ]	P<50*10 <sup>-14</sup> [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	15	0.700	46.667	27.00	18.000	1000	0.021
3	Alveolater Bio Geolater	140	0.159	1.136	117.88	19.300	840	0.881
4	Polistirene espanso in lastre stampate - mv.3D	70	0.035	0.500	2.10	3.150	1200	2.000
5	Alveolater Bio Geolater	140	0.159	1.136	117.88	19.300	840	0.881
6	Intonaco di calce e gesso.	25	0.700	28.000	45.00	18.000	1000	0.036
7	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040

RESISTENZA = 3.988 m <sup>2</sup> K/W	CAPACITA' TERMICA AREICA (Int) = 43.641 kJ/m <sup>2</sup> K	TRASMITTANZA = 0.251 W/m <sup>2</sup> K
SPESORE = 390 mm	MASSA SUPERFICIALE = 236 kg/m <sup>2</sup>	
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.03 W/m <sup>2</sup> K	FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.10	SFASAMENTO = -7.39 h

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50\*10<sup>-14</sup> = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

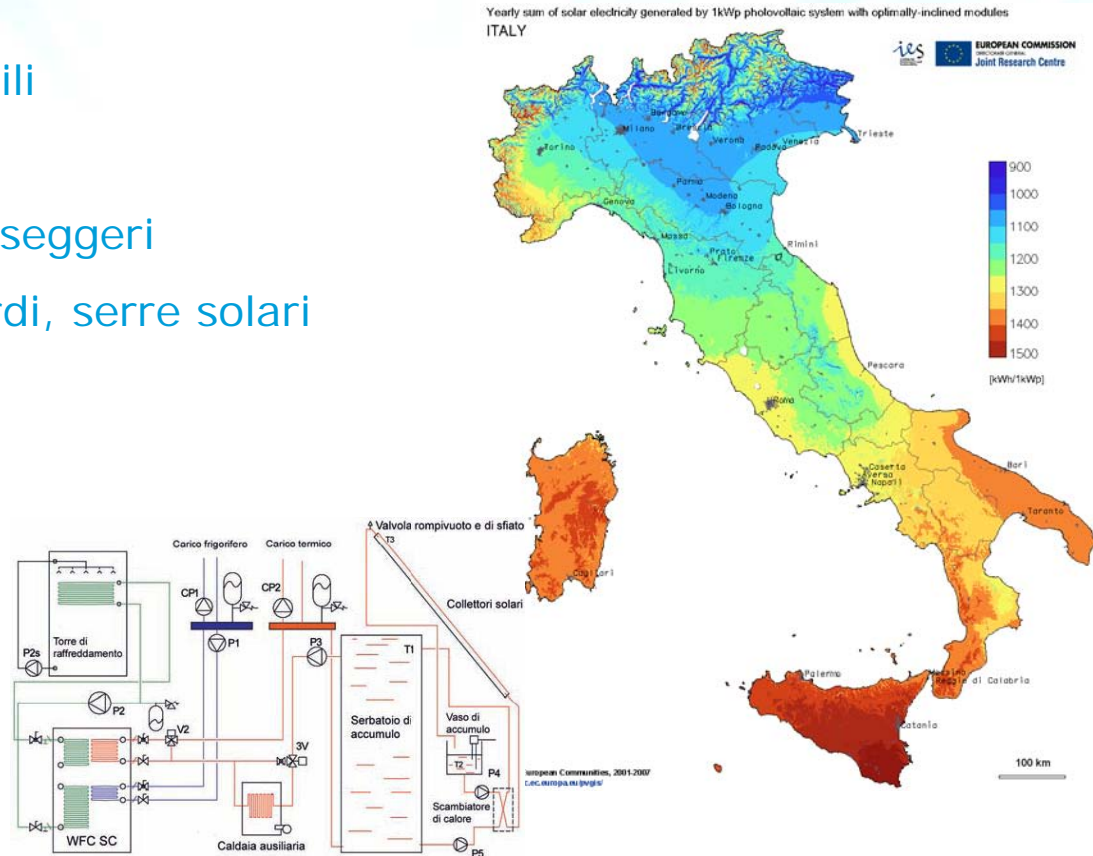


	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]	URe [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	20.0	2 337	1 215	52.0	0.0	611	173	28.3

Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

# Individuazione degli interventi prioritari di efficientamento energetico

- Fonti energetiche rinnovabili
- Fotovoltaico.
- Solar Cooling Terminal Passeggeri
- Facciate ventilate, tetti verdi, serre solari





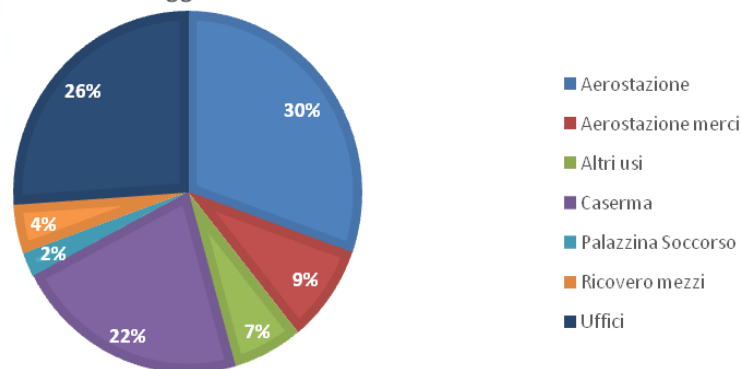
# Le fasi dell'Audit energetico svolto

- ➔ **Fase 1** Censimento energetico degli edifici
  
- ➔ **Fase 2** Analisi energetica degli edifici
  
- ➔ **Fase 3** Valutazione tecnico-economica degli interventi di efficientamento energetico

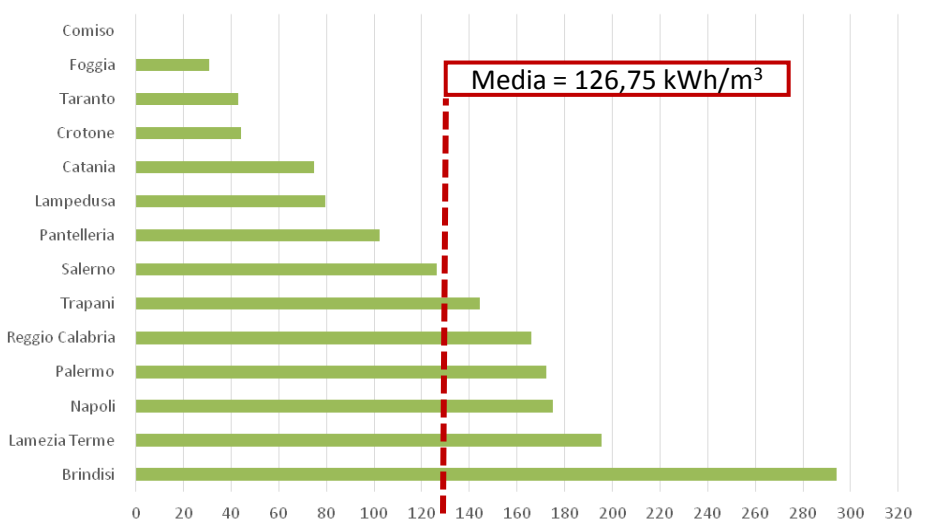
# Fase 1

Categoria	Descrizione	N° Edifici
Aerostazione	Terminal partenze e arrivi	14
Aerostazione Merci	Magazzini / Uffici	4
Altri usi	Edificio polifunzionale, Aerostazione provvisoria, Ristorante	3
Caserma	Presidio VV.F., Protezione Civile	10
Palazzina Soccorso	Infermeria	1
Ricovero mezzi	Ricovero veicoli o velivoli	2
Uffici	Uffici personale	12
<b>TOT</b>		<b>46</b>

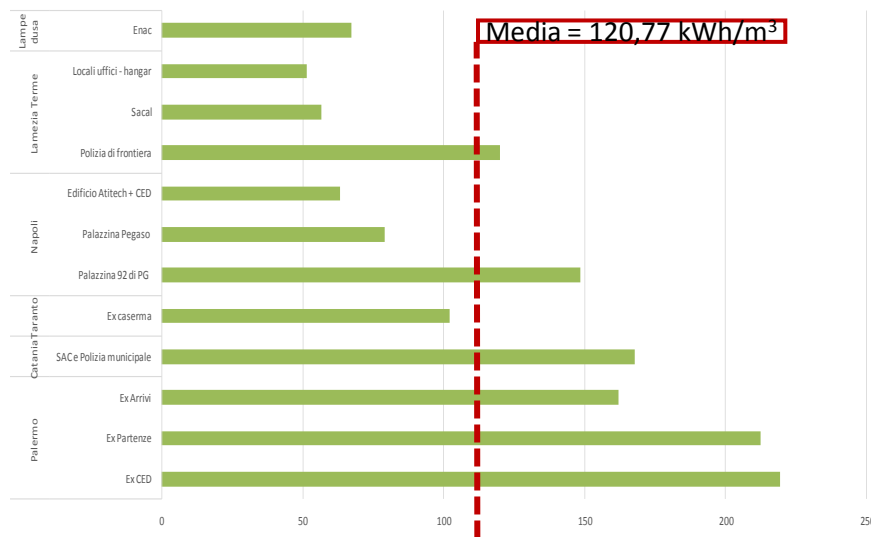
Edifici oggetto di Audit Preliminare



Aerostazioni: Consumo energetico globale annuo [kWh/m<sup>3</sup>]

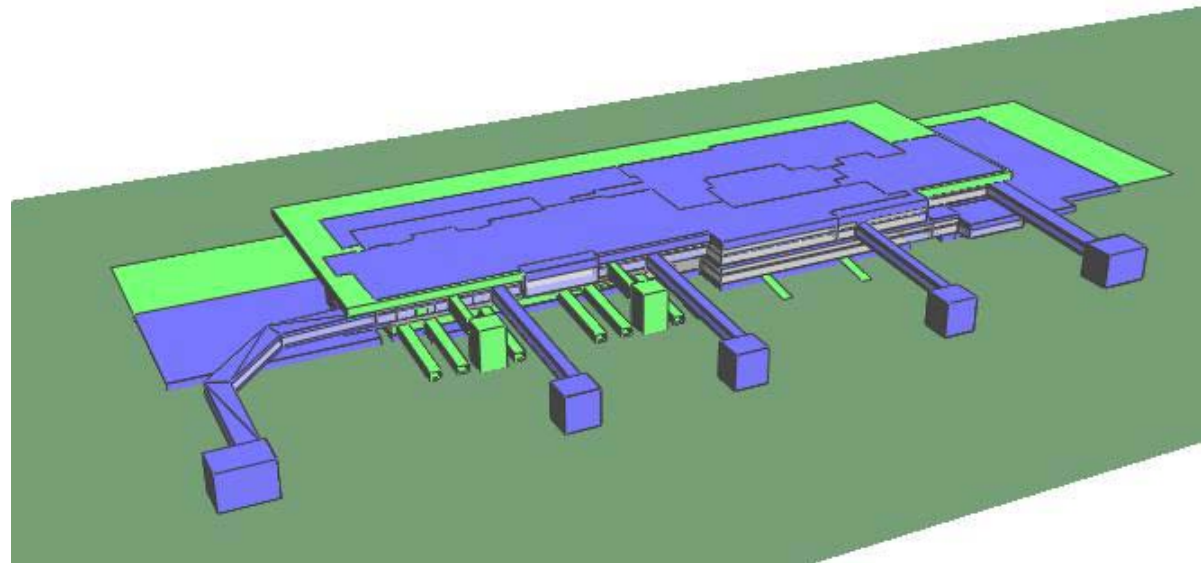


Uffici: Consumo energetico globale annuo [kWh/m<sup>3</sup>]



# Fase 2. Modellazione energetica

**Analisi energetica statica e dinamica degli aeroporti tramite l'applicazione di software di modellazione energetica 2D e 3D**



# Fase 3. Interventi migliorativi

Alcuni esempi:

- **Interventi sull'involucro edilizio**
    - Sostituzione di aperture e infissi con altri con prestazioni migliori
  - **Interventi sugli impianti termici**
    - Interventi sulla regolazione dell'impianto
    - Installazione di sistemi di regolazione aggiuntivi come sensori di temperatura e umidità
    - Installazione di sistemi di regolazione innovativi come sensori di qualità dell'aria interna (CO<sub>2</sub>)
  - **Interventi sull'impianto elettrico**
    - Illuminazione interna ed esterna
- L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI AEROPORTI OBIETTIVO CONVERGENZA

- Apparecchiature

Palermo 1 - Aerostazione

IM.01.01b - Installazione generatore di calore a pompa di calore per la produzione di ACS

DESCRIZIONE INTERVENTO

L'intervento permette di limitare i consumi energetici legati alla produzione di acqua calda sanitaria; esso prevede la sostituzione degli attuali boiler elettrici con nuovi boiler a pompa di calore di diversa taglia che garantiscano un'efficienza molto più elevata grazie a COP intorno al 3. Questi scaldacqua possono creare nuovi standard d'efficienza utilizzando il calore dell'aria come fonte rinnovabile per ottenere massimo comfort ed elevati risparmi energetici, rappresentano l'evoluzione ecologica dello scaldacqua tradizionale. L'installazione richiederà oltre alla posa del boiler anche il posizionamento di due canalizzazioni che permettano la ventilazione all'interno del sistema, una di espulsione e una ovviamente di presa aria esterna. Nelle valutazioni economico finanziarie sintetizzate nella seguente tabella è stata presa in considerazione anche la possibilità di ottenere le detrazioni fiscali del 65% secondo l'attuale Legge Finanziaria.

CARATTERISTICHE TECNICHE

L'intervento prevede l'installazione di un impianto a pompa di calore per la produzione di acqua calda sanitaria; tale impianto sarà costituito da 19 elementi; in fase di audit sono stati ipotizzati diversi sottosistemi di piccola/media taglia, in una fase più avanzata di progettazione si potrà verificare la possibilità di utilizzare altro tipo di soluzioni a parità di resa e fattibilità tecnica.

RIEPILOGO

Voci di costo	Materiale:	19.700 [€]	Riduzione emissioni:	12,62 [tCO <sub>2</sub> ]
	Mano d'opera:	2.600 [€]	pari a	
	Spese tecniche:	2.000 [€]	29,44	4,44
	Utile d'impresa:	5.600 [€]	barili di petrolio	ton. di rifiuti riciclati

Costo dell'intervento: 29.900 [€]

Pay Back Period: 5,79 [anni]

VAN (10° anno): 18.426 [€]

T.I.R. (10° anno): 14,23 [%]

Pay Back Period

RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI  
(i valori sono riferiti al consumo energetico globale del fabbricato in termini di Energia Primaria) 0,20%

Richiesta energetica attuale:	27.316.159 [kWh/anno]
Richiesta energetica post intervento:	27.260.494 [kWh/anno]
Risparmio energetico:	55.666 [kWh/anno]

RIDUZIONE DEI COSTI GESTIONE  
(i valori sono riferiti ai costi di gestione globali del fabbricato, ivi incluse eventuali manutenzioni) 0,20%

Spesa attuale:	1.958.089 [€/anno]
Spesa post intervento:	1.954.248 [€/anno]
Risparmio annuo:	3.841 [€/anno]

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE!