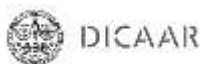


# Mediclima 2017

## ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA

Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016

### Retrofit energetico di edifici storici: involucro e sue caratteristiche

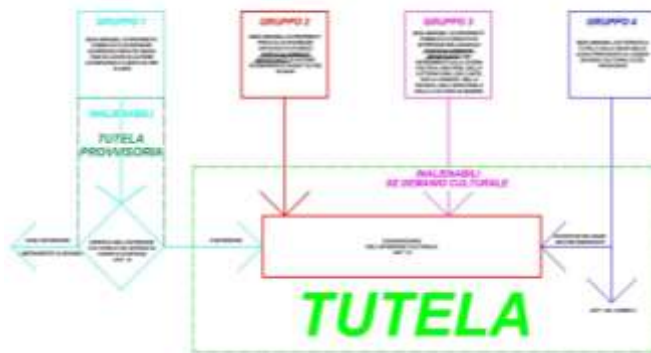


Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricciu

### Cosa si intende per edificio “storico”?

Il termine edificio storico è sovente sinonimo di “bene architettonico”, ovvero di un manufatto edilizio che, per il fatto stesso di essere testimonianza di valori artistici e culturali, è soggetto a tutela ai sensi del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (decreto legislativo 22 gennaio 2004, n.42 e ss.mm.ii.).

#### **I BENI ARCHITETTONICI IN BASE AL CODICE DEI BENI CULTURALI E DEL PAESAGGIO (D.LGS N. 42/2004)**



Fonte: MIBACT - Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricciu

## Cosa si intende per edificio “storico”?

Il termine edificio storico è sovente sinonimo di “bene architettonico”, ovvero di un manufatto edilizio che, per il fatto stesso di essere testimonianza di valori artistici e culturali, è soggetto a tutela ai sensi del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (decreto legislativo 22 gennaio 2004, n.42 e ss.mm.ii.).

“I centri storici, dunque, pur non rientrando tra le aree tutelate per legge ai sensi dell’art. 142 del d.lgs. n. 42 del 2004, vengono inclusi tra quelle categorie di beni suscettibili di tutela paesaggistica mediante dichiarazione di notevole interesse pubblico, di competenza regionale, ed, in via sostitutiva, anche ministeriale”.

Per la Regione Sardegna, il Piano Paesaggistico Regionale, al Titolo II – Assetto storico culturale, individua i beni paesaggistici ed identitari e le relative norme di tutela.



Cagliari – perimetro del centro di antica formazione

\*Fonte: S. Turtù, Il centro storico come bene paesaggistico a valenza culturale, *Archit.*, n. 2, 2015



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricci

## L'istituto della deroga ai requisiti minimi di intervento

L'ultima versione della deroga all'ambito di applicazione della normativa sui requisiti minimi di prestazione energetica degli interventi sugli edifici esistenti è contenuta nell'art. 3 della legge 90/2013 e recita:

*3. Sono escluse dall'applicazione del presente decreto le seguenti categorie di edifici:*

*a) gli edifici ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c), del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio, fatto salvo quanto disposto al comma 3-bis;*

*3-bis. Per gli edifici di cui al comma 3, lettera a), il presente decreto si applica limitatamente alle disposizioni concernenti:*

*a) l'attestazione della prestazione energetica degli edifici, di cui all'articolo 6;*

*b) l'esercizio, la manutenzione e le ispezioni degli impianti tecnici, di cui all'articolo 7.*

*3-bis. 1. Gli edifici di cui al comma 3, lettera a), sono esclusi dall'applicazione del presente decreto ai sensi del comma 3-bis, 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.*



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricci

## Il problema della conoscenza su manufatti preindustriali



M. De Renzi, S. Muratori – Edificio a "boomerang" - Tuscolano II Roma



?? – Edificio residenziale – Bortigiadas (SS)

L'edilizia preindustriale si caratterizza per una spiccata "artigianalità" del manufatto. La standardizzazione degli elementi e dei processi costruttivi, invece, si sviluppa contestualmente alla diffusione dell'industrializzazione in architettura ed in edilizia e, indubbiamente, agevola un processo di miglioramento prestazionale come noi lo intendiamo al giorno d'oggi.



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricciu

## Analisi dei caratteri tecnico-costruttivi dell'edilizia storica

### Lettura storica degli interventi sull'edificio

- Fonti documentarie ed archivistiche;
- Fonti bibliografiche;
- Osservazione diretta ed analitica del fabbricato nella sua interezza

### Rilievo geometrico e dei materiali costitutivi

- Norme e abachi (UNI/TR 11552:2014)
- Analogia con altri materiali (ricostruendo ad esempio la provenienza o l'epoca di costruzione)
- Dati diretti strumentali (misure)



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricciu

## Analisi dei caratteri tecnico-costruttivi dell'edilizia storica

### Rilievo geometrico e dei materiali costitutivi

- Norme sui materiali e abachi (UNI 10351-2015, UNI\_TR 11552-2014)

| Material groups or applications | Density<br>$\rho$<br>kg/m <sup>3</sup>                                            | Design thermal conductivity<br>$\lambda$<br>W/(m·K) | Specific heat capacity<br>$c_p$<br>J/(kg·K) | Water vapour resistance factor<br>$\mu$ |        |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|--------|
|                                 |                                                                                   |                                                     |                                             | dry                                     | wet    |
| Stone                           | Basalt, crystalline rock                                                          | 2 600                                               | 3.3                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Basalt, sedimentary rock                                                          | 2 600                                               | 2.3                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Basalt, sedimentary rock, light                                                   | 1 500                                               | 8.05                                        | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Basalt, porous, e.g. lava                                                         | 1 600                                               | 8.55                                        | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Basalt                                                                            | 2 700                                               | 3.5                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Granite                                                                           | 2 400                                               | 5.8                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Granite                                                                           | 2 700                                               | 3.8                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Granite                                                                           | 2 800                                               | 3.8                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Marble                                                                            | 2 700                                               | 5.8                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Marble                                                                            | 2 800                                               | 5.2                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Limestone, extra soft                                                             | 1 600                                               | 8.05                                        | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Limestone, soft                                                                   | 1 600                                               | 1.1                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Limestone, semi-hard                                                              | 2 000                                               | 1.4                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Limestone, hard                                                                   | 2 200                                               | 1.7                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Limestone, extra hard                                                             | 2 600                                               | 2.3                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Limestone (shell)                                                                 | 2 600                                               | 2.3                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Sediment porous                                                                   | 400                                                 | 8.12                                        | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 | Sediment stone                                                                    | 2 700                                               | 1.9                                         | 1 000                                   | 10 000 |
|                                 |  |                                                     |                                             |                                         |        |
|                                 |                                                                                   |                                                     |                                             |                                         |        |
|                                 |                                                                                   |                                                     |                                             |                                         |        |
|                                 |                                                                                   |                                                     |                                             |                                         |        |
|                                 |                                                                                   |                                                     |                                             |                                         |        |



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016

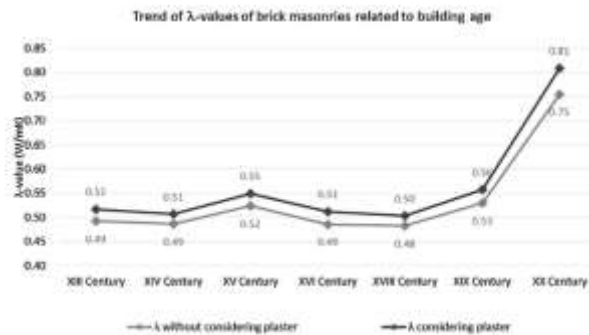


Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricci

## Analisi dei caratteri tecnico-costruttivi dell'edilizia storica

### Rilievo geometrico e dei materiali costitutivi

- Analogia con altri materiali (ricostruendo ad esempio la provenienza o l'epoca di costruzione)



\*Fonte: E. Lucchi, Thermal transmittance of historical brick masonry: A comparison among standard data, analytical calculation procedures, and in situ heat flow meter measurements, Energy and Buildings, Vol.134, 2017, Pages 171–184



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricci

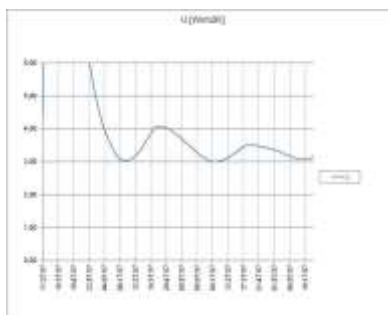
## Analisi dei caratteri tecnico-costruttivi dell'edilizia storica

### Rilievo geometrico e dei materiali costitutivi

- Dati diretti strumentali (misure)

Indagini termoflussimetriche.

Criticità: inerzia murature storiche, sottoriscaldamento ambienti, scarso salto termico interno - esterno



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricci

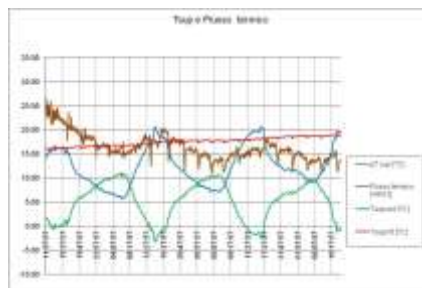
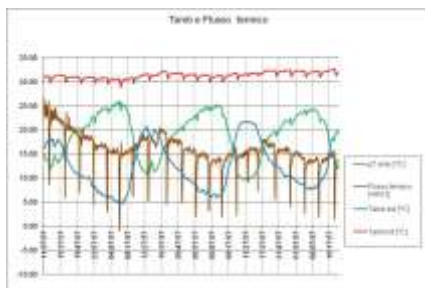
## Analisi dei caratteri tecnico-costruttivi dell'edilizia storica

### Rilievo geometrico e dei materiali costitutivi

- Dati diretti strumentali (misure)

Indagini termoflussimetriche.

Criticità: inerzia murature storiche, sottoriscaldamento ambienti,  
scarso salto termico interno - esterno



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



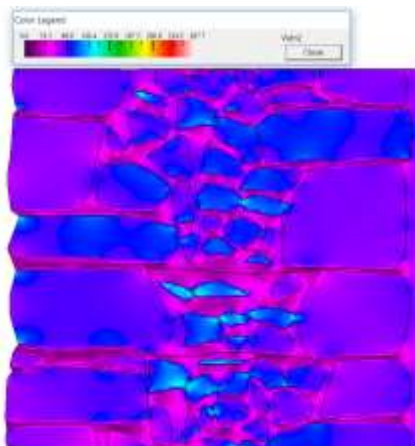
DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricci



## La complessità dell'apparecchiatura muraria

Analisi termica agli elementi finiti realizzata con software THERM di una muratura a sacco in granito e malta di calce.



Rappresentazione in falsi colori delle isoflussi.  
Configurazione a sacco senza chiave in granito.

$U=2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016

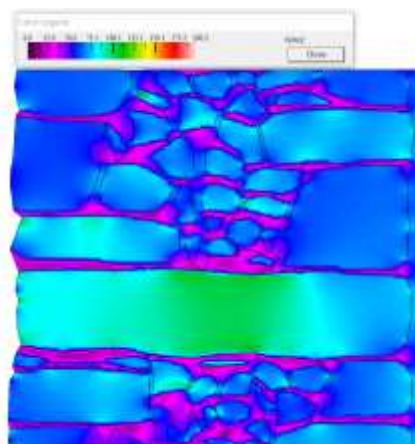
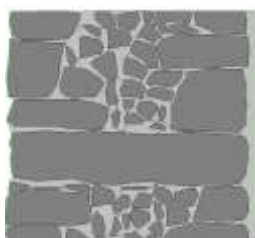


DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricci

## La complessità dell'apparecchiatura muraria

Analisi termica agli elementi finiti realizzata con software THERM di una muratura a sacco in granito e malta di calce.



Rappresentazione in falsi colori delle isoflussi.  
Configurazione riempimento a sacco con chiave passante in granito.

$U=3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricci

## La complessità dell'apparecchiatura muraria: rilievi termografici per la sua definizione

Le indagini termografiche per l'individuazione della tessitura muraria non sono necessariamente eseguite nelle stesse modalità con cui vengono condotte per la ricerca dei ponti termici.

Per individuare gli elementi resistenti al di sotto dello strato di intonaco è necessaria una forte sorgente energetica (ad esempio il Sole) che, nel transitorio, consenta di evidenziare il riscaldamento differenziale fra materiali con caratteristiche termiche diverse.



Studio termografico delle murature della Caserma Cascino a Cagliari.  
Individuazione dell'ora di rilievo



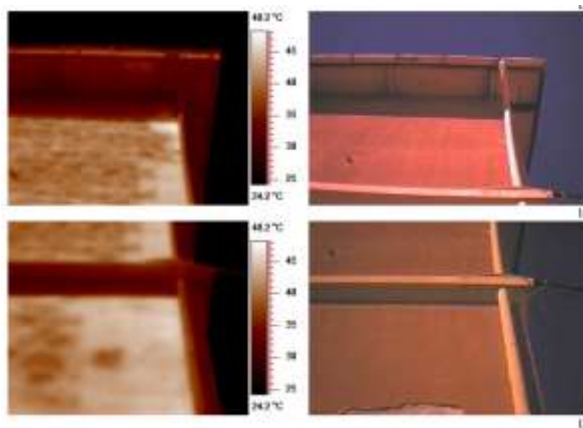
Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricciu

## La complessità dell'apparecchiatura muraria: rilievi termografici per la sua definizione



Studio termografico delle murature della Caserma Cascino a Cagliari.  
Termografie sul lato Nord Est (ora esecuzione 9)



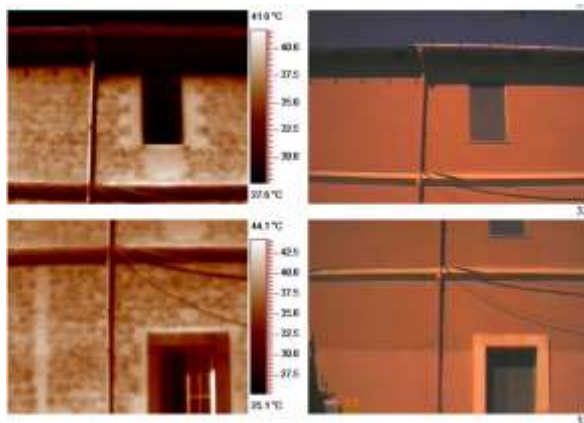
Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricciu

## La complessità dell'apparecchiatura muraria: rilievi termografici per la sua definizione



Studio termografico delle murature della Caserma Cascino a Cagliari.  
Termografie sul lato Sud Ovest (ora esecuzione 15)



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricciu

## Benefici di un'analisi approfondita sull'involucro.

Una conoscenza approfondita dello stato esistente dell'involucro consente:

1. Una migliore definizione della prestazione energetica attuale (certificazione).
2. Una migliore progettazione degli interventi di miglioramento prestazionale, soprattutto in presenza di vincoli architettonico - artistici e in regime di deroga.
3. Un corretto dimensionamento degli impianti nell'ottica della loro integrazione in un edificio che sicuramente non è stato progettato per ospitarli.



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricciu

## Benefici di un'analisi approfondita sull'involucro.

La corretta conoscenza dell'involucro, sia allo stato attuale, che nell'ipotesi di un suo miglioramento prestazionale concorre ad un corretto dimensionamento degli impianti nell'ottica della loro integrazione in un edificio che sicuramente non è stato progettato per ospitarli.



Studio per il retrofit energetico della sede del Rettorato e degli uffici centrali dell'Università di Cagliari



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



DICAAR

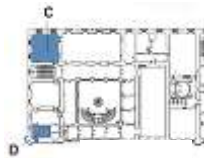
Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricciu

## Benefici di un'analisi approfondita sull'involucro.

La corretta conoscenza dell'involucro, sia allo stato attuale, che nell'ipotesi di un suo miglioramento prestazionale concorre ad un corretto dimensionamento degli impianti nell'ottica della loro integrazione in un edificio che sicuramente non è stato progettato per ospitarli.



| Scenario 1 <sub>a</sub>                    | Scenario 1 <sub>b</sub>                    | Scenario 2 <sub>a</sub>                    | Scenario 2 <sub>b</sub>                    |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Windows replacement<br>Solar factor g 0,43 | Windows replacement<br>Solar factor g 0,72 | Windows replacement<br>Solar factor g 0,43 | Windows replacement<br>Solar factor g 0,72 |
| External insulating<br>plaster             | External insulating<br>plaster             | External insulating<br>plaster             | External insulating<br>plaster             |
| Internal insulation                        | Internal insulation                        |                                            |                                            |



| Room | Heating Load<br>reduction (%) | Air Conditioning<br>Load reduction (%) |
|------|-------------------------------|----------------------------------------|
| A    | 25,9                          | 18,0                                   |
| B    | 10,8                          | 3,5                                    |
| C    | 14,2                          | 0,7                                    |
| D    | 20,1                          | 10,6                                   |
| E    | 42,8                          | 11,6                                   |
| F    | 23,8                          | 8,9                                    |
| G    | 21,7                          | 6,1                                    |
| H    | 31,8                          | 18,4                                   |

Studio per il retrofit energetico della sede del Rettorato e degli uffici centrali dell'Università di Cagliari



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016

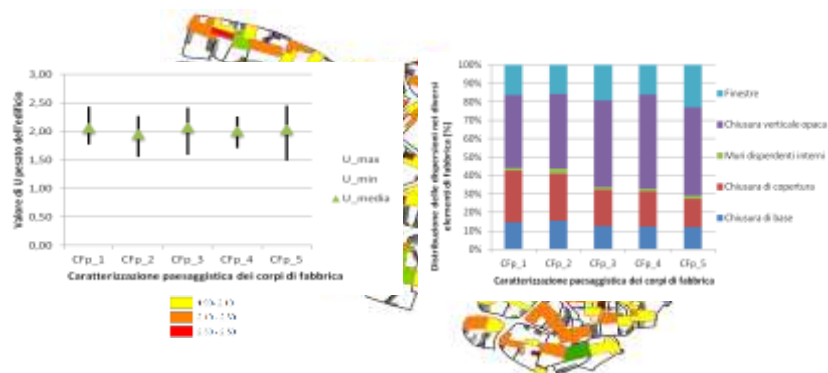


DICAAR

Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Ricciu

## Dal singolo edificio alla scala urbana.

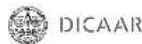
Indagini molto dettagliate delle prestazioni energetiche dell'edificato storico diventano convenienti se condotte ad una scala più ampia di quella architettonica. È pertanto auspicabile che vengano inserite fra le indagini preliminari per la redazione dei piani particolareggiati dei centri storici (PPCS).



Piano particolareggiato del centro storico di Assolo. Mappatura delle caratteristiche termiche degli involucri. Gentile concessione dell'Ing. Stefano Pili



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Riccio

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Dipartimento Architettura  
Università di Cagliari

**Giuseppe Desogus**  
Ingegnere, PhD

Via Santa Croce 67  
09124 Cagliari  
Italia

Tel +39 070 675 5395  
Fax +39 070 675 5818  
gdesogus@unica.it



Mediclima 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA  
Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuovo DM minimi e del D.lgs 141/2016



Relatori:  
Ing. Giuseppe Desogus  
Ing. Roberto Riccio