



**SMART  
BUILDING  
Roadshow**

## «La conversione green del patrimonio storico»

**Prof. Ing. Fabio Fatiguso**  
Politecnico di Bari

**TWIN TRANSITION:**  
la grande sfida della  
rigenerazione del patrimonio  
edilizio esistente e storico

IN COLLABORAZIONE CON





# Il Patrimonio Edilizio Esistente

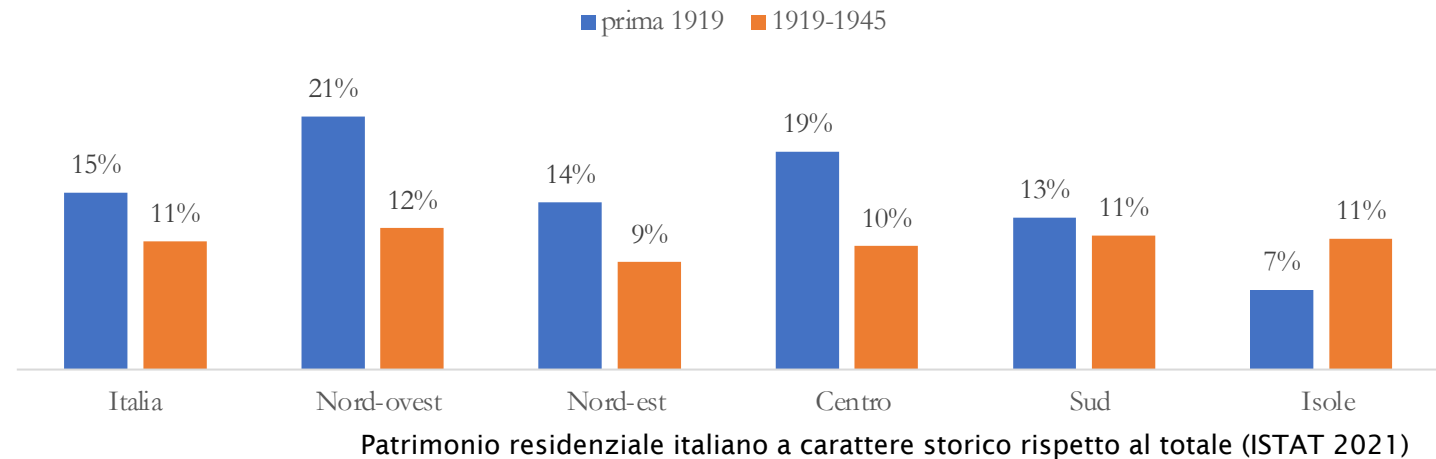
RILEVANZA del patrimonio storico nel quadro nazionale:



RIUSO come strategia sostenibile ed ecologica, seppure con la necessità di trasformarla

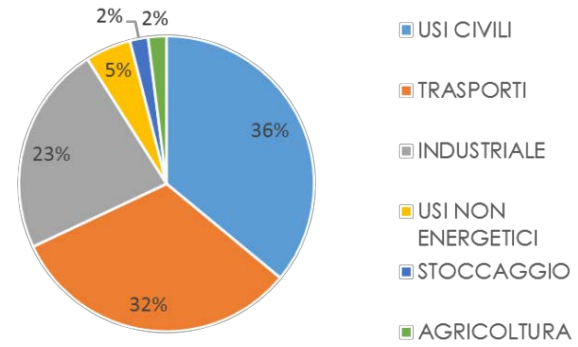


CONSERVAZIONE DEI VALORI IDENTITARI come responsabilità culturale, sociale e morale





## Edificato residenziale nei distretti storici ed efficienza energetica



Elevata responsabilità del settore residenziale nei consumi energetici nazionali

**Energia da fonte non rinnovabile**  
Involucro edilizio inefficiente

Necessità trasformativa



Comfort indoor

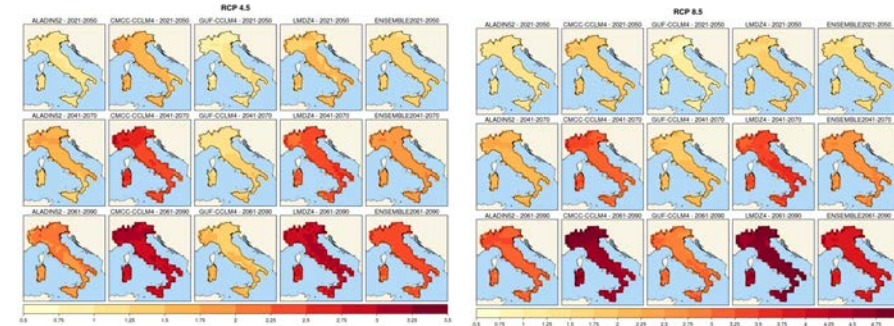


Riduzione dei consumi energetici



# Edificato residenziale nei distretti storici

## Efficienza energetica ed esposizione ai rischi dei cambiamenti climatici



La regione mediterranea è l'area più vulnerabile d'Europa all'incremento delle temperature medie mensili e numerosità di ondate di calore

Necessità trasformativa



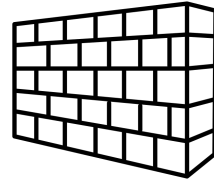
Comfort indoor

Riduzione dei consumi energetici

Mitigare gli effetti climatici e micro-climatici

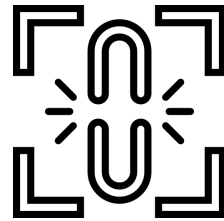


## Edificato residenziale nei distretti storici



### *Caratteri costitutivi*

Aree urbane con rilevanza culturale, storica e paesaggistica  
Costruzioni seriali tradizionali  
Prevalentemente uso residenziale



### *Caratteri vincolistici*

Piani regionali e comunali  
Modalità operative di trasformazione e miglioramento del patrimonio rispetto alle mutate esigenze degli utenti



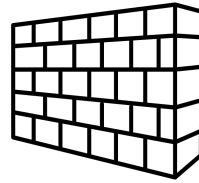
### *Carattere urbano*

Esposizione al cambiamento climatico ma ancora prive di strumenti per la pianificazione strategica di azioni di mitigazione e adattamento

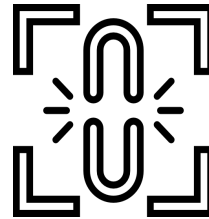
## Edificato residenziale nei distretti storici



*Caratteri vincolistici e criticità normativo-applicative sui caratteri paesaggistici*



Principi di conservazione



- Rispettare l'autenticità dei caratteri estetico-formali e principi funzionali e prestazionali
- Garantire il minimo intervento
- Garantire il riconoscimento di nuovi elementi costitutivi
- Assicurare la reversibilità dell'intervento
- Massimizzare la compatibilità fisica e tecnologica di interventi ed elementi



Applicabilità a vantaggio della conservazione dei caratteri percettivo identitari a scala sistemica

# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea



Che consideri appropriati livelli di criticità nella determinazione della programmazione delle azioni rispetto ai caratteri del costruito a scala edilizia e di ambiente costruito sub-urbano, nonché climatico-espositivi rispetto ai caratteri ambientali

Ampliamento temporale di efficacia

Nel processo di valutazione delle performance del costruito, coniugando alle azioni mitigative (riduzione delle emissioni di GHG) quelle adattive per la gestione espositiva del patrimonio ai processi di cambiamento climatico di macro e micro-scala urbana

**MITIGAZIONE E ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI**

**APPROCCIO DI PRIORITA' DI AZIONE**

**SUPPORTO A PUBBLICA AMMINISTRAZIONE E TECNICI**

**APPROCCIO DI SISTEMA**

**CONIUGARE TRASFORMAZIONE, COMPATIBILITA' e PERSISTENZA**

Congruenza delle scelte

per la gestione e la programmazione delle trasformazioni di energy retrofit nel quadro normativo che vede tali contesti esclusi dalle strategie tradizionali a vantaggio della loro conservazione

*"Member States may decide not to set or apply the requirements referred to in paragraph 1 for the [...] buildings and monuments officially protected as part of a designated environment or because of their special architectural or historic merit, where compliance with the requirements would unacceptably alter their character or appearance"*

Ecezione del patrimonio storico (Par. 3, Sec. 4, EPBD 2002/91/EC)

Superamento dell'approccio case-by-case

Approccio del landscape urbano

Per i valori socio-economici, socio-culturale e ambientali

Historic district as

*"an urban settlement where buildings, entities, men and environments exist and should be - physically and socially - preserved"*

*Cervellati, P.L. and Scannavini, R., 1973. Bologna: politica e metodologia del restauro nei centri storici*

## Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

### La congruenza

Un **recupero “congruente”** consente una verifica dell’appropriatezza delle scelte e di superare la logica del caso per caso, permettendo la compresenza dell’istanza di non cancellazione delle nature storiche del preesistente e di adattamento ai differenti bisogni che si presentano all’utilizzazione

#### “sistema degli usi”

insieme delle scelte tecniche e tecnologiche conseguenti alla individuazione del quadro esigenziale e degli obiettivi prestazionali

#### “sistema dei valori”

insieme di limitazioni che l’architettura pone alle possibilità di modifica e di adeguamento a nuove esigenze senza perdere le proprie caratteristiche

Definizione di **criteri e modalità di intervento appropriati**, attraverso un confronto di congruenza che assicuri la compresenza delle istanze di utilizzo in condizioni di qualità contemporanea degli edifici e di valorizzazione e conservazione del patrimonio edilizio



# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea



Che consideri appropriati livelli di criticità nella determinazione della programmazione delle azioni rispetto ai caratteri del costruito a scala edilizia e di ambiente costruito sub-urbano, nonché climatico-esspositivi rispetto ai caratteri ambientali

Ampliamento temporale di efficacia

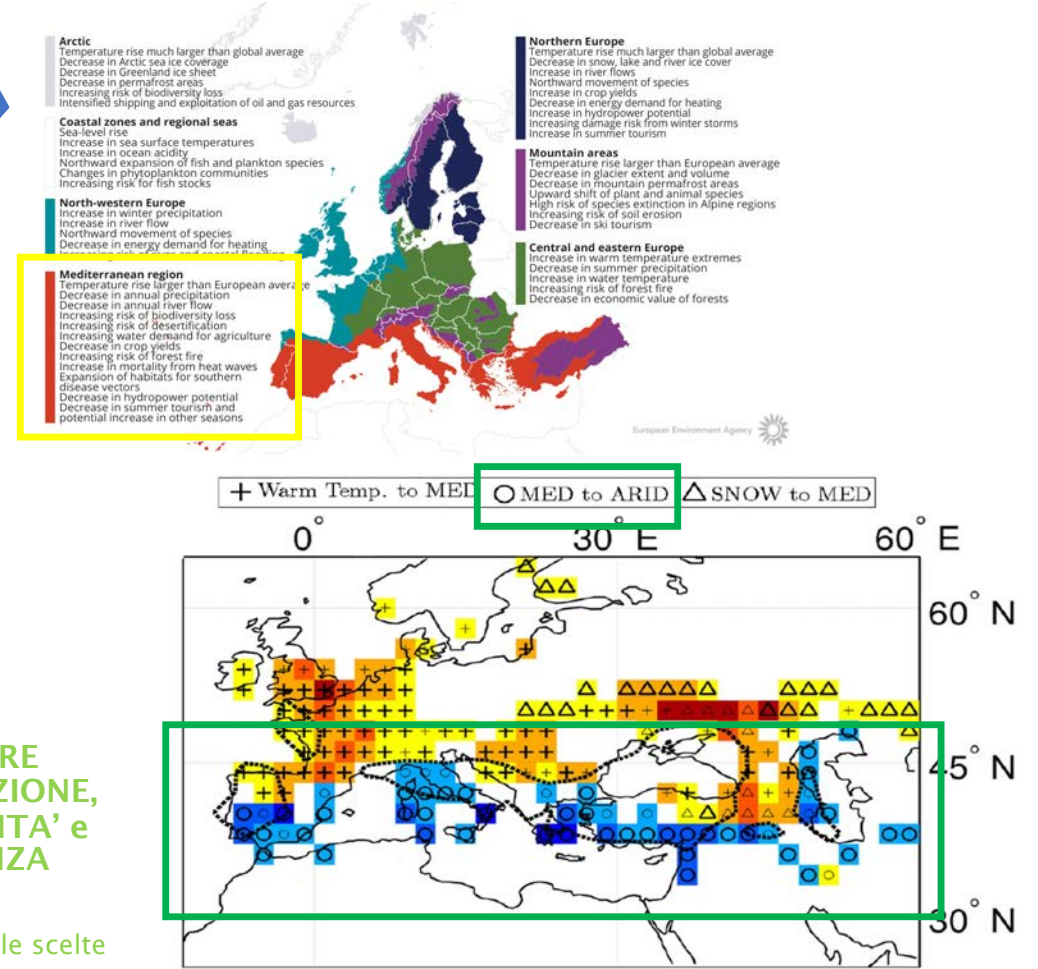
Nel processo di valutazione delle performance del costruito, coniugando alle azioni mitigative (riduzione delle emissioni di GHG) quelle adattive per la gestione espositiva del patrimonio ai processi di cambiamento climatico di macro e micro-scala urbana

APPROCCIO DI PRIORITA' DI AZIONE

MITIGAZIONE E ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

CONIUGARE TRASFORMAZIONE, COMPATIBILITA' e PERSISTENZA

Congruenza delle scelte



# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

Che consideri appropriati livelli di criticità nella determinazione della programmazione delle azioni rispetto ai caratteri del costruito a scala edilizia e di ambiente costruito sub-urbano, nonché climatico-espositivi rispetto ai caratteri ambientali

Ampliamento temporale di efficacia

Nel processo di valutazione delle performance del costruito, coniugando alle azioni mitigative (riduzione delle emissioni di GHG) quelle adattive per la gestione espositiva del patrimonio ai processi di cambiamento climatico di macro e micro-scala urbana

MITIGAZIONE E ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

APPROCCIO DI PRIORITA' DI AZIONE

SUPPORTO A PUBBLICA AMMINISTRAZIONE E TECNICI

APPROCCIO DI SISTEMA

CONIUGARE TRASFORMAZIONE, COMPATIBILITA' e PERSISTENZA

Congruenza delle scelte

per la gestione e la programmazione delle trasformazioni di energy retrofit nel quadro normativo che vede tali contesti esclusi dalle strategie tradizionali a vantaggio della loro conservazione

*"Member States may decide not to set or apply the requirements referred to in paragraph 1 for the [...] buildings and monuments officially protected as part of a designated environment or because of their special architectural or historic merit, where compliance with the requirements would unacceptably alter their character or appearance"*

Ecezione del patrimonio storico (Par. 3, Sec. 4, EPBD 2002/91/EC)

Superamento dell'approccio case-by-case

Approccio del landscape urbano

Per i valori socio-economici, socio-culturale e ambientali

Historic district as

*"an urban settlement where buildings, entities, men and environments exist and should be - physically and socially - preserved"*

*Cervellati, P.L. and Scannavini, R., 1973. Bologna: politica e metodologia del restauro nei centri storici*

## Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea



Mitigazione  
Adattamento  
Trasformabilità  
Livelli di priorità



RESILIENZA ENERGETICA DEI  
CONTESTI URBANI STORICI



*“Capacità del sistema complesso di sottoporsi al cambiamento climatico, adattandosi e trasformandosi al fine di (ri)garantire l’auto-sufficienza energetica, ripristinando la sua funzione originaria e mantenendo la sua identità”*



# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

## QUALE CHIAVE DI LETTURA PER I DISTRETTI STORICI IN CHIAVE RESILIENTE?

### CLIMA ED EDIFICIO

LE AZIONI EUROPEE VERSO LA FUTURA ESPOSIZIONE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

- RIDUZIONE DELLE EMISSIONI
- TRASFORMARE IL PATRIMONIO PER RIDURRE L'ESPOSIZIONE AL RISCHIO



MITIGAZIONE



ADATTAMENTO

### CLIMA E SISTEMI DI EDIFICI

AZIONI EUROPEE VERSO LA RIDUZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE LOCALE

ANALISI DELL'EFFETTO DI URBAN HEAT ISLAND (UHI)



TRASFORMATION AS THE KEY

# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

## STRUMENTI METODOLOGICI

### PROCESSO INTERVENTI DI RECUPERO

- Analisi – Diagnosi - Intervento

### L'USO DEL «TIPO» PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL SISTEMA

- Caratterizzazione morfo-tipologica e morfo-distributiva del patrimonio a scala di distretto e di edificio per il superamento delle stratificazioni

### PROCESSI DI MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

- Analisi locale dei macro-processi di Cambiamento Climatico e analisi pre-crisi dei processi in corso

### TEORIA FISICA E SPERIMENTALE DELL'UHI EFFECT A SCALA DI CANYON

- Analisi del sistema unitario di distretto secondo i principi di interazione città – clima a scala di unità minima di distretto al fine di individuare elementi ricorrenti, criticità e propensioni a scala micro-climatica

### DATASHEET, LINEE GUIDA ALL' «HOW TO DO IT»

- Nell'ottica della promozione di best practice e divulgazione delle attività promosse dalla Comunità Europea al tecnico





# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

## STRUMENTI DI PRATICA & INFORMATICI

### Raccolta e gestione dell'informazione tecnica

- Sistemi Informativi Geografici
- Raccolta dati in situ
- Analisi del patrimonio pre-esistenti



### Valutazioni energetiche di edificio

- DesignBuilder ®



### Valutazioni microclimatiche e cambiamento climatico

- Meteonorm (calcolo scenari climatici futuri in accordo con IPCC)
- Envimet (simulazioni fluidodinamiche a scala di distretto)
- Monitoraggio in situ





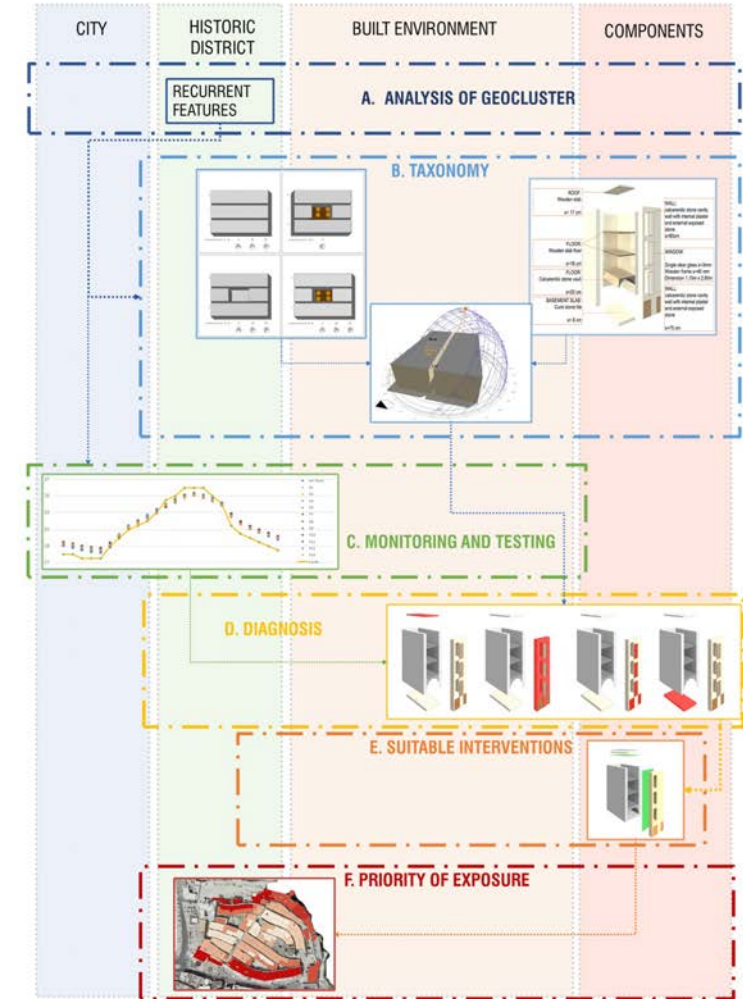
# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea



APPROCCIO MULTI-SCALA  
(dai caratteri climatici del sito, alle performance del componente)

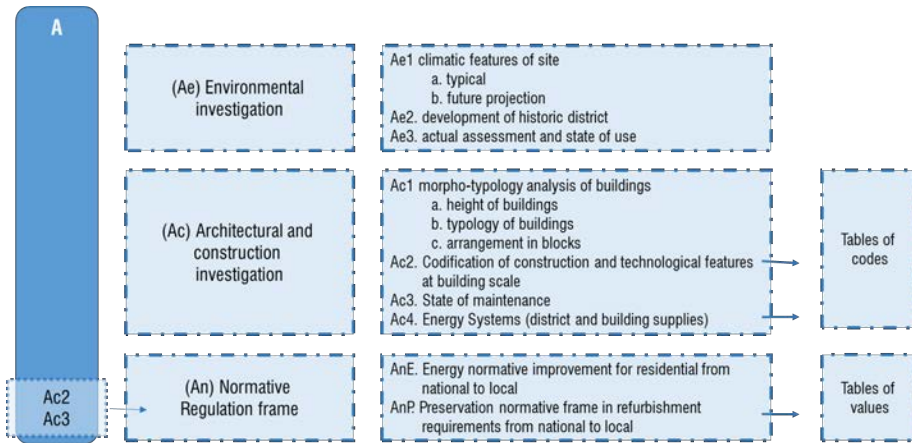


APPROCCIO OPERATIVO del RECUPERO  
(dall'analisi all'intervento)



# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

CONOSCENZA



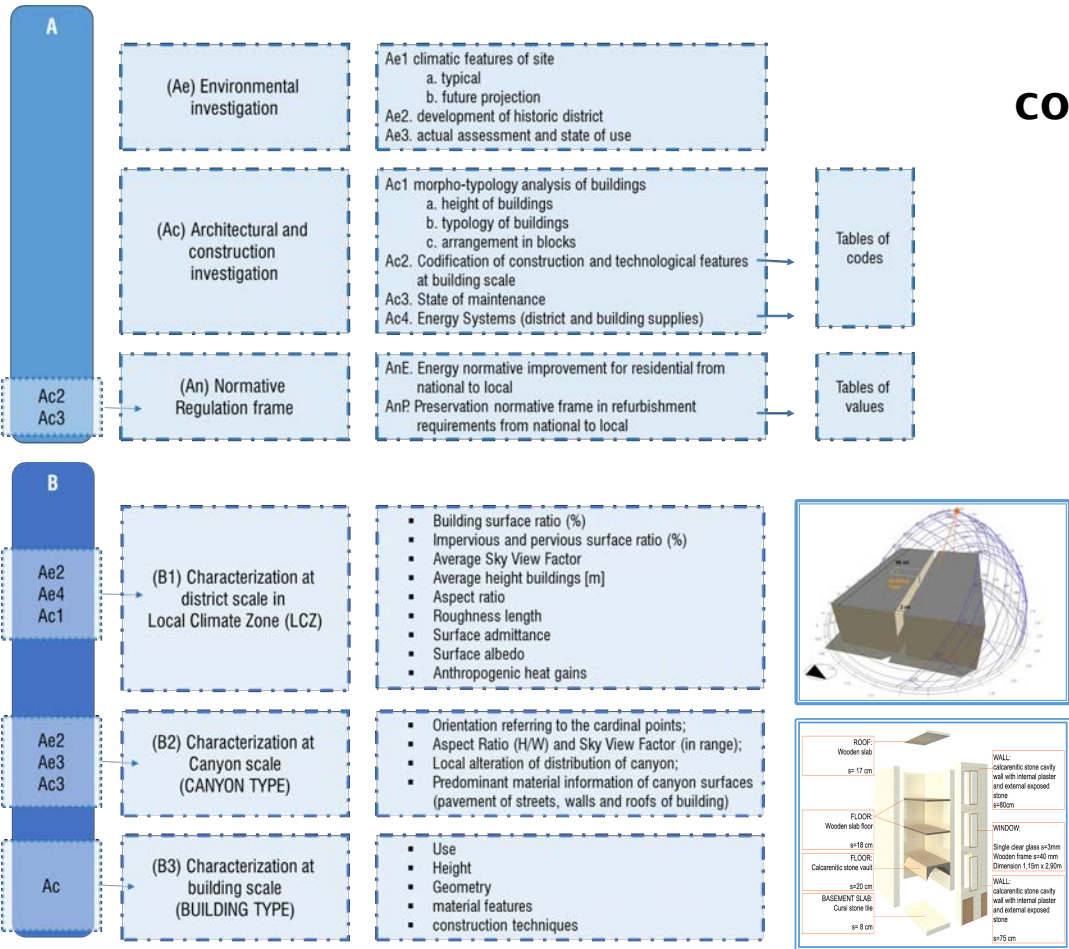
## A - FASE CONOSCITIVA

- Ambientale
- Costruito
- Quadro normativo



# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

CONOSCENZA



## A - FASE CONOSCITIVA

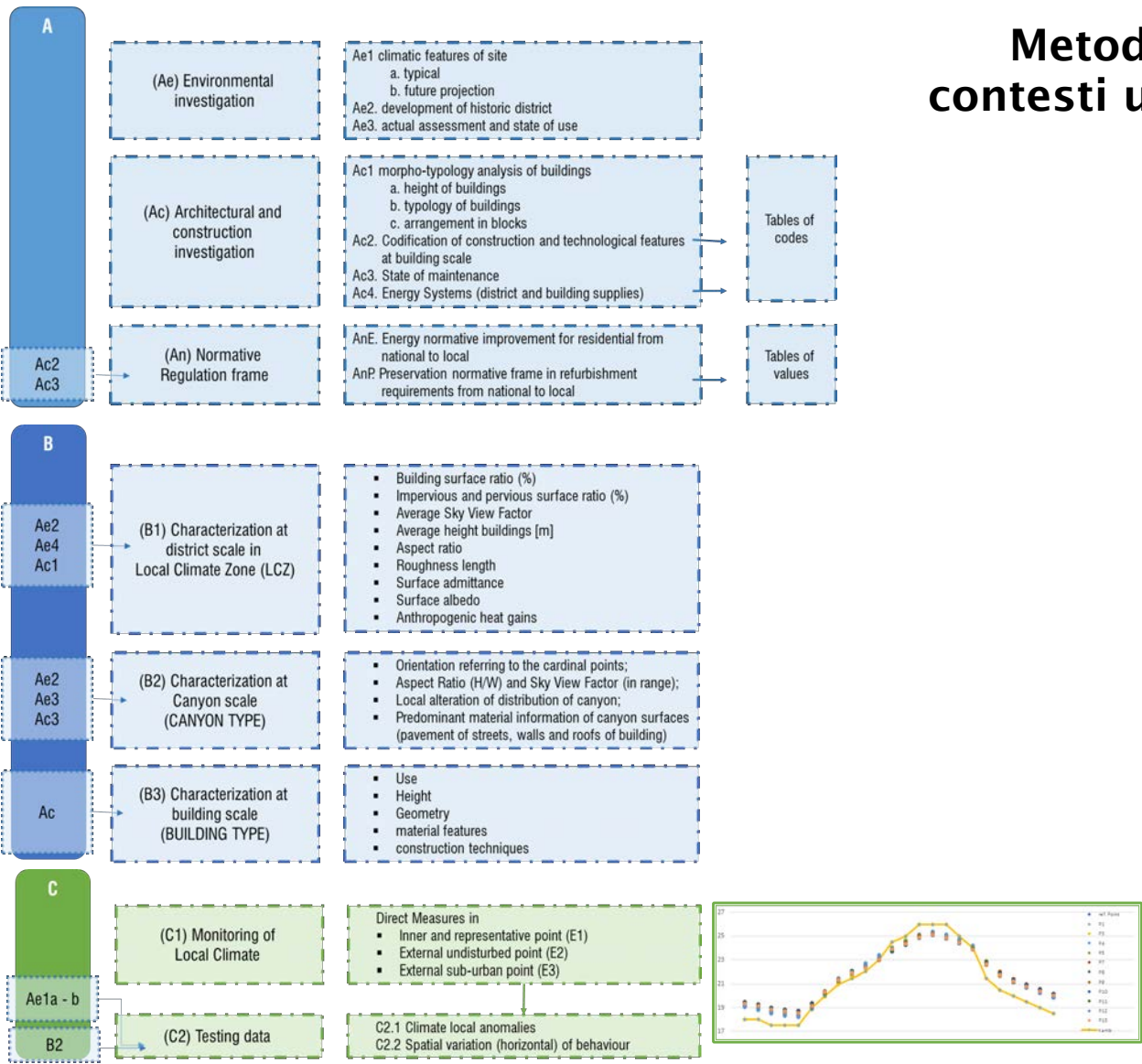
- Ambientale
- Costruito
- Quadro normativo

## B - FASE di TASSONOMIA

- Codificazione dei dati
- Distretto
- Canyon
- Edificio

# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

CONOSCENZA



## A - FASE CONOSCITIVA

- Ambientale
- Costruito
- Quadro normativo

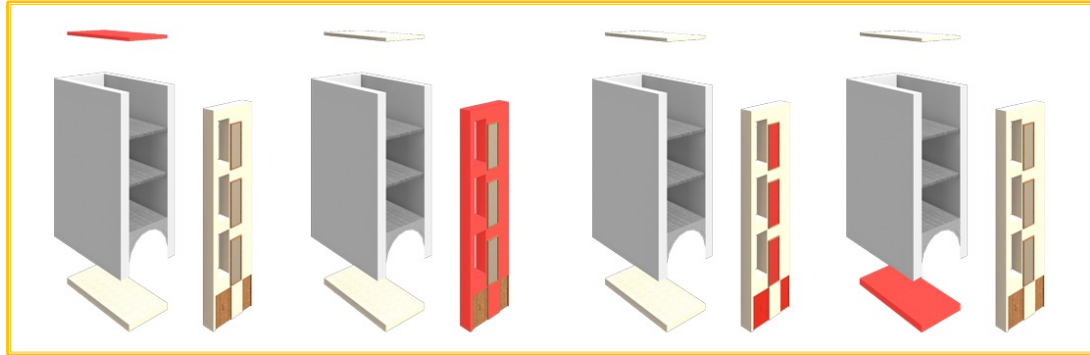
## B - FASE di TASSONOMIA

- Codificazione dei dati
- Distretto
- Canyon
- Edificio

## C - MONITORAGGIO E TEST CLIMATICO

- Caratteri climatici locali ricorrenti IN/OUT
- Anomalie

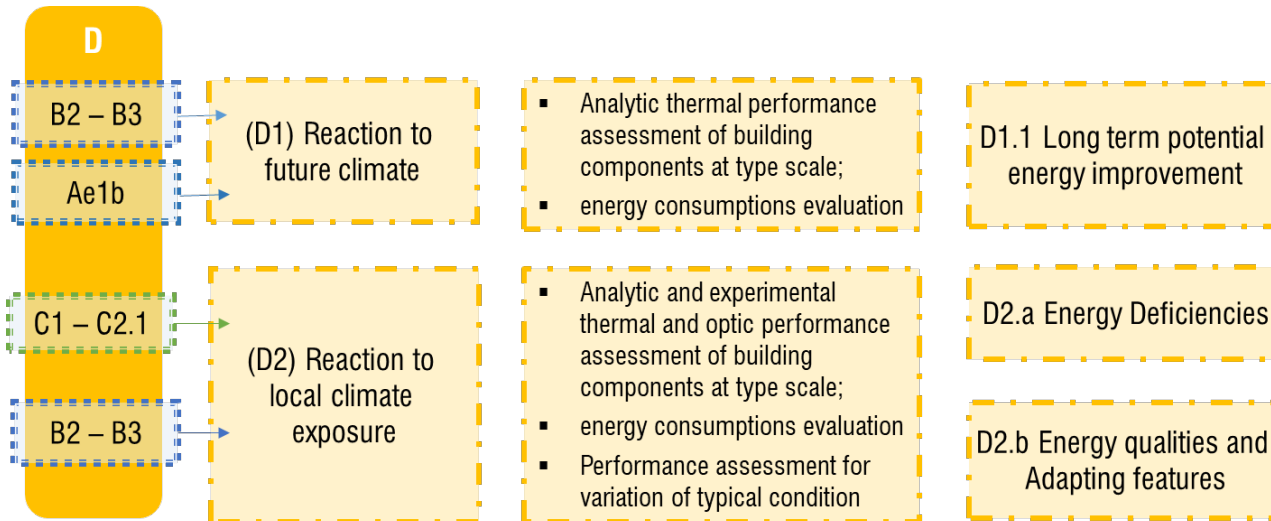
# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea



## D - FASE DIAGNOSTICA

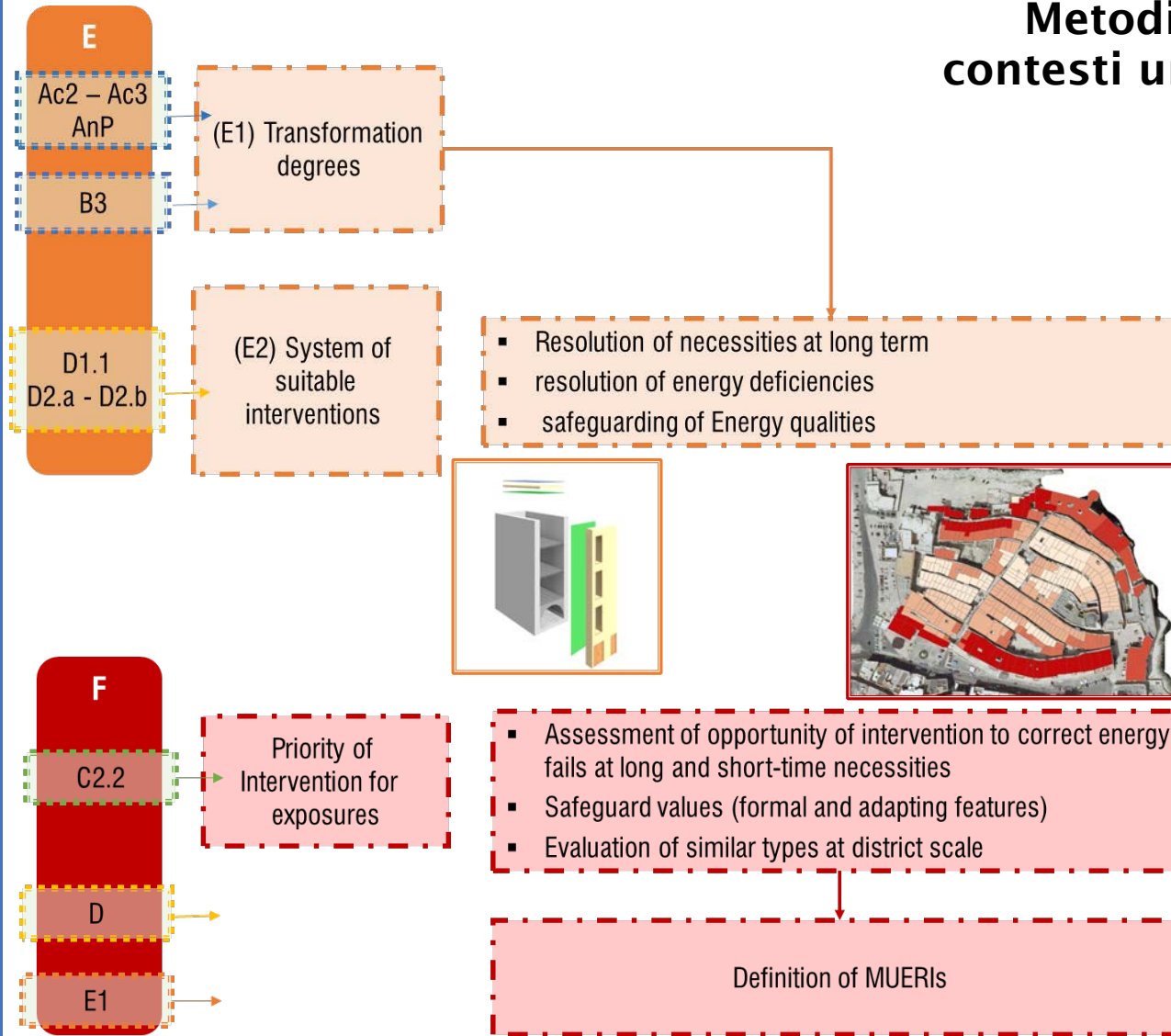
- valutazione dei deficit e energetici e delle elementi positivi del sistema edificio-canyon, e la caratterizzazione degli elementi critici del fabbricato «tipo» rispetto
- al clima locale tipico e futuro (IPCC),
  - al microclima tipico e non,
  - ai caratteri termici e fisici dell'involucro edilizio

DIAGNOSI



# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

INTERVENTI



# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

L'uso dei tipi per il benchmark energetico del costruito: i casi di Bari Vecchia e Molfetta



# Metodi e strategie di Energy Retrofit di edifici in contesti urbani a carattere storico in area mediterranea

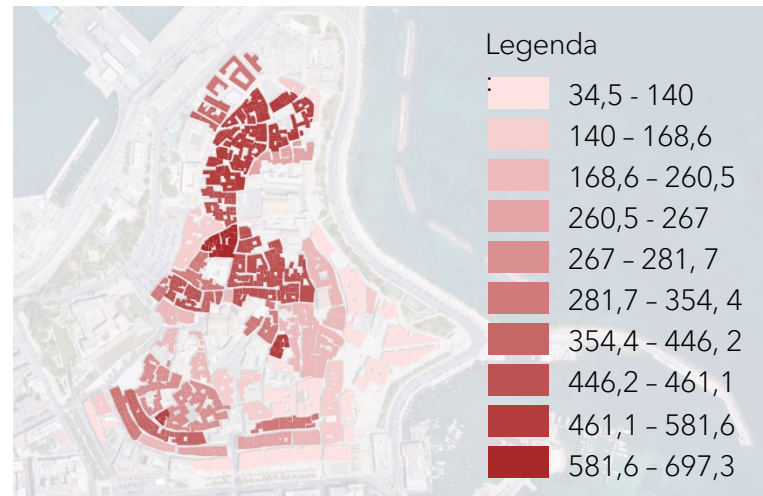
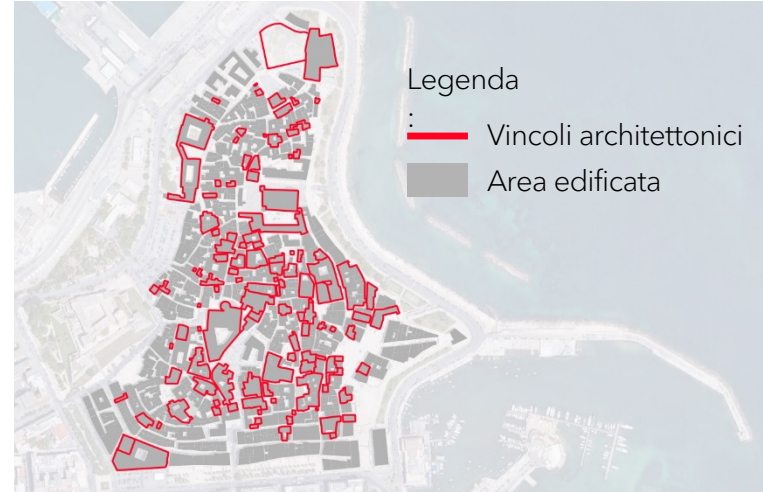
L'uso dei tipi per il benchmark energetico del costruito: i casi di Bari Vecchia e Molfetta



GIOVINAZZO

MONOPOLI

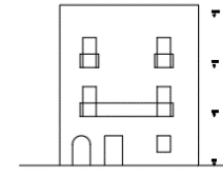
# L'uso dei tipi per il benchmark energetico del costruito: i casi di Bari Vecchia e Molfetta



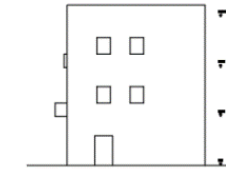
# L'uso dei tipi per il benchmark energetico del costruito: i casi di Bari Vecchia e Molfetta



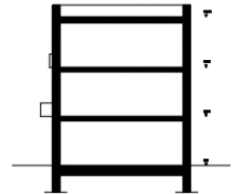
Prospetto SUD



Prospetto EST



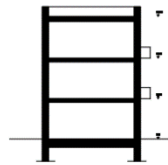
Sezione A-A'



Prospetto EST

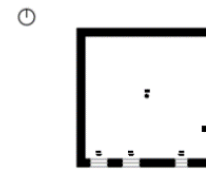


Sezione A-A'

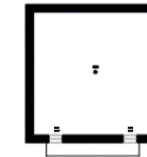


*Torre Intermedia (T1) esposizione a Sud - Molfetta*

Pianta P0



Pianta P1

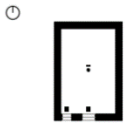


Pianta P2



*Linea con esposizione Nord-Ovest (L1) Sud-Est (L2) - Bari*

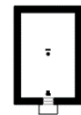
Pianta P0



Pianta P1



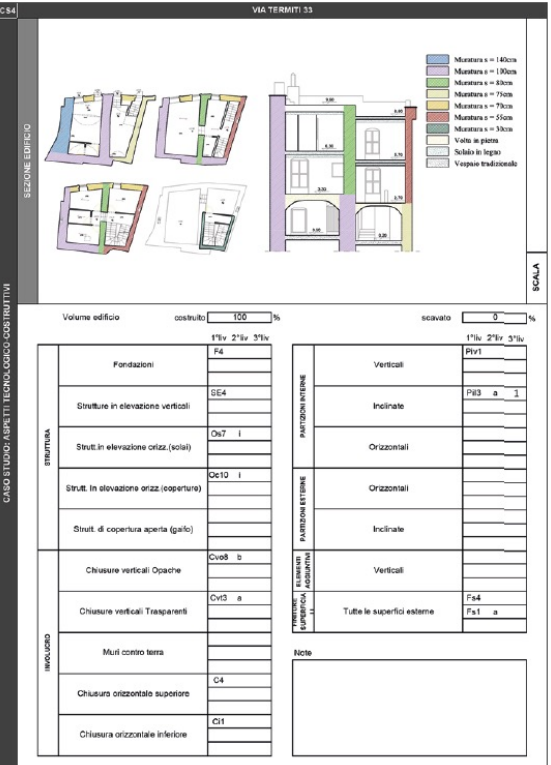
Pianta P2



*Monocellulare con esposizione Est (M1) - Bari*



# L'uso dei tipi per il benchmark energetico del costruito: i casi di Bari Vecchia e Molfetta

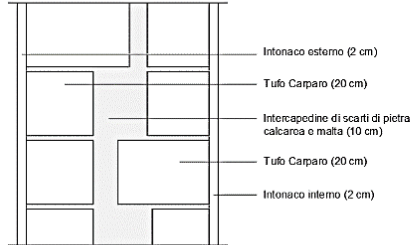


CASO STUDIO ASPETTI TECNOLOGICO-COSTRUTTIVI		CASO STUDIO ASPETTI TECNOLOGICO-COSTRUTTIVI	
SELEZIONARE	DESCRIZIONE	SELEZIONARE	DESCRIZIONE
1	Intonaco esterno a spessore	1	Intonaco
2	Malta di accostamento	2	Malta di accostamento
3	Mattoni	3	Mattoni
4	Malta di accostamento	4	Malta di accostamento
5	Malta di accostamento	5	Malta di accostamento
6	Malta di accostamento	6	Malta di accostamento
7	Malta di accostamento	7	Malta di accostamento
8	Malta di accostamento	8	Malta di accostamento
9	Malta di accostamento	9	Malta di accostamento
10	Malta di accostamento	10	Malta di accostamento
11	Malta di accostamento	11	Malta di accostamento
12	Malta di accostamento	12	Malta di accostamento
13	Malta di accostamento	13	Malta di accostamento
14	Malta di accostamento	14	Malta di accostamento
15	Malta di accostamento	15	Malta di accostamento
16	Malta di accostamento	16	Malta di accostamento
17	Malta di accostamento	17	Malta di accostamento
18	Malta di accostamento	18	Malta di accostamento
19	Malta di accostamento	19	Malta di accostamento
20	Malta di accostamento	20	Malta di accostamento
21	Malta di accostamento	21	Malta di accostamento
22	Malta di accostamento	22	Malta di accostamento
23	Malta di accostamento	23	Malta di accostamento
24	Malta di accostamento	24	Malta di accostamento
25	Malta di accostamento	25	Malta di accostamento
26	Malta di accostamento	26	Malta di accostamento
27	Malta di accostamento	27	Malta di accostamento
28	Malta di accostamento	28	Malta di accostamento
29	Malta di accostamento	29	Malta di accostamento
30	Malta di accostamento	30	Malta di accostamento
31	Malta di accostamento	31	Malta di accostamento
32	Malta di accostamento	32	Malta di accostamento
33	Malta di accostamento	33	Malta di accostamento
34	Malta di accostamento	34	Malta di accostamento
35	Malta di accostamento	35	Malta di accostamento
36	Malta di accostamento	36	Malta di accostamento
37	Malta di accostamento	37	Malta di accostamento
38	Malta di accostamento	38	Malta di accostamento
39	Malta di accostamento	39	Malta di accostamento
40	Malta di accostamento	40	Malta di accostamento
41	Malta di accostamento	41	Malta di accostamento
42	Malta di accostamento	42	Malta di accostamento
43	Malta di accostamento	43	Malta di accostamento
44	Malta di accostamento	44	Malta di accostamento
45	Malta di accostamento	45	Malta di accostamento
46	Malta di accostamento	46	Malta di accostamento
47	Malta di accostamento	47	Malta di accostamento
48	Malta di accostamento	48	Malta di accostamento
49	Malta di accostamento	49	Malta di accostamento
50	Malta di accostamento	50	Malta di accostamento
51	Malta di accostamento	51	Malta di accostamento
52	Malta di accostamento	52	Malta di accostamento
53	Malta di accostamento	53	Malta di accostamento
54	Malta di accostamento	54	Malta di accostamento
55	Malta di accostamento	55	Malta di accostamento
56	Malta di accostamento	56	Malta di accostamento
57	Malta di accostamento	57	Malta di accostamento
58	Malta di accostamento	58	Malta di accostamento
59	Malta di accostamento	59	Malta di accostamento
60	Malta di accostamento	60	Malta di accostamento
61	Malta di accostamento	61	Malta di accostamento
62	Malta di accostamento	62	Malta di accostamento
63	Malta di accostamento	63	Malta di accostamento
64	Malta di accostamento	64	Malta di accostamento
65	Malta di accostamento	65	Malta di accostamento
66	Malta di accostamento	66	Malta di accostamento
67	Malta di accostamento	67	Malta di accostamento
68	Malta di accostamento	68	Malta di accostamento
69	Malta di accostamento	69	Malta di accostamento
70	Malta di accostamento	70	Malta di accostamento
71	Malta di accostamento	71	Malta di accostamento
72	Malta di accostamento	72	Malta di accostamento
73	Malta di accostamento	73	Malta di accostamento
74	Malta di accostamento	74	Malta di accostamento
75	Malta di accostamento	75	Malta di accostamento
76	Malta di accostamento	76	Malta di accostamento
77	Malta di accostamento	77	Malta di accostamento
78	Malta di accostamento	78	Malta di accostamento
79	Malta di accostamento	79	Malta di accostamento
80	Malta di accostamento	80	Malta di accostamento
81	Malta di accostamento	81	Malta di accostamento
82	Malta di accostamento	82	Malta di accostamento
83	Malta di accostamento	83	Malta di accostamento
84	Malta di accostamento	84	Malta di accostamento
85	Malta di accostamento	85	Malta di accostamento
86	Malta di accostamento	86	Malta di accostamento
87	Malta di accostamento	87	Malta di accostamento
88	Malta di accostamento	88	Malta di accostamento
89	Malta di accostamento	89	Malta di accostamento
90	Malta di accostamento	90	Malta di accostamento
91	Malta di accostamento	91	Malta di accostamento
92	Malta di accostamento	92	Malta di accostamento
93	Malta di accostamento	93	Malta di accostamento
94	Malta di accostamento	94	Malta di accostamento
95	Malta di accostamento	95	Malta di accostamento
96	Malta di accostamento	96	Malta di accostamento
97	Malta di accostamento	97	Malta di accostamento
98	Malta di accostamento	98	Malta di accostamento
99	Malta di accostamento	99	Malta di accostamento
100	Malta di accostamento	100	Malta di accostamento



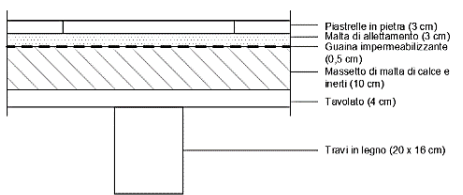
$U = 4.97 \text{ W/m}^2\text{K}$

Chiusura verticale opaca



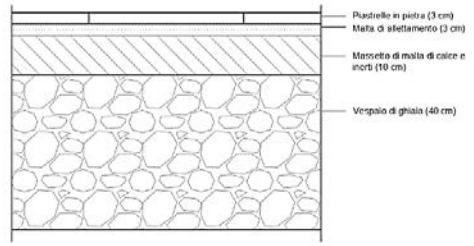
$U = 0.888 \text{ W/m}^2\text{K}$

Chiusura orizzontale di copertura



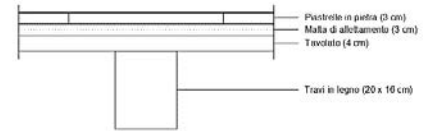
$U = 0.887 \text{ W/m}^2\text{K}$

Chiusura orizzontale inferiore



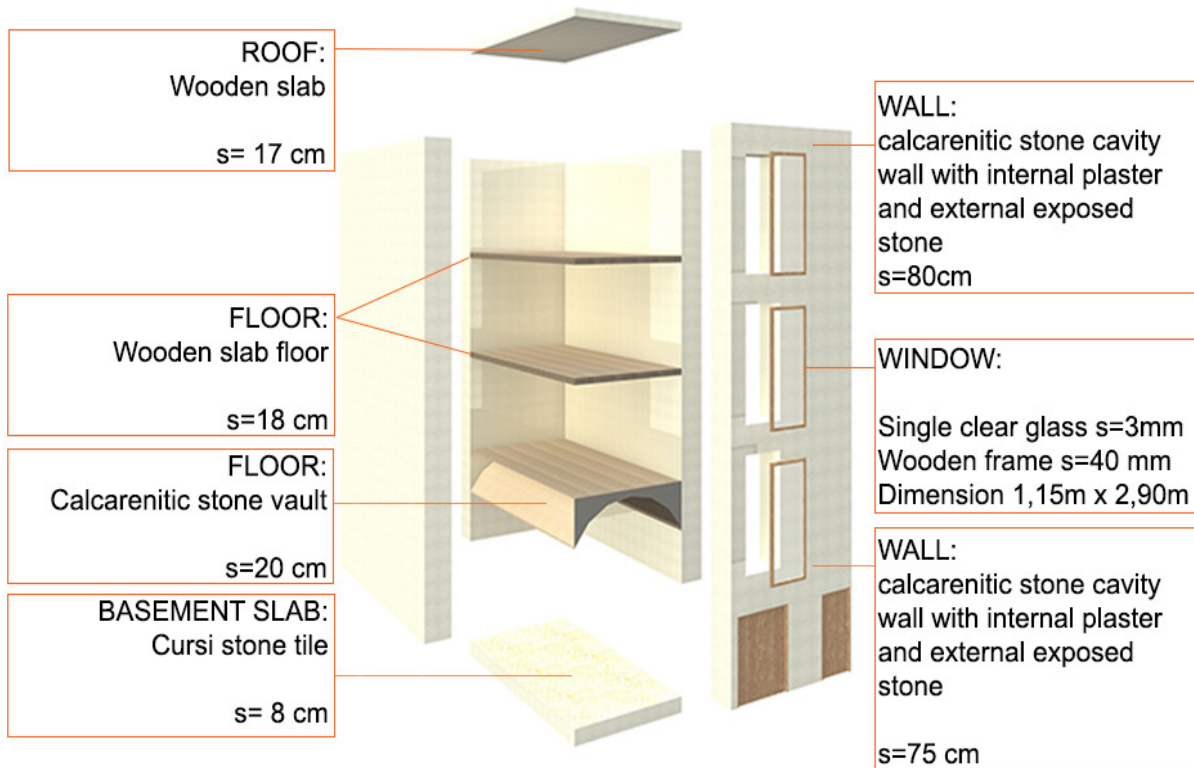
$U = 3.797 \text{ W/m}^2\text{K}$

Solaio intermedio



$U = 0.987 \text{ W/m}^2\text{K}$

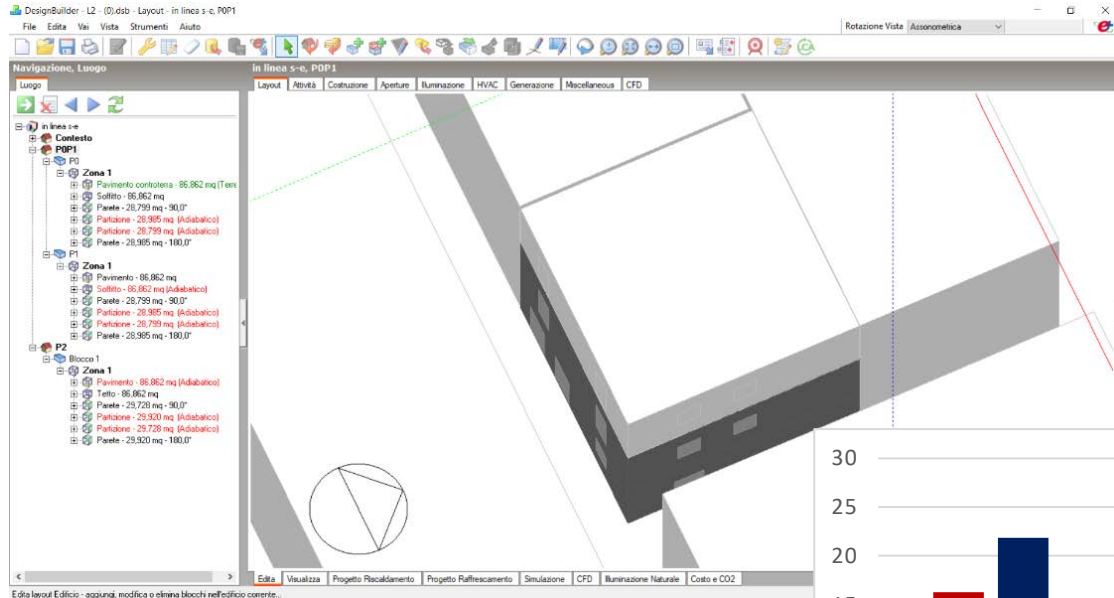
# L'uso dei tipi per il benchmark energetico del costruito: i casi di Bari Vecchia e Molfetta



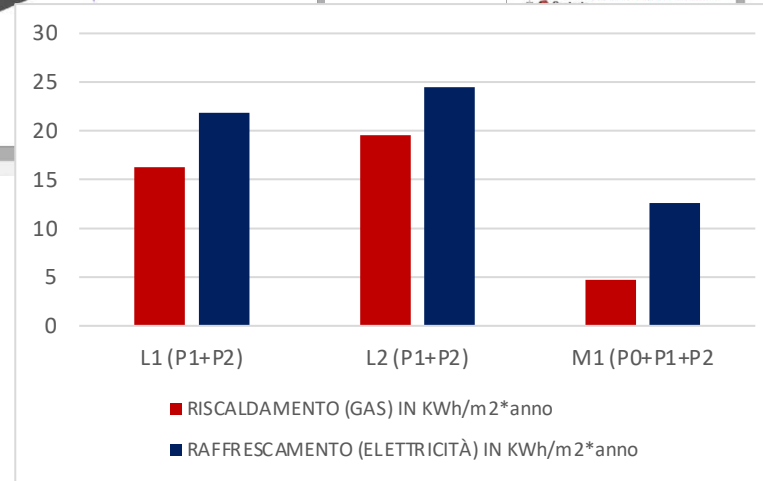
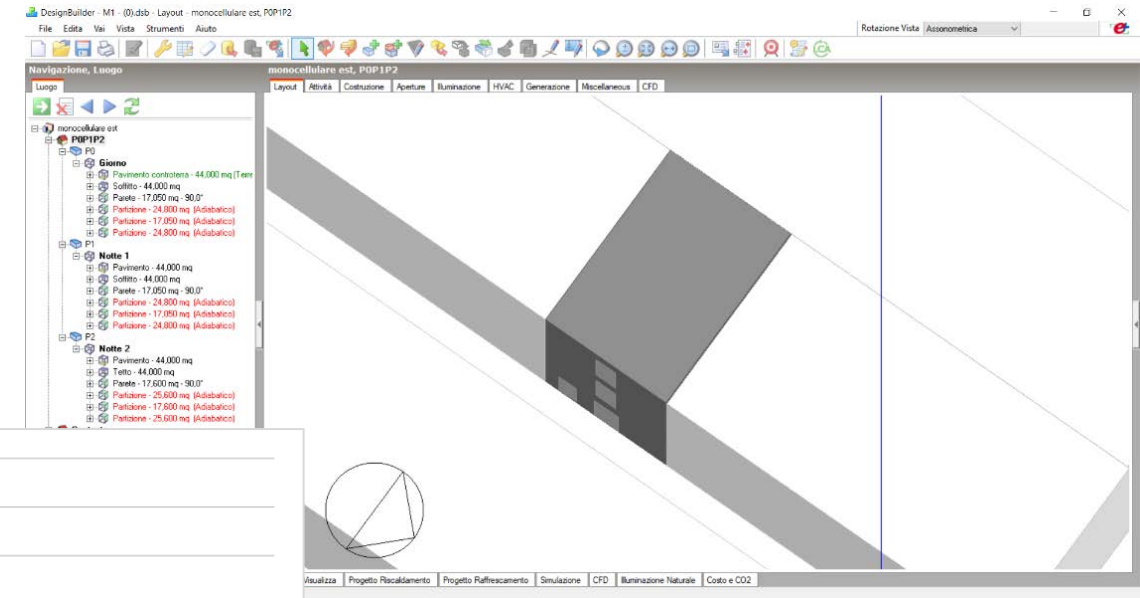
Building-type	Component	Thickness [m]	Current thermal conductance [W/m <sup>2</sup> K]	phase shift $\tau$ / attenuation of thermal wave $\sigma$	Normative threshold [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Middle house</b>	Wall	0,75	2	12h / 0.7	0,38
	Roof	0,17	2,83		0,36
	Basement slab	0,08	1,83		0,40
	Window	-	5,4		2,40

# L'uso dei tipi per il benchmark energetico del costruito: i casi di Bari Vecchia e Molfetta

## Linea con esposizione Nord-Ovest (L1) Sud-Est (L2)

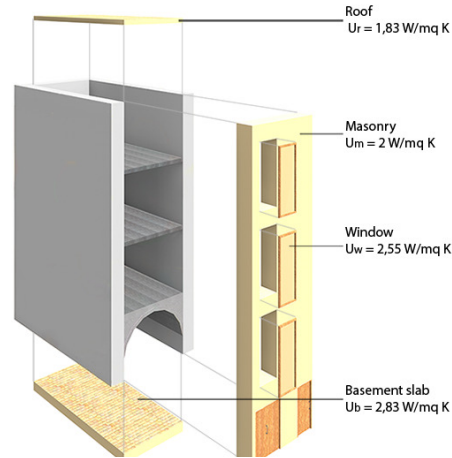


## Monocellulare con esposizione Est (M1)

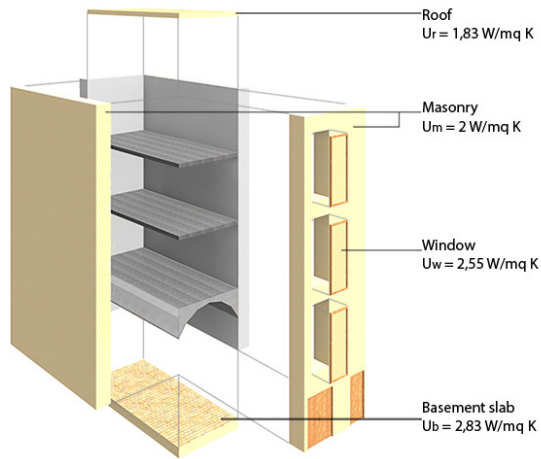


Livelli di benchmark dei tipi ricorrenti per condizioni energetico-espositive di base

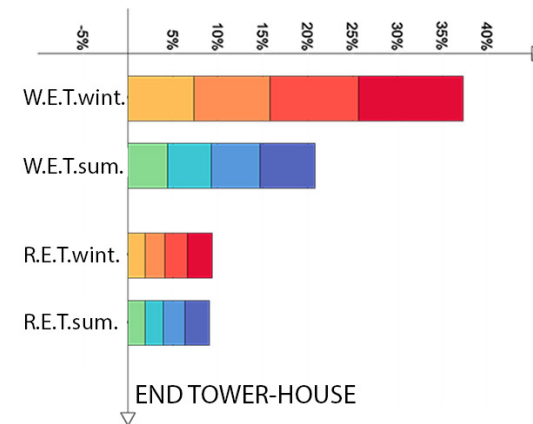
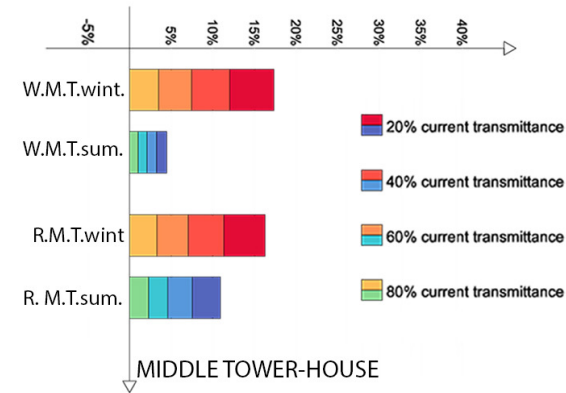
# L'uso dei tipi per il benchmark energetico del costruito: i casi di Bari Vecchia e Molfetta



*Middle tower-house model*



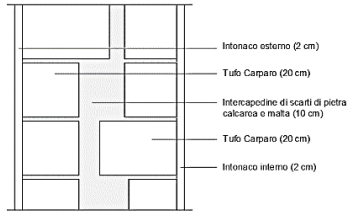
*End tower-house model*



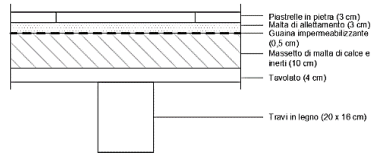
Livelli di benchmark del tipo ricorrente per condizioni energetico-espositive variabili nello spazio

# L'uso dei tipi per il benchmark energetico del costruito: i casi di Bari Vecchia e Molfetta

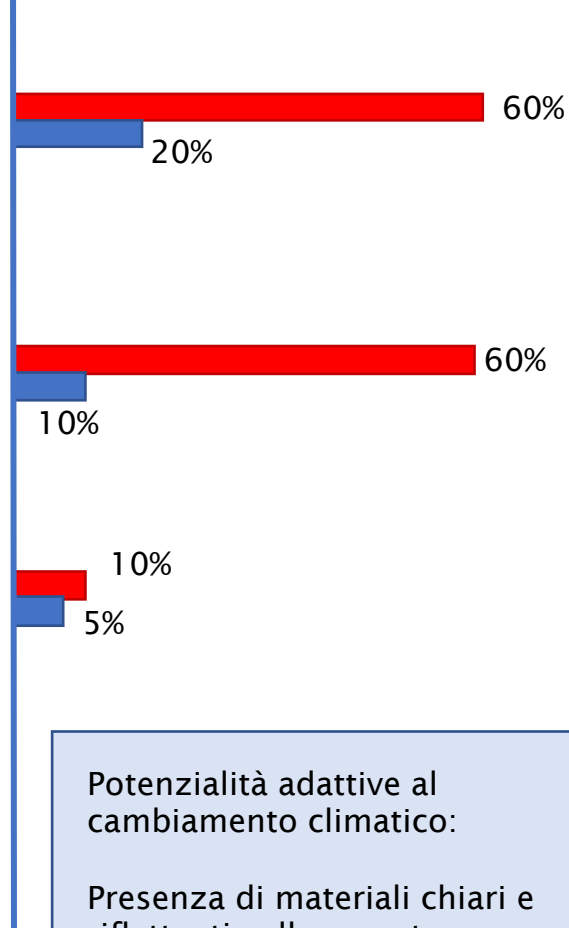
Chiusura verticale opaca



Chiusura orizzontale di copertura

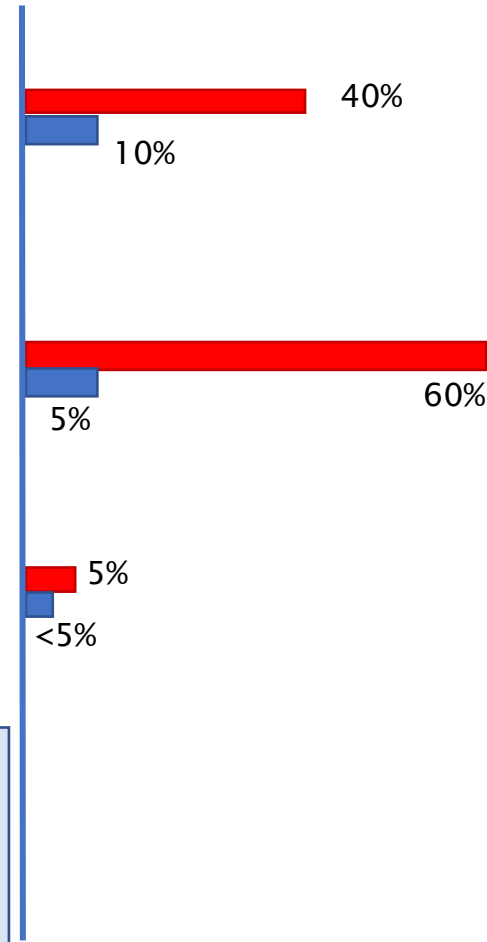


Riduzione consumi medi di L1 L2 (Bari)

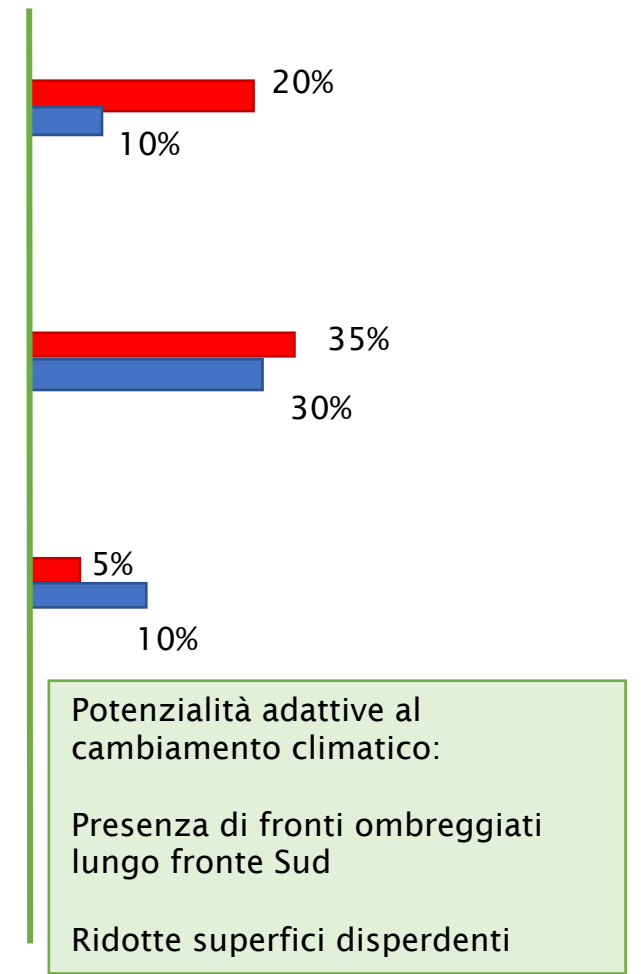


Potenzialità adattive al cambiamento climatico:  
 Presenza di materiali chiari e riflettenti sulle coperture  
 Presenza di fronti ombreggiati esterni

Riduzione consumi medi di M1 (Bari)



Riduzione consumi medi di T1 - Molfetta



Potenzialità adattive al cambiamento climatico:  
 Presenza di fronti ombreggiati lungo fronte Sud  
 Ridotte superfici disperdenti

"La conversione green del patrimonio storico"

Qualificazione delle strategie di intervento per livelli intrinseci di trasformabilità dei sub-sistemi

## Grado di trasformabilità dell'esistente

*“indicatore della capacità dell'organismo edilizio o di parti di esso di subire modificazioni finalizzate al ripristino e miglioramento delle prestazioni in funzione del soddisfacimento di determinati requisiti”.*

La **compatibilità** non si limita a descrivere un'attitudine ma serve ad esprimere un giudizio di valore

- sul rapporto che gli interventi stabiliscono con l'esistente (**la qualità di relazione**)
- sulle caratteristiche intrinseche degli stessi interventi (**la qualità propria**)

*compatibilità operativa* (definisce i requisiti di operabilità della modalità di azione nella fase realizzativa);

*compatibilità intrinseca* (valuta la qualità propria della modalità di azione e dunque degli elementi di nuova introduzione);

*compatibilità di comportamento* (esprime la qualità funzionale della modalità di azione ovvero il comportamento dell'intervento rispetto al preesistente in relazione alle esigenze prestazionali);

*compatibilità di durata* (definisce l'attitudine della modalità di azione a realizzare interventi che mantengano nel tempo i prestabiliti livelli prestazionali);

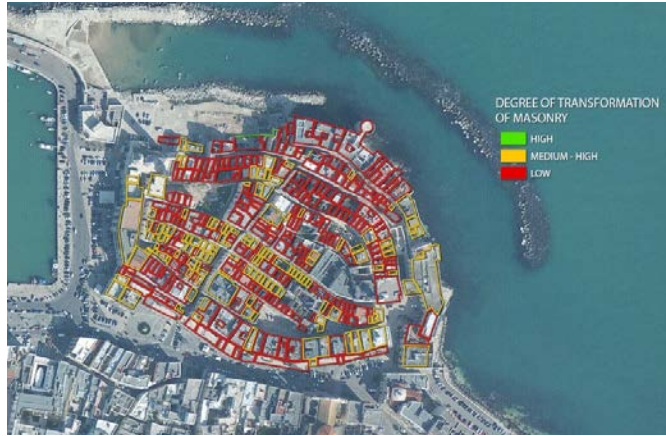
*compatibilità di gestione* (misura la facilità di gestione dei sistemi realizzati dalla modalità di azione);

*compatibilità di salvaguardia dell'ambiente* (valuta le condizioni di impatto della modalità di azione sul contesto ambientale esterno).

L'**appropriatezza** rispetto alla compatibilità si presta meglio a definire nel complesso la congruenza di una modalità di azione, in quanto **non contrappone esistente ed intervento di recupero come due fattori autonomi, ma li valuta nel loro reciproco condizionarsi.**

# Qualificazione delle strategie di intervento per livelli intrinseci di trasformabilità dei sub-sistemi

## ❖ Chiusure verticali

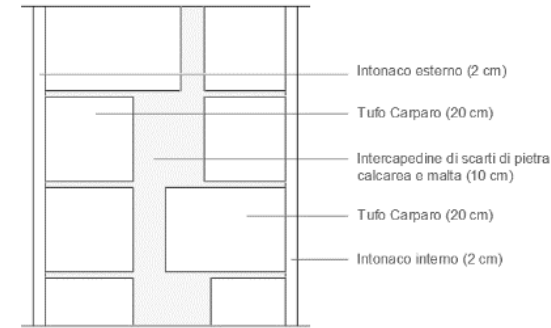


**HIGH**  
walls severely damaged or collapsed  
➤ *intervention = reconstruction*

**MEDIUM - HIGH**  
plastered walls  
➤ *intervention should concern the replacement of the original finishing with compatible layers*

**LOW**  
unplastered walls  
➤ *intervention is limited by the conservation requirements.*

Chiusura verticale opaca



### [T.W.M-H] MEDIO-ALTO

Murature intonacate prive di valore formale per le quali la sostituzione è consentita nel rispetto delle colorazioni previste, integrandola con strati compatibili (come nel caso del Wa1);

### [T.R.L-M] MEDIO-BASSO

Coperture caratterizzate da vincoli formali interni ed esterni nonché definite per la presenza di pavimentazioni di particolare pregio; per esse l'intervento richiede la conservazione di queste, secondo un processo di rimozione, pulizia e riposizionamento in opera finale; nel dettaglio, ci si riferisce alle pavimentazioni in chiancarelle (Cex.b).

## ❖ Coperture

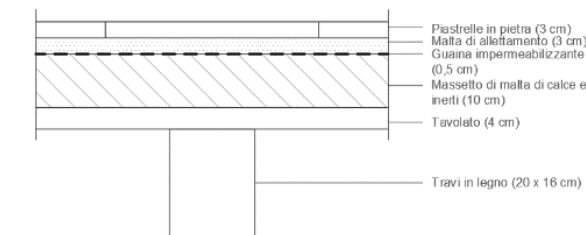


**HIGH**  
roofs severely damaged or collapsed  
➤ *intervention = reconstruction*

**MEDIUM**  
roofs covered by waterproofing layer  
➤ *construction of a compatible finishing might be required*

**LOW-MEDIUM**  
roofs covered by original or valuable roof tiles  
➤ *intervention should preserve the formal and material identity of the external finishing*

Chiusura orizzontale di copertura



Qualificazione delle strategie di intervento per livelli intrinseci di trasformabilità dei sub-sistemi

**L'appropriatezza** - letta nel modo in cui si relazionano l'edificio, con la sua consistenza storica e materica, e le alternative utilizzazioni - **diventa il più importante parametro di valutazione delle trasformazioni dell'esistente.**

la **configurazione del preesistente** (la "opportunità architettonica" di successive trasformazioni)

la **nuova destinazione d'uso** (la sua "appetività")

la **costruzione** (l'aspetto "oggettivo" della sua realtà)

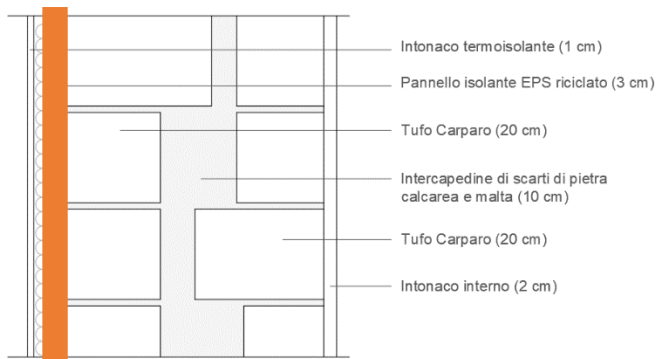
la **modalità della trasformazione** (la "opportunità storica")

L'**appropriatezza** di una modalità di azione di recupero dell'esistente risulta dipendere dal soddisfacimento di due condizioni:

- il **non stravolgimento della "logica propria" (formale-spaziale-materica) del preesistente**
- la **continuità con la "logica modale" (cioè processuale) che esso rispecchia**



## Qualificazione delle soluzioni di intervento (linee guida)



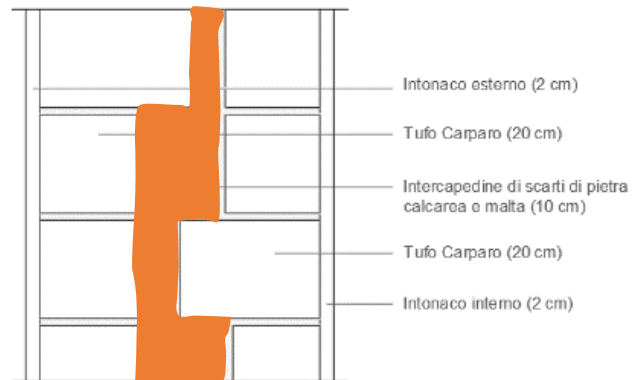
[I.Wa.1] l'inserimento di materassini isolanti altamente performanti lungo il fronte esterno al fine di contenere gli spessori finali (aerogel, VIP), associando l'uso di intonaci termoisolanti; per spessori compatibili con l'obiettivo termico, i pannelli costituiti da materiali naturali e/o riciclabili sono consentiti



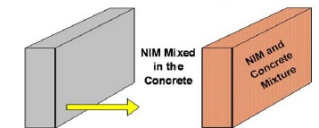
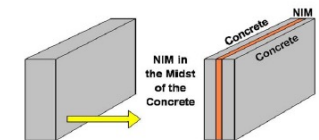
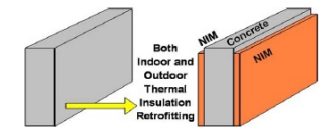
Materiali naturali



Materiali innovativi (aerogel)



[I.Wa.2] l'introduzione di miscele isolanti nella cavità compresa tra i due paramenti murari (sacco) - calci idrauliche con nanoparticelle - per le murature facciavista; è preferibile evitare l'inserimento di pannelli di isolamento lungo le superfici interne per preservare l'elevata inerzia termica e di prevenire condensazione interstiziale



# Strategie di Energy Retrofit per priorità

## Identificazione delle Unità Minime di Intervento Energetico

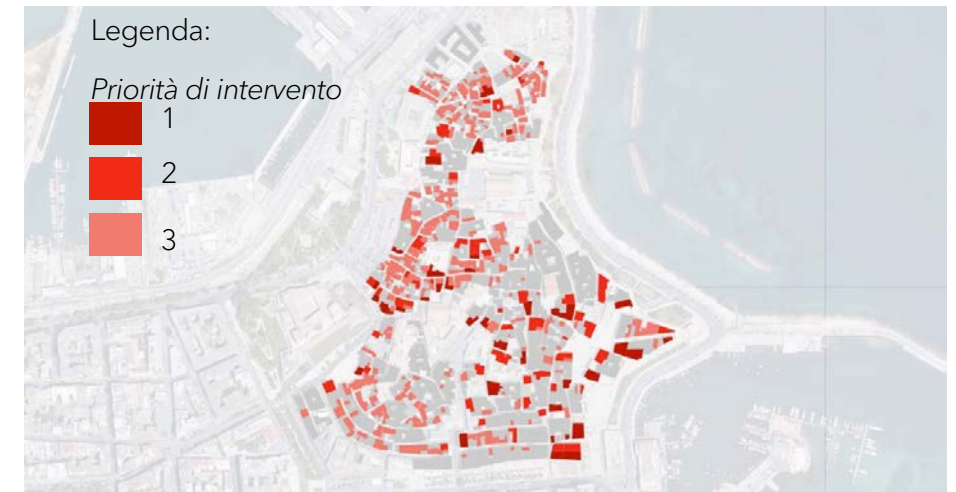


ID GEOCLUSTER: Molfetta (BA), Italia, 0 - 143 m s.l.m. 41° 12' 00" N, 16° 36' 00" E		CLASSIFICAZIONE CLIMATICA: 1202 G.G., ZONA C (D.P.R. 142/998)		NORMATIVA ENERGETICA: Decreto Interministeriale 26 Giugno 2015	
M.U.E.I. CODE: 7					
COMBINAZIONE DI AZIONI	SUB-SISTEMA	GRADO TRASF.	AZIONE		
	Chiusura Verticale Opaca [Wa1]	T.W.M-H	[I.Wa.1]	aumento della Trasmittanza termica della chiusura	
	Chiusura di Copertura [C.in - C.ex.c]	T.R.L-M	[L.C.Th.1] [L.C.Ti]	aumento della trasmittanza termica; aumento dell'inerzia termica	
	Impianti riscaldamento - raffrescamento [S_H1 - S_C1]	T.S.H	[I.S.1]	manutenzione e/o sostituzione degli impianti ad alto rendimento	

ID GEOCLUSTER: Molfetta (BA), Italia, 0 - 143 m s.l.m. 41° 12' 00" N, 16° 36' 00" E		CLASSIFICAZIONE CLIMATICA: 1202 G.G., ZONA C (D.P.R. 142/999)		NORMATIVA ENERGETICA: Decreto Interministeriale 26 Giugno 2015	
M.U.E.I. CODE: 7					
CODICE DEL COMPONENTE: Wal	Stato di conservazione: Buono	Caratteri dominanti: Elevata inerzia termica	SISTEMI COMPATIBILI DI INTERVENTO	MATERIALI E LINEE GUIDA	
			[I.Wa1] Isolamento termico esterno	Utilizzare pannelli di materiale isolante naturale e riciclabile (es. sughero, lana di vetro, $\lambda=0.04-0.05$ W/mK) nel caso di incremento di spessore del paramento marario entro i 5 cm	Per il fissaggio dei pannelli non è possibile utilizzare tasselli metallici i plastici per preservare l'elemento lapideo. l'incollaggio è consentito previa verifica della compatibilità fisico-chimica con il paramento. I pannelli saranno rivestiti di intonaco avesti le stesse caratteristiche di quello rimosso (colore, materiale e spessore)
Grado di Trasformabilità: T.W.M-L			Utilizzare pannelli di materiale isolante ad alte prestazioni (es. Aerogel, $\lambda=0.015$ W/mK) qualora l'intervento di retrofit energetico del componente determini un incremento dello spessore del paramento superiore ai 5 cm con i materiali tradizionali	Per il fissaggio dei pannelli non è possibile utilizzare tasselli metallici i plastici per preservare l'elemento lapideo. l'incollaggio è consentito previa verifica della compatibilità fisico-chimica con il paramento. I pannelli saranno rivestiti di intonaco avesti le stesse caratteristiche di quello rimosso (colore, materiale e spessore)	

## Strategie di priorità per unità minime resilienti (Minimum Unity of Energy Resilient Intervention)

- Fattori di resilienza energetica
- Livelli di benchmark energetico dei tipi
- Livelli di trasformabilità dei sub-sistemi di involucro
- Livelli di adattabilità alle condizioni climatiche esterne



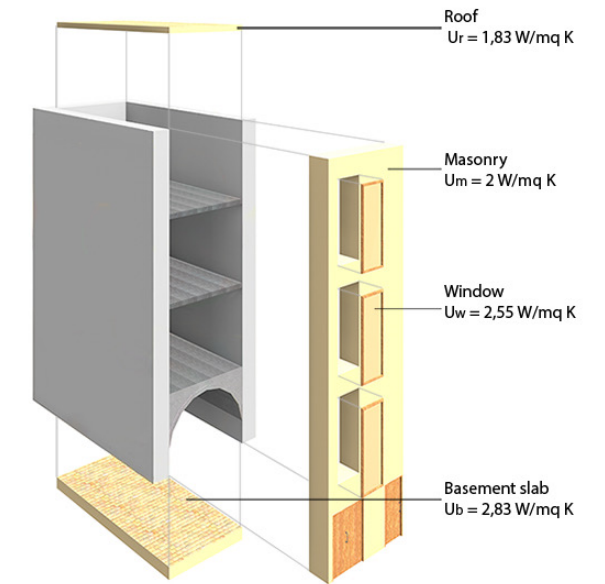
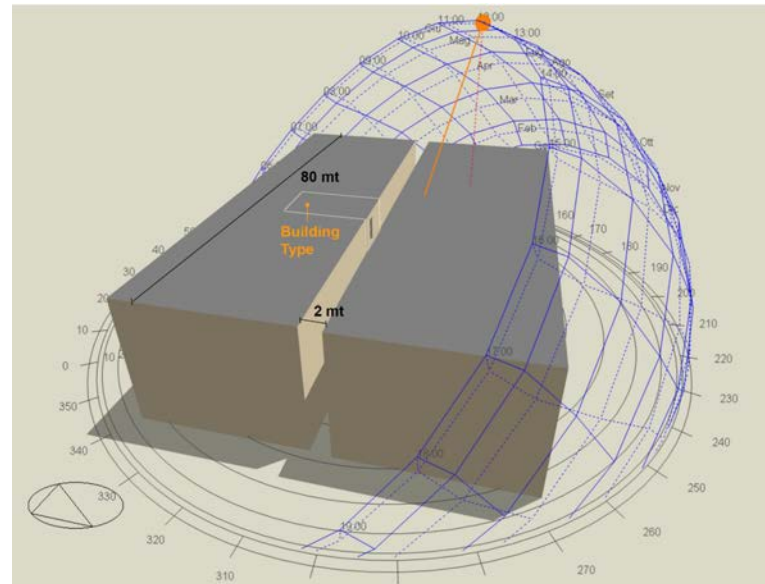
Qualificazione dei livelli di priorità per i tipi L1, L2 e M2 per classi ricorrenti di fattori di resilienza

# Valutazione degli effetti del cambiamento climatico sui consumi energetici del patrimonio storico

## Caso di Studio: Centro Storico di Molfetta

❑ SISTEMA EDIFICIO - CANYON TIPO «torre» INTERMEDIA IN ISOLATI LUNGHI E COMPATTI

❑ SCENARI IPCC (dati statistici locali)

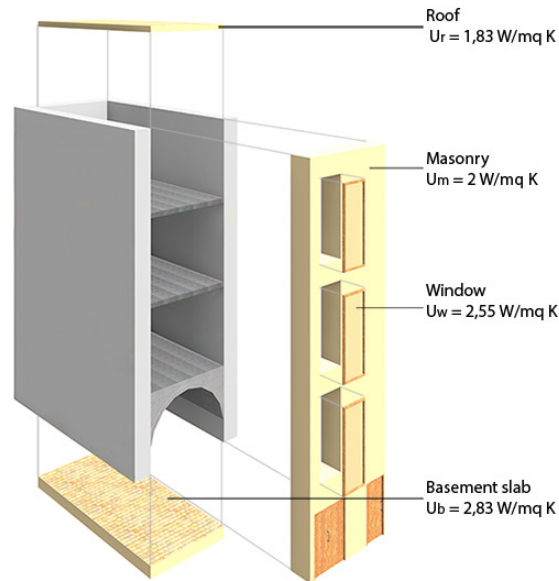


# Valutazione degli effetti del cambiamento climatico sui consumi energetici del patrimonio storico

## Caso di Studio: Centro Storico di Molfetta

❑ SISTEMA EDIFICIO - CANYON TIPO «torre» INTERMEDIA IN ISOLATI LUNGHI E COMPATTI

❑ SCENARI IPCC (dati statistici locali)



## Correzione del carattere termico U rispetto alla Normativa vigente

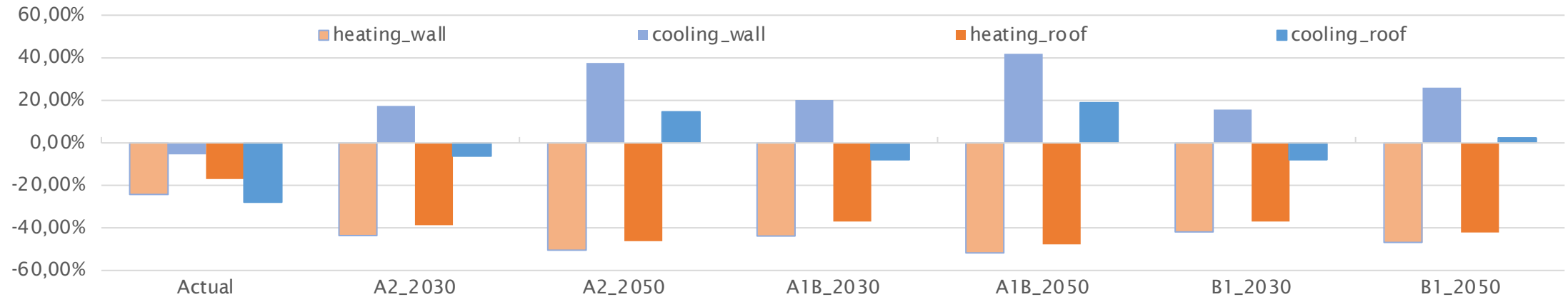
- Efficacia degli interventi su murature per il contenimento dei consumi invernali (Met\_Act -24%; -40% in A1B/B1\_2030; -50% in A1B/A2\_2050)
- Migliore reazione degli interventi su coperture in regime estivo attuale (-28%) che a medio/lungo termine (+19% in A1b\_2050 e -8% in B1/A1B\_2030)

# Valutazione degli effetti del cambiamento climatico sui consumi energetici del patrimonio storico

## Caso di Studio: Centro Storico di Molfetta

### Correzione del carattere termico U rispetto alla Normativa vigente

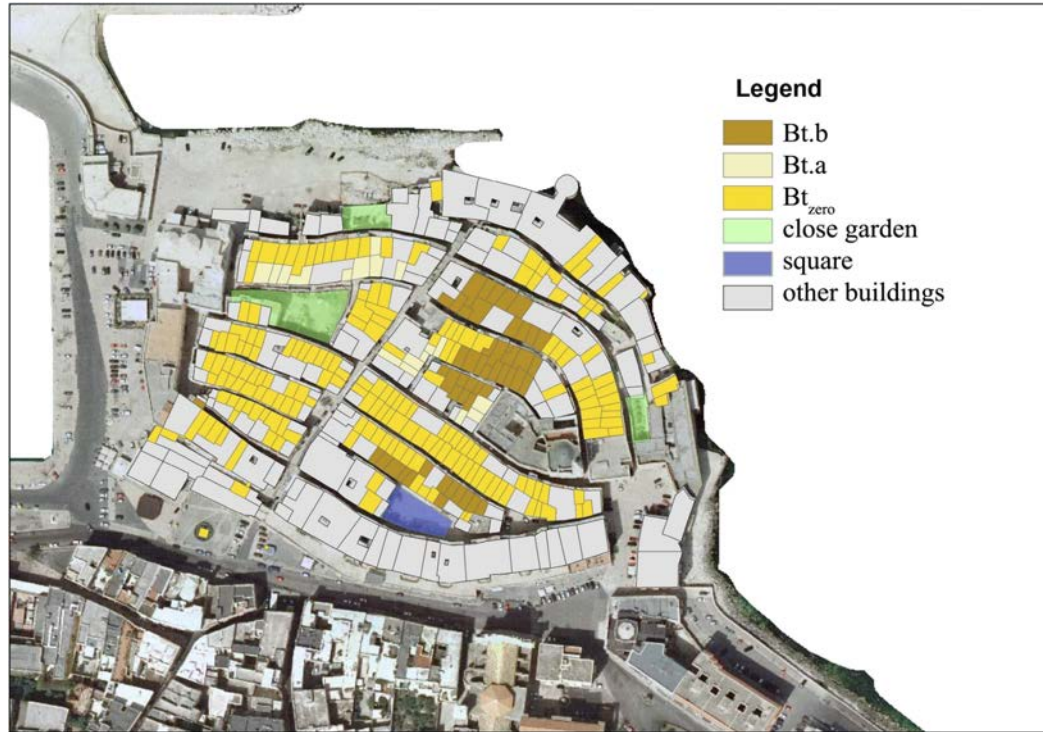
- Efficacia degli interventi su murature per il contenimento dei consumi invernali (Met\_Act -24%; -40% in A1B/B1\_2030; -50% in A1B/A2\_2050)
- Migliore reazione degli interventi su coperture in regime estivo attuale (-28%) che a medio/lungo termine (+19% in A1b\_2050 e -8% in B1/A1B\_2030)



# Valutazione degli effetti del cambiamento climatico sui consumi energetici del patrimonio storico

## Caso di Studio: Centro Storico di Molfetta

### ❑ SISTEMA EDIFICIO - CANYON TIPO «torre» INTERMEDIA IN ISOLATI LUNGI E COMPATTI



Adiacenza con edifici non in uso e differente stato manutentivo, affacci su piazze e giardini derivati da crollo di edificato

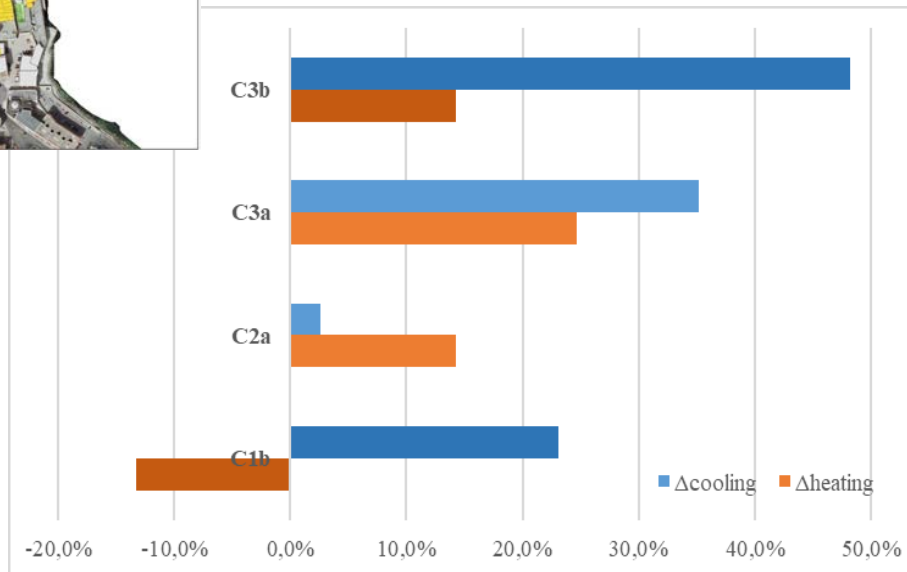
Combination of building systems	Tower house code	State of use	State of maintenance	Windows and Roof	Exposure front	
					Narrow street	open area
C1	Bt <sub>zero</sub>	Occupied	Medium	Present	C <sub>zero</sub>	C1b
	Bt <sub>zero</sub>	Occupied	Medium	Present		
C2	Bt <sub>zero</sub>	Occupied	Medium	Present	C2a	-
	Bt.a	Un-occupied	Medium	Present		
C3	Bt <sub>zero</sub>	Occupied	Medium	Present	C3a	C3b
	Bt.b	Un-occupied	Low	Absent		

# Valutazione degli effetti del cambiamento climatico sui consumi energetici del patrimonio storico

## Caso di Studio: Centro Storico di Molfetta

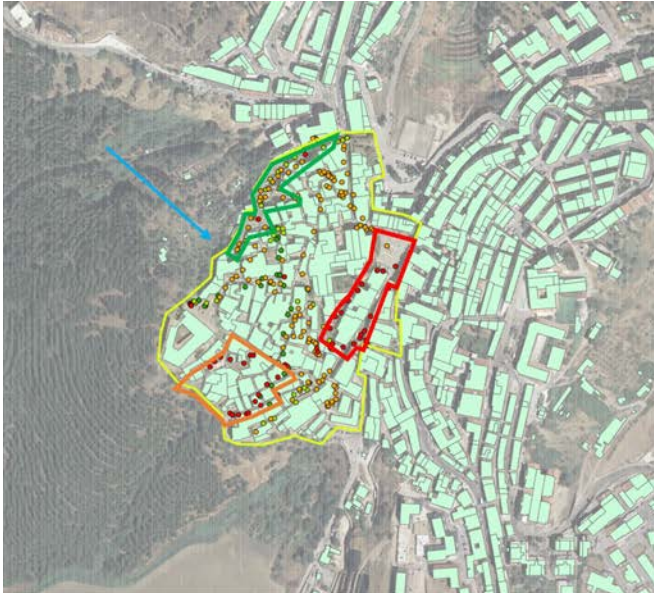
### ❑ SISTEMA EDIFICIO - CANYON TIPO «torre» INTERMEDIA IN ISOLATI LUNGI E COMPATTI

Combination of building systems	Tower house code	State of use	State of maintenance	Windows and Roof	Exposure front	
					Narrow street	open area
C1	Bt <sub>zero</sub>	Occupied	Medium	Present	C <sub>zero</sub>	C1b
	Bt <sub>zero</sub>	Occupied	Medium	Present		
C2	Bt <sub>zero</sub>	Occupied	Medium	Present	C2a	-
	Bt.a	Un-occupied	Medium	Present		
C3	Bt <sub>zero</sub>	Occupied	Medium	Present	C3a	C3b
	Bt.b	Un-occupied	Low	Absent		



1. L'adiacenza a edifici disabitati ma in buono stato di conservazione (C2a) **+14% energia per il riscaldamento**
2. L'adiacenza a edifici disabitati e in cattivo stato di conservazione (C3a): **+25% per riscaldamento e +35% per raffrescamento**
3. Perdita di fronti «ombreggianti» per collasso (C1b) **-13% di riscaldamento** (esposizione solare diretta) ma **+23% di raffrescamento**
4. Combinazione di adiacenza ad edifici non in uso, in cattivo stato manutentivo e prospicienti a fronti larghi post-crollo (C3b) **+48% raffrescamento**

# Valutazione dell'intensità di UHI nell'ambiente costruito storico



## IL CASO DI ASCOLI SATRIANO PER LA MODELLAZIONE DELLE STRATEGIE MITIGATIVE

### Criticità notturne

- Aree a traffico veicolare interne al nucleo (UHII  $\approx 1^\circ\text{C}$ )
- Aree a bassa compattezza con scarsa ventilazione e pavimentazione in porfido (UHII  $> 0.75$ )
- Aree a traffico veicolare esterne e pavimentazione in asfalto (UHII  $> 0.5^\circ\text{C}$ )



Valutazione delle aree compatte su modelli ridotti con software di modellazione micro-climatica (EnviMet)

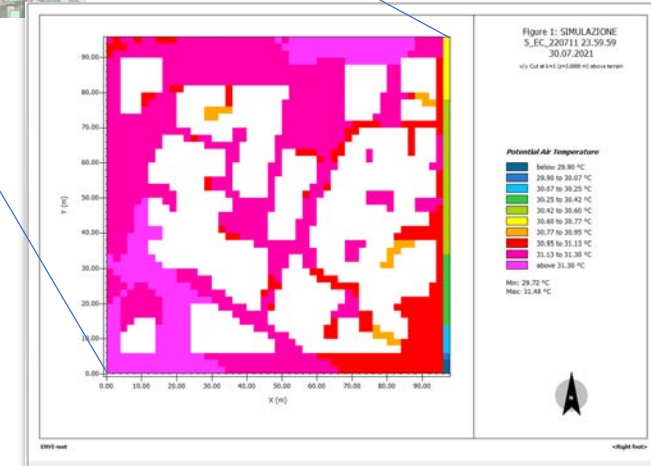
(GIS  $\rightarrow$  EnviMet; modello completo  $\rightarrow$  modello ridotto)



Campagna di acquisizione mediante dispositivi ambientali mobili e GPS (Luglio 2021)



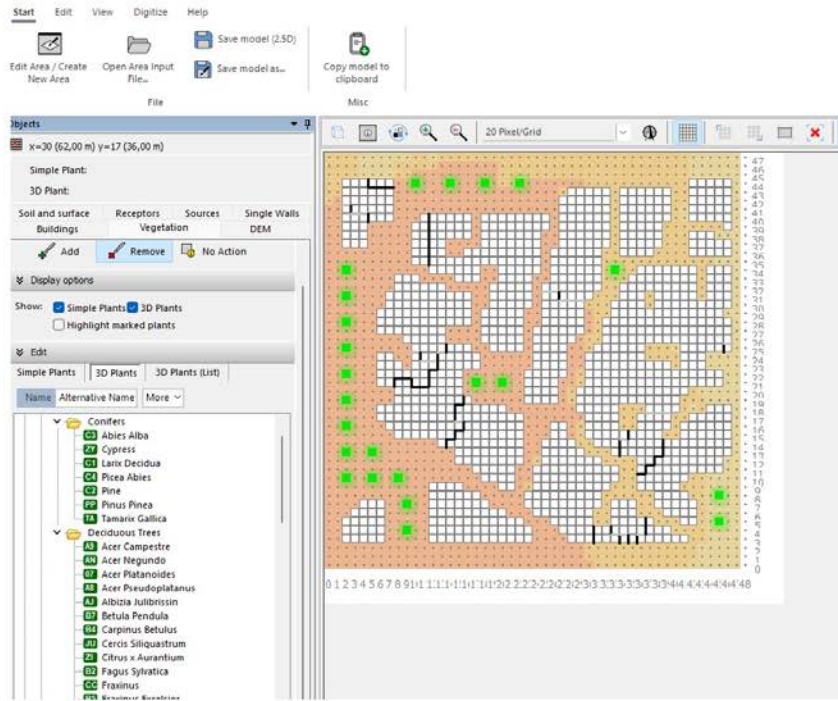
Ascoli Satriano – Monti Dauni





# Valutazione dell'intensità di UHI nell'ambiente costruito storico

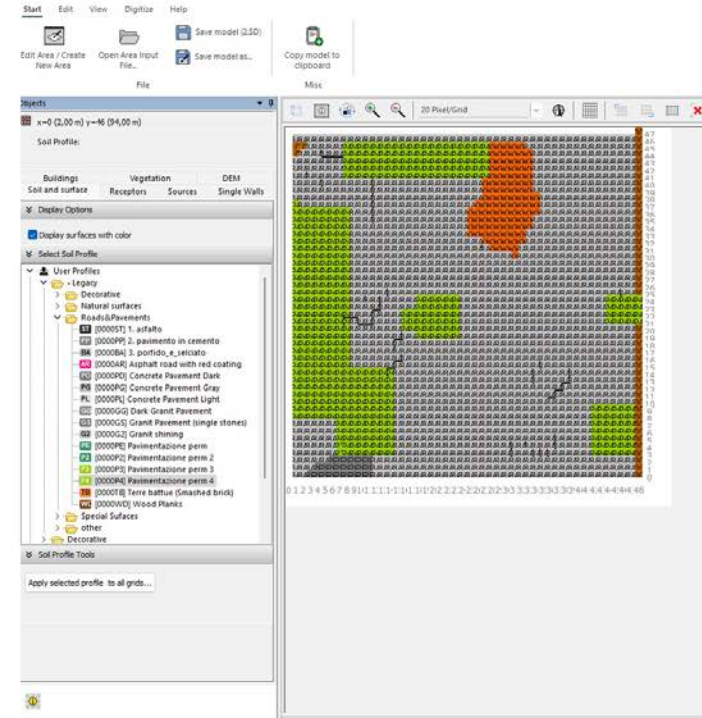
## Soluzione 1 - Vegetazione



Visualizzazione della distribuzione dell'alberatura

- Tipologia di alberatura caducifoglie, con altezza di 10 m e diametro della chioma di 5 m
- Densità d'area delle foglie (LAD)= 2
- Distribuzione delle radici (RAD)= livello 3

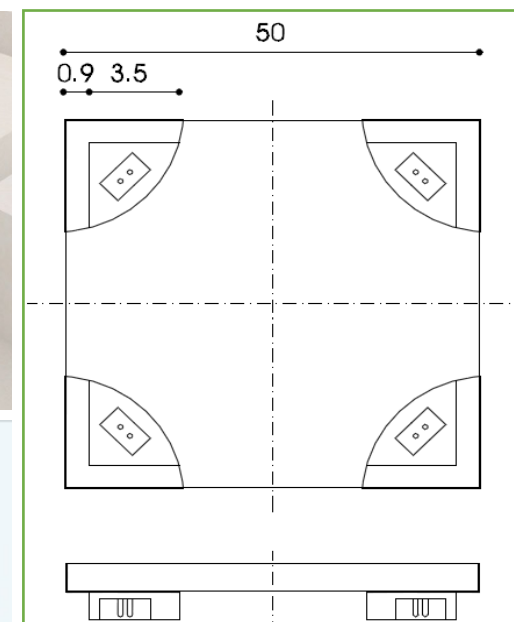
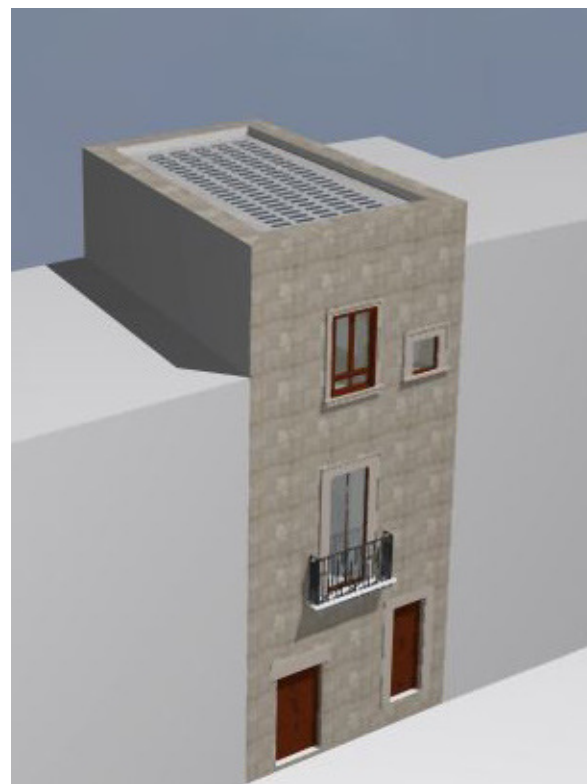
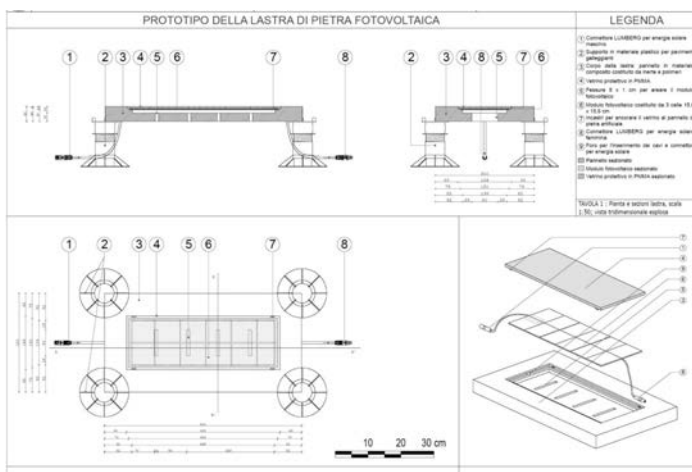
## Soluzione 2 - Pavimentazione permeabile



Distribuzione delle pavimentazioni permeabili (verde)

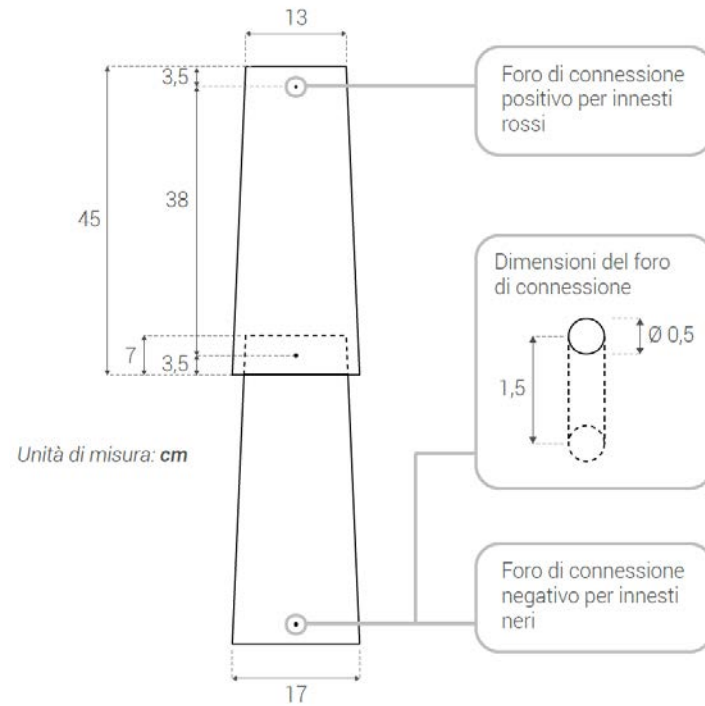
- Pavimentazione a masselli autobloccanti con grigliati erbosi
- Valore di albedo pari a 0,6 ed emissività di 0,7 W/m<sup>2</sup>

# L'integrazione di FER per la produzione di energia rinnovabile micro-impattante



LSC concentratori solari luminescenti

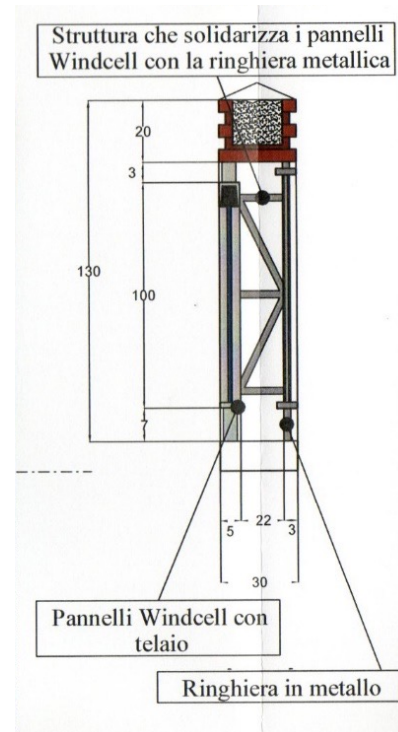
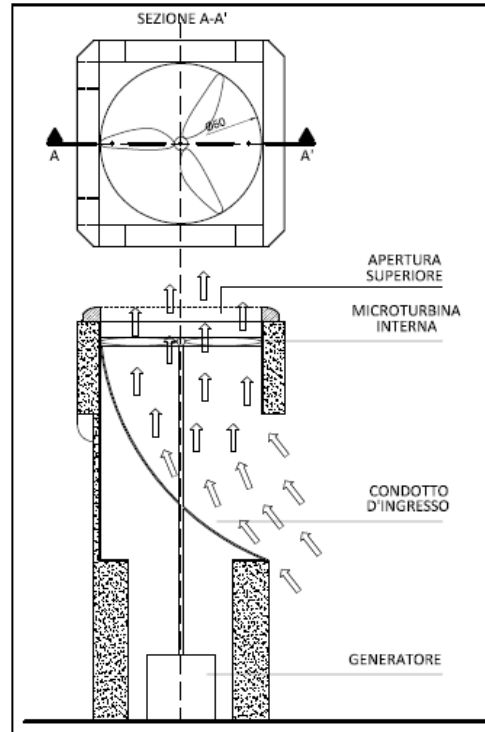
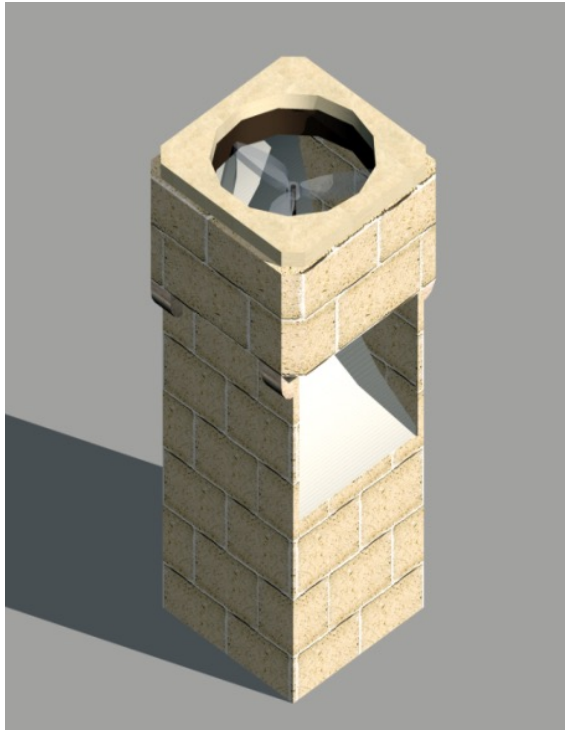
# L'integrazione di FER per la produzione di energia rinnovabile micro-impattante



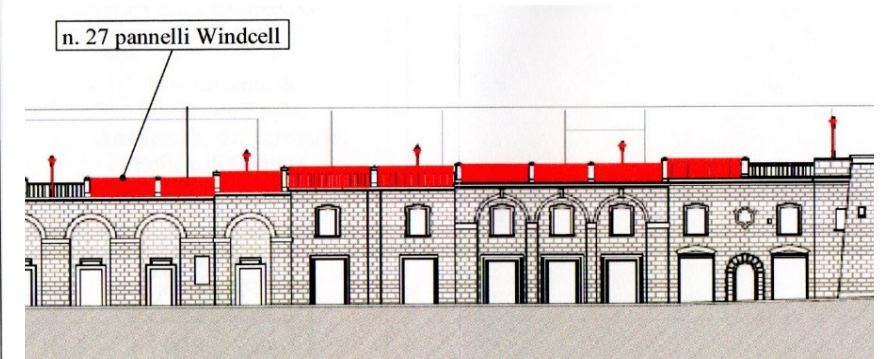
**COPPO FOTOVOLTAICO  
INVISIBLE SOLAR**



# L'integrazione di FER per la produzione di energia rinnovabile micro-impattante



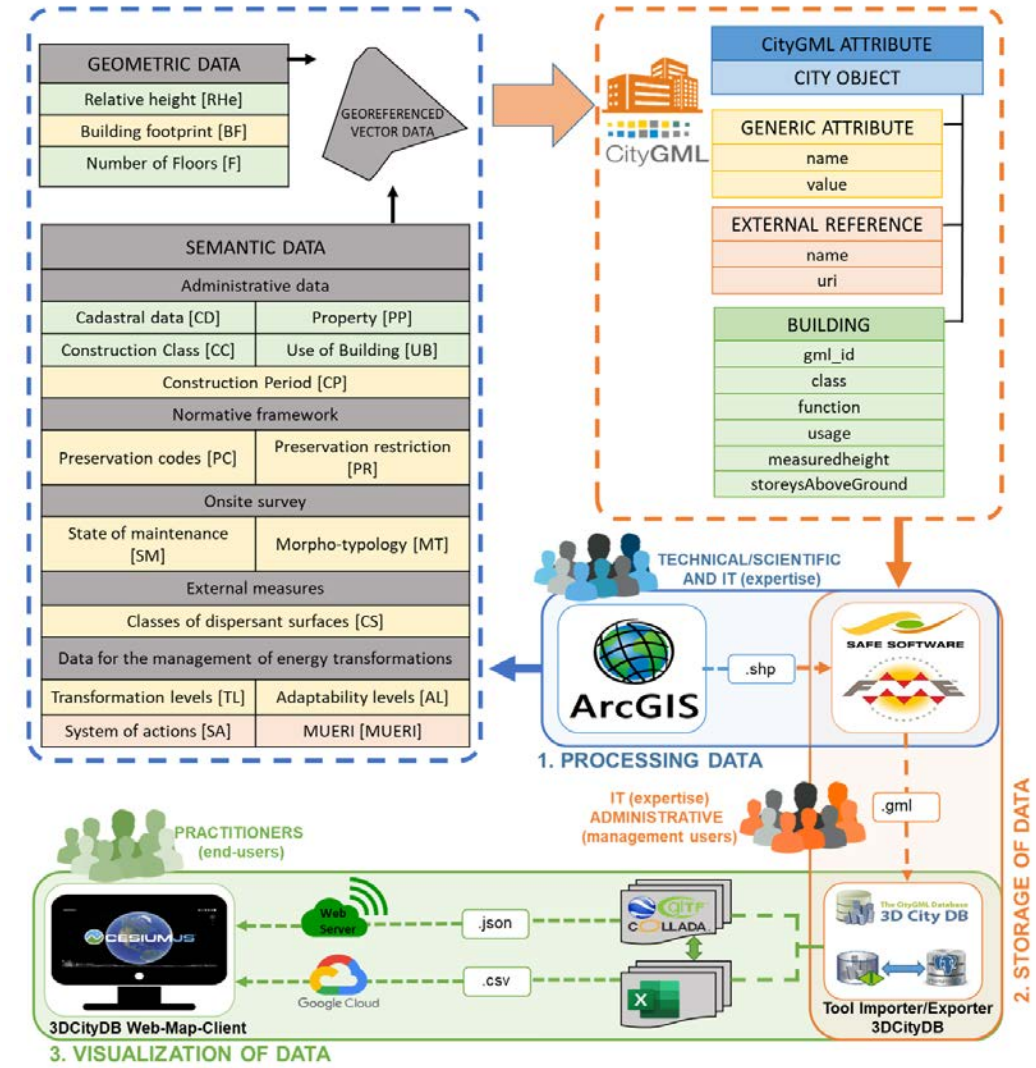
comignolo microeolico



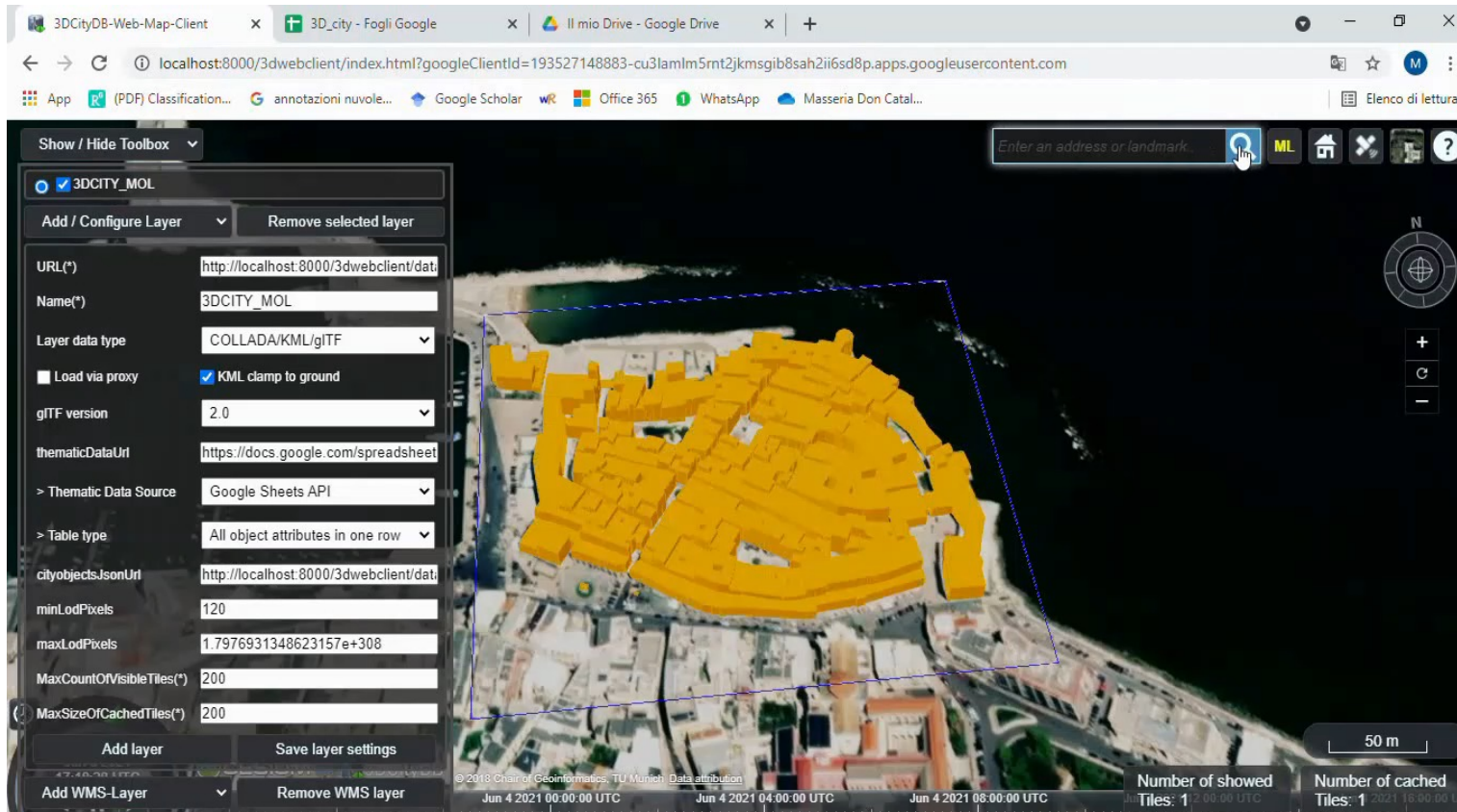
# Tecnologie a servizio della gestione energetico-resiliente del patrimonio storico

La realizzazione di una piattaforma informativa su modelli digitali 3D secondo lo standard CityGML permette di condividere e diffondere informazioni in sistemi web, organizzati in modo da essere:

- aggiornato dall'utente tecnico per l'analisi della vulnerabilità,
- gestito dagli organi di controllo e governo del territorio,
- accessibili da professionisti al servizio delle esigenze degli utenti.



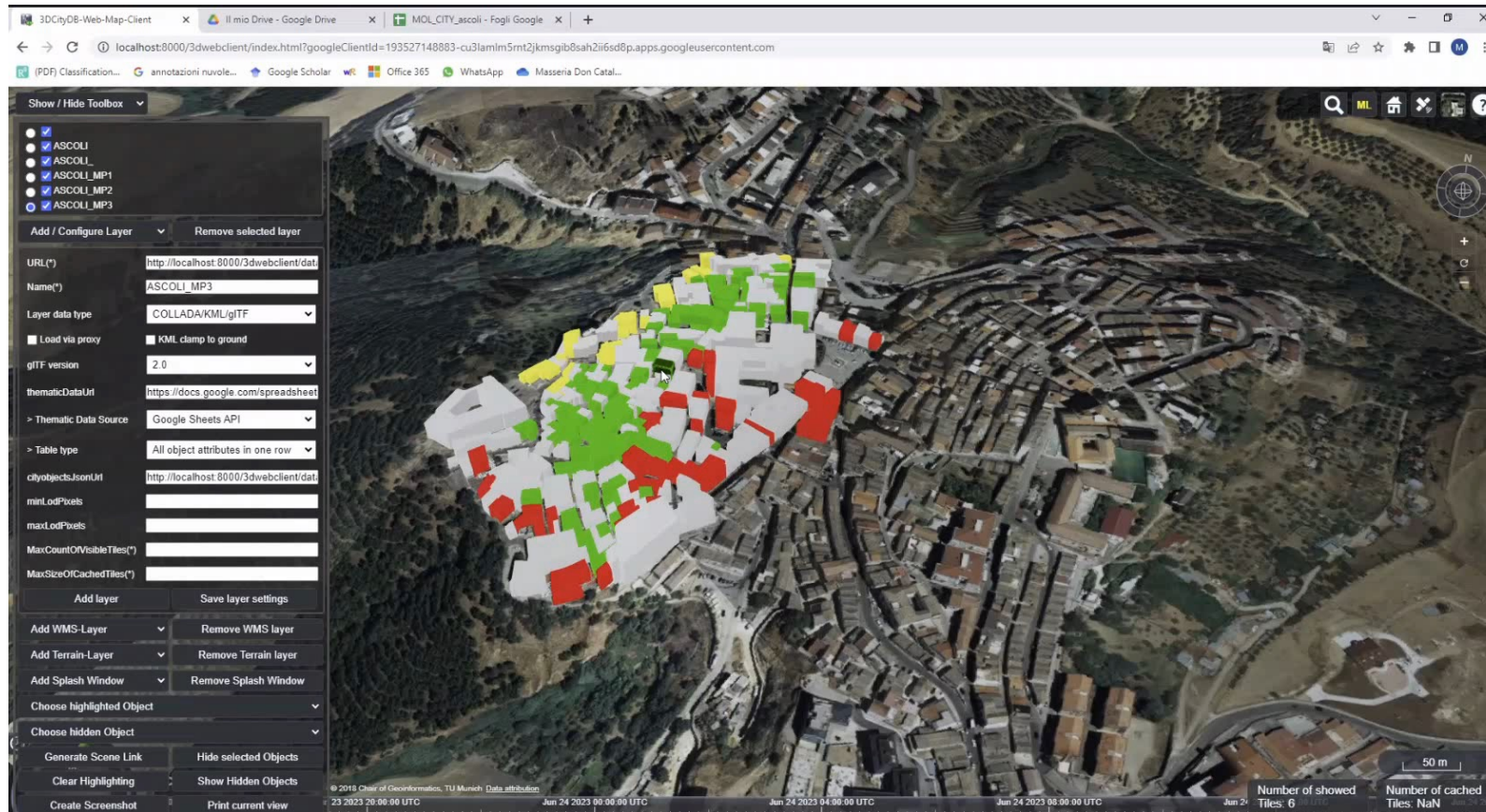
## Tecnologie a servizio della gestione energetico-resiliente del patrimonio storico



La realizzazione di una piattaforma informativa su modelli digitali 3D secondo lo standard CityGML permette di condividere e diffondere informazioni in sistemi web, organizzati in modo da essere:

- aggiornato dall'utente tecnico per l'analisi della vulnerabilità,
- gestito dagli organi di controllo e governo del territorio,
- accessibili da professionisti al servizio delle esigenze degli utenti.

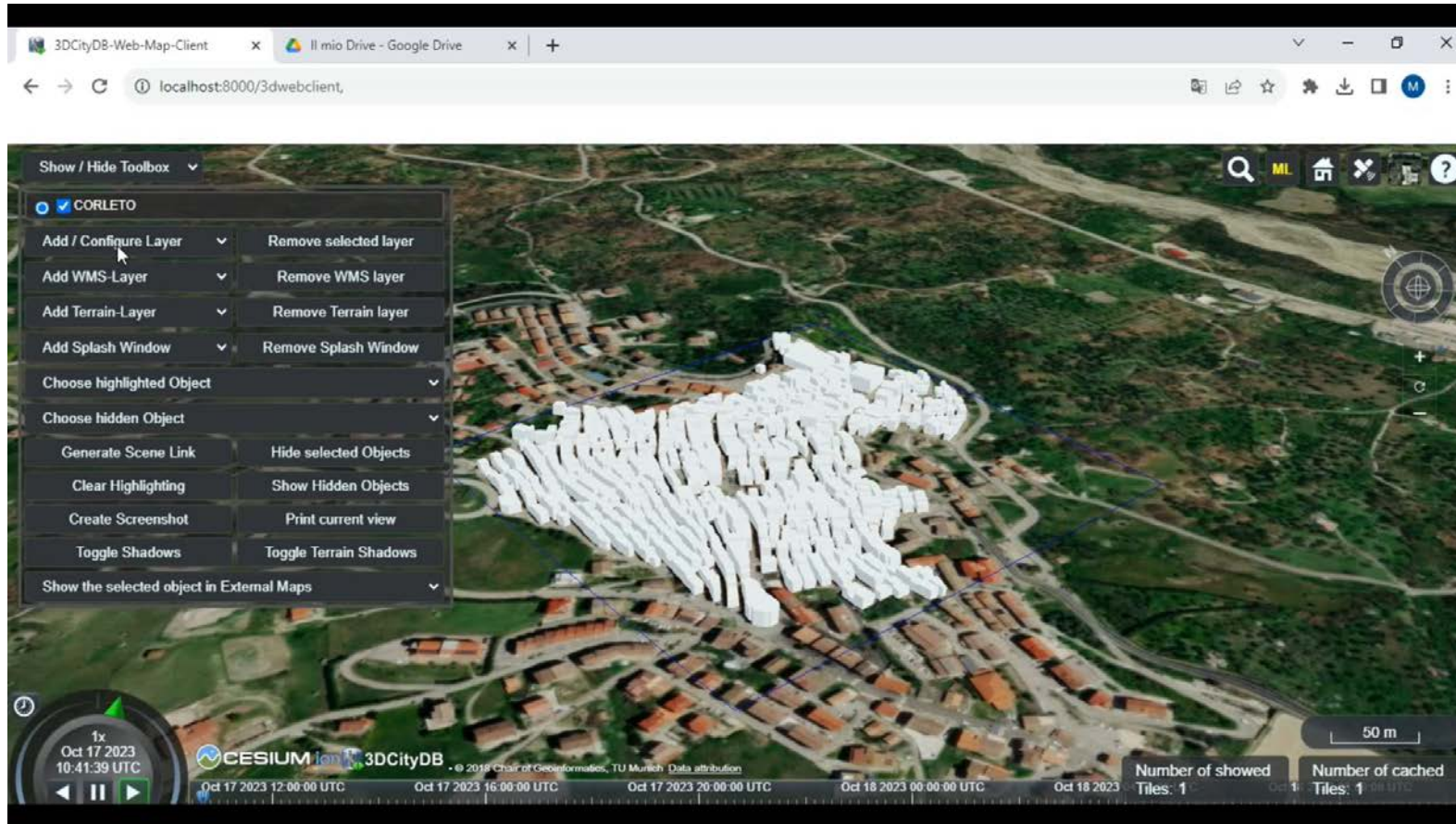
## Tecnologie a servizio della gestione energetico-resiliente del patrimonio storico



La realizzazione di una piattaforma informativa su modelli digitali 3D secondo lo standard CityGML permette di condividere e diffondere informazioni in sistemi web, organizzati in modo da essere:

- aggiornato dall'utente tecnico per l'analisi della vulnerabilità,
- gestito dagli organi di controllo e governo del territorio,
- accessibili da professionisti al servizio delle esigenze degli utenti.

## Tecnologie a servizio della gestione energetico-resiliente del patrimonio storico



La realizzazione di una piattaforma informativa su modelli digitali 3D secondo lo standard CityGML permette di condividere e diffondere informazioni in sistemi web, organizzati in modo da essere:

- aggiornato dall'utente tecnico per l'analisi della vulnerabilità,
- gestito dagli organi di controllo e governo del territorio,
- accessibili da professionisti al servizio delle esigenze degli utenti.



# La comunicazione del rischio del cambiamento climatico

Proprietà e peculiarità del costruito (vulnerabilità e vantaggi)  
 Analisi di pericolosità ai cambiamenti climatici e Ondata di calore  
 Principi di funzionamento del rischio e delle vulnerabilità  
 Strategie di intervento

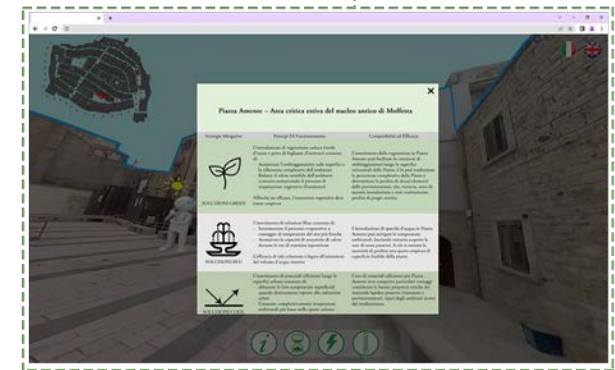


Tour Virtuali fotorealistici per la comunicazione del rischio

Realtà Virtuale e Modelli Virtuali fotorealistici

*Visualizzazione dell'ambiente sferico e dei contenuti generali. Nello specifico, la sferica riporta l'ambiente antistante il Duomo di Molfetta e mostra le informazioni relative alla scheda delle informazioni fenomenologiche di informazione sul Cambiamento climatico e effetto isola di Calore, le informazioni storiche di evoluzione del nucleo antico, dal periodo medievale allo stato attuale e la mappa espositiva del nucleo antico, espresso in mappa colorata per evidenziare le aree critiche e quelle adattive*

## La comunicazione del rischio del cambiamento climatico



*Struttura della visualizzazione delle informazioni in area critica.*

*Nel dettaglio dei contenuti per Piazza Amente: estratto della foto sferica nel visibile implementata con l'icona delle "info criticità" per accedere all'ambiente sferico mappato in cui è evidenziata l'apertura del fronte della piazza e la scheda delle cause e degli effetti.*

*Nell'ambiente mappato è inserito in alto a sinistra la mappa di orientamento implementata con i dati espositivi, evidenziando in rosso i punti del nucleo antico critici affini a Piazza Amente.*

*Infine, nell'ambiente mappato è inserito l'hotspot degli interventi per poter visualizzare i dettagli delle strategie possibili evidenziando i principi di funzionamento e le potenzialità di compatibilità ed efficacia con Piazza Amente.*

# La comunicazione del rischio del cambiamento climatico

*Struttura della visualizzazione delle informazioni in area adattiva.*

*Nel dettaglio dei contenuti per Via Termiti: estratto della foto sferica nel visibile implementata con l'icona delle "info adattive" per accedere all'ambiente sferico mappato in cui è evidenziata la chiusura dei fronti dell'area compatta e la scheda delle cause e degli effetti.*

*In alto a sinistra, la mappa degli orientamenti con i riferimenti delle altre sferiche nelle aree a carattere adattivo.*



## Conclusioni



La selezione di misure di retrofitting per gli edifici storici di soluzioni tradizionali e innovative dovrebbe essere basata sull'identificazione complessiva di caratteristiche architettoniche, costruttive e tecnologiche, quindi, relazionate ai principali livelli di trasformabilità intrinseca determinati anche dai livelli di conservazione



La definizione del comportamento attuale dei sistemi costruttivi e la definizione dei confini di trasformazione della configurazione originale sono di primaria importanza per affrontare soluzioni efficaci e compatibili; tuttavia, esse devono essere nonché valutate oltre il mero raggiungimento dei requisiti prestazionali normativi verso approcci di priorità di intervento, in accordo con le teorie del rischio e della resilienza al cambiamento climatico



La validazione delle soluzioni deve essere supportata da un approccio olistico, che comprende la compatibilità architettonica per la conservazione di identità formale e materiale, del risparmio energetico e gli impatti del ciclo di vita dei prodotti e dei processi



L'uso di tecnologie informative avanzate può supportare le attività di gestione conservativa integrata anche in chiave energetica per i contesti storici, purché supportate dalla collaborazione di tutti gli enti coinvolti nel processo e coerentemente con gli obiettivi della preparazione e consapevolezza (*preparedness and awareness*) del rischio al cambiamento climatico

## Gruppo di Ricerca



**Prof.  
Fabio  
Fatiguso**



**Prof.  
Mariella  
De Fino**



**Prof.  
Elena  
Cantatore**



**Prof.  
Silvana  
Bruno**



**Rocco  
Rubino**



**PhD  
Albina  
Sciotti**



**PhD  
Margherita  
Lasorella**



**Vincenzo  
Ambrosio**



**Arianna  
Baccaro**



**Federica  
Cassano**



**Teresa  
Fortunato**



**Valeria  
Giannuzzi**

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Prof. Ing. FABIO FATIGUSO  
Email: [fabio.fatiguso@poliba.it](mailto:fabio.fatiguso@poliba.it)

