

RIGENERA 2016

SOSTENIBILITÀ, MATERIALI, BENESSERE E COMFORT PER IL FUTURO DELL'EDILIZIA

PADOVA 24 MARZO



Media Partner



Ing. Giuseppe Emmi Ph.D.

Aspetti energetici
dell'involucro edilizio

RIGENERA 2016

Aspetti energetici dell'involucro edilizio

LA LEGISLAZIONE NAZIONALE E LE NORMATIVE TECNICHE DI SUPPORTO

RIGENERA 2016

Il Contesto Legislativo



- D.Lgs. n.192/2005
 - D.Lgs. n.311/2006
 - D.P.R. n.59/2009
 - D.M. 26/06/2009
 - ...
 - D.L. 63/2013
 - L. n. 90 del 03/08/2013
 - Decreti Interministeriali del 26/06/2015 → NUOVI DECRETI
- Diagram illustrating the legislative context of RIGENERA 2016:
- A blue arrow points from the ~~EPBD 2002/91/CE~~ box to the Italian legislative acts (D.Lgs. n.192/2005, D.Lgs. n.311/2006, D.P.R. n.59/2009, D.M. 26/06/2009, ...).
 - A blue arrow points from the ~~EPBD 2002/91/CE~~ box down to the EPBD RECAST 2010/31/UE box.
 - A blue arrow points from the EPBD RECAST 2010/31/UE box to the Italian legislative acts (D.L. 63/2013, L. n. 90 del 03/08/2013, Decreti Interministeriali del 26/06/2015 → NUOVI DECRETI).

RIGENERA 2016

Cenni sulla Legislazione Nazionale

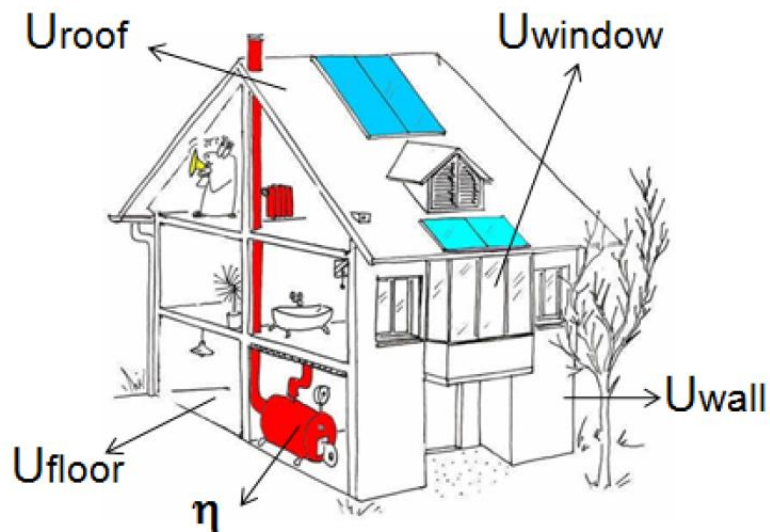
- Nuove Definizioni
 - **Ristrutturazioni Importanti**
 - *PRIMO LIVELLO*
 - INVOLUCRO EDILIZIO > 50% & IMPIANTO TERMICO
 - » REQUISITI APPLICATI ALL'INTERO EDIFICIO
 - *SECONDO LIVELLO*
 - INVOLUCRO EDILIZIO > 25% & (IMPIANTO TERMICO)
 - » REQUISITI APPLICATI ALLE SOLE PORZIONI/QUOTE DI ELEMENTI INTERESSATI DALL'INTERVENTO
 - » VERIFICA DEL VALORE DI H'_T SUL COMPONENTE
 - **Riqualificazioni Energetiche:** Interventi con un impatto sulla prestazione energetica dell'edificio
 - INVOLUCRO EDILIZIO < 25% & (IMPIANTO TERMICO)
 - » REQUISITI DA APPLICARE AI SOLI COMPONENTI DELL'INVOLUCRO IN TERMINI DI CARATTERISTICHE TERMO-FISICHE E AL RENDIMENTO DEGLI IMPIANTI

RIGENERA 2016

Il nuovo concetto dell'EDIFICIO DI RIFERIMENTO 1/2

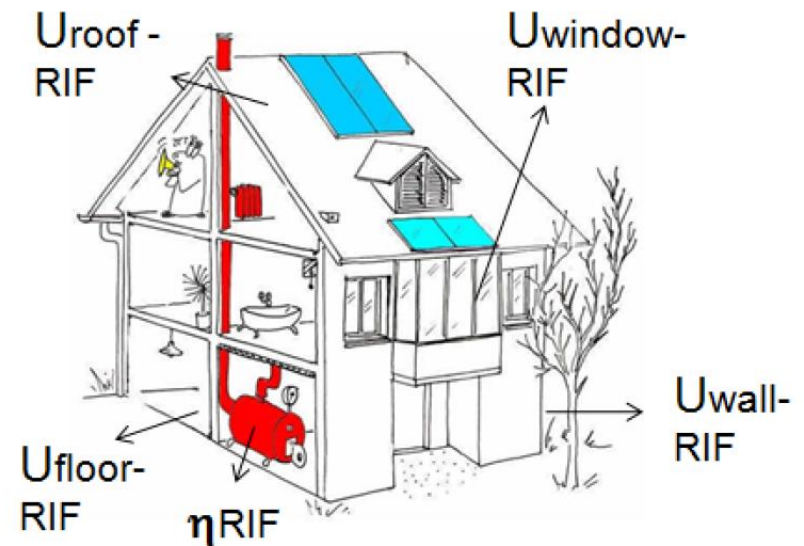
Immagine: fonte ANIT

Edificio di progetto



Calcolo E_{pg} di progetto

Edificio di riferimento



Calcolo E_{pg} lim- edificio di riferimento

RIGENERA 2016

Il nuovo concetto dell'EDIFICIO DI RIFERIMENTO 2/2

- Ambiti di applicazione:
 - Nuova Costruzione, Demolizione e Ricostruzione, Ampliamento/Sopraelevazione, Ristrutturazione di Primo Livello
 - In questo ambito i **requisiti minimi derivano dal calcolo energetico effettuato sull'edificio di riferimento**
 - Verifiche da rispettare inerenti l'involucro
 - H'_T
 - $M_s > 230 \text{ kg/m}^2$ oppure $YIE > 0,10 (0,18) \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (da non verificare in Zona F) → sono aspetti legati al raffrescamento
 - Trasmittanza **$0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$** (no per la Zona A)

RIGENERA 2016

H'_T ... di cosa si tratta?

$$H'_T = H_{tr,adj} / \sum_k A_k \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro calcolato con la UNI/TS 11300-1 (W/K);

A_k è la superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) costituente l'involucro (m^2).

RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica				
	A e B	C	D	E	F
$S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
$0,7 > S/V \geq 0,4$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70

RIGENERA 2016

Requisiti e Prescrizioni Ristrutturazioni II Livello

- Rispetto della Trasmittanza Termica delle Strutture (App. B)

Zona climatica	U (W/m ² K)		U (W/m ² K)		U (W/m ² K)		U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾
A e B	0,45	0,40	0,34	0,32	0,48	0,42	3,20	3,00
C	0,40	0,36	0,34	0,32	0,42	0,38	2,40	2,00
D	0,36	0,32	0,28	0,26	0,36	0,32	2,10	1,80
E	0,30	0,28	0,26	0,24	0,31	0,29	1,90	1,40
F	0,28	0,26	0,24	0,22	0,30	0,28	1,70	1,00

- Rispetto del valore H'_T da tabella 10 (App. A)

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Zona climatica				
	A e B	C	D	E	F
Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

RIGENERA 2016

Le Normative di Riferimento

- Calcolo della TRASMITTANZA/COEFF. DI PERDITA
 - Componenti Opache UNI EN ISO **6946**, UNI EN ISO **13370** (strutture contro terra), UNI EN ISO **13789**
 - Proprietà dei materiali
 - UNI **10351**, UNI **10355** (datate e solo nazionali)
 - UNI EN ISO **1745**, UNI EN ISO **10456**
 - Incidenza Ponti Termici
 - UNI EN ISO **10211**, UNI EN ISO **14683**
 - Proprietà dei vetri e componenti finestrate
 - UNI EN ISO **10077**
- Problematiche legate all'isolamento
 - Condensa **SUPERFICIALE** e **INTERSTIZIALE**
 - Procedura di Verifica
 - UNI EN **13788**

RIGENERA 2016

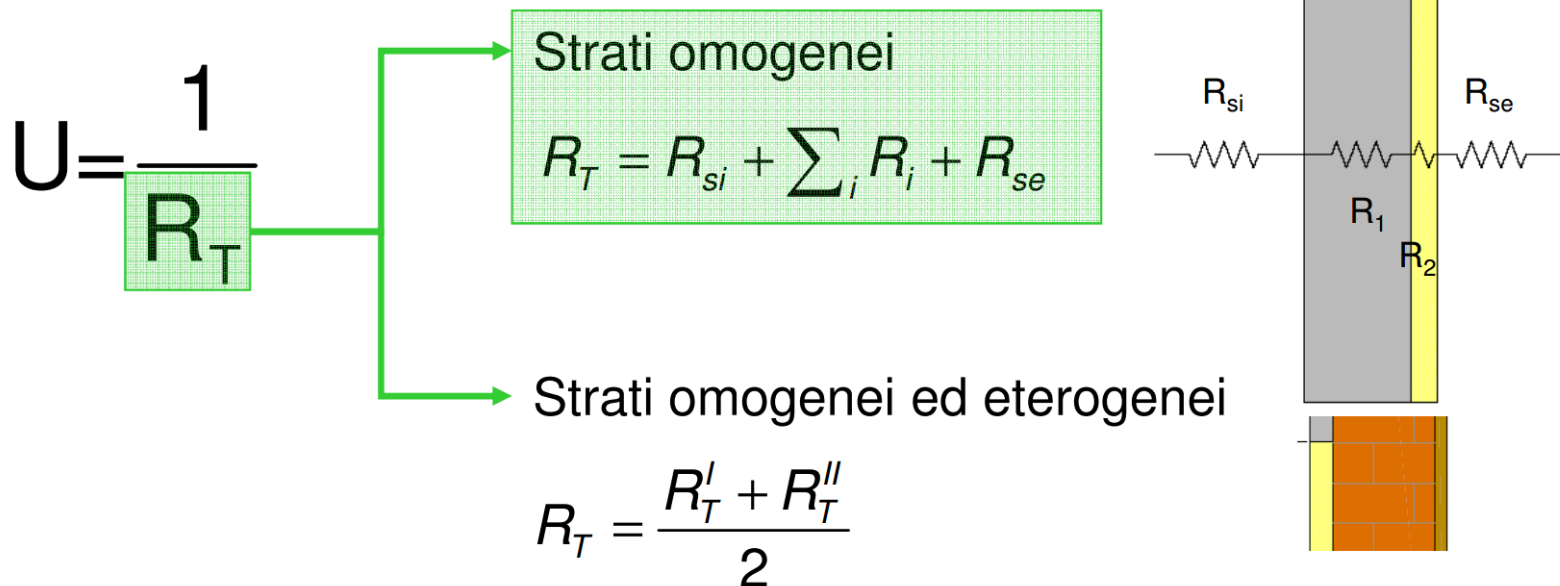
Aspetti energetici dell'involucro edilizio

**RICHIAMI SULLE NORME E VERIFICHE DI
LEGGE CHE INTERESSANO LE PROPRIETÀ
TERMICHE/IGROMETRICHE DELLE
STRUTTURE**

RIGENERA 2016

Calcolo e Verifica della Trasmittanza

- UNI EN ISO 6946
- Il Documento suggerisce **condizioni al contorno** da adottare per i **coefficienti di scambio superficiale** e procedure per casi particolari (ad esempio strutture non uniformi/omogenee)



RIGENERA 2016

Calcolo del Coefficiente di Perdita per Trasmissione

La norma UNI EN ISO 13789 definisce il coefficiente HT come segue:

$$H_T = H_D + H_g + H_U + H_A \quad [\text{W/K}]$$

Dove:

H_D perdite dirette verso l'esterno

H_g perdite attraverso il terreno

H_U perdite attraverso ambienti non riscaldati

H_A perdite verso ambienti a diversa temperatura

RIGENERA 2016

Verifiche non solo termiche

- E' necessario verificare che vi sia assenza di:
 - rischio di formazione di **MUFFE**, con particolare attenzione ai **PONTI TERMICI** negli edifici di nuova costruzione (Temperatura superficiale) → **CONDENSA SUPERFICIALE**;
 - **CONDENSAZIONI INTERSTIZIALI**.



UNI EN ISO 13788

La norma suggerisce differenti classi di produzione di umidità interna per procedere con la verifica, nel caso l'impianto preveda il controllo dell'umidità si possono considerare condizioni differenti da quelle suggerite

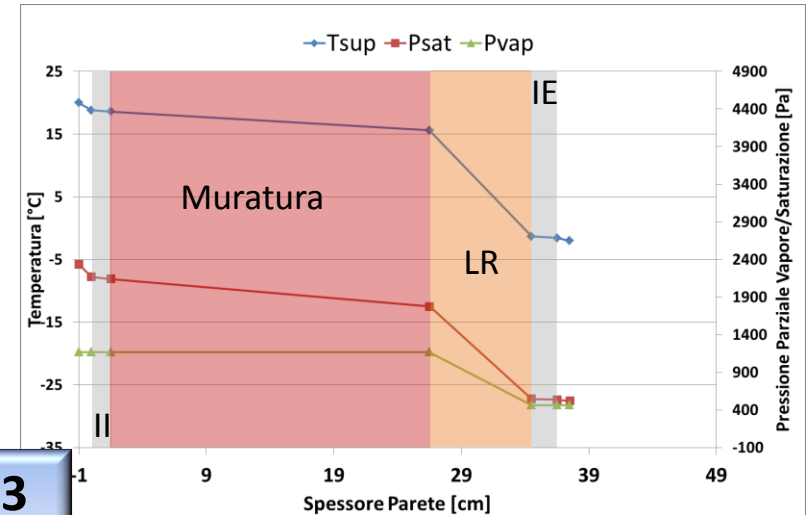
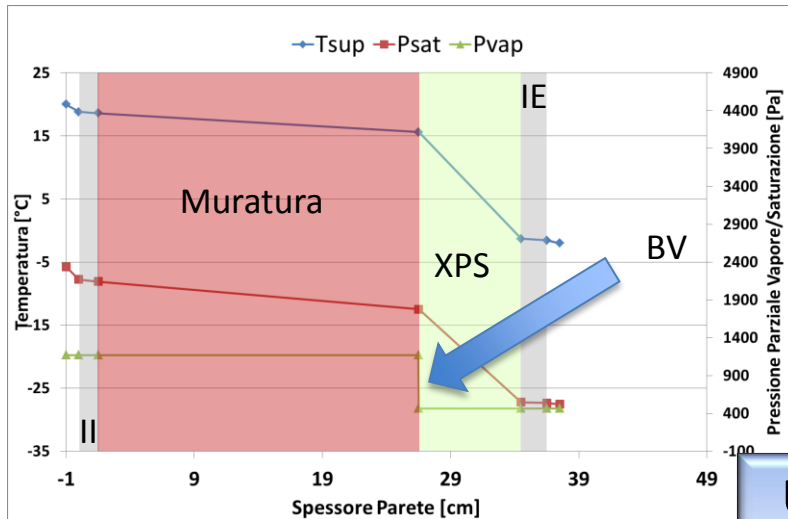
RIGENERA 2016

Effetti sulle strutture

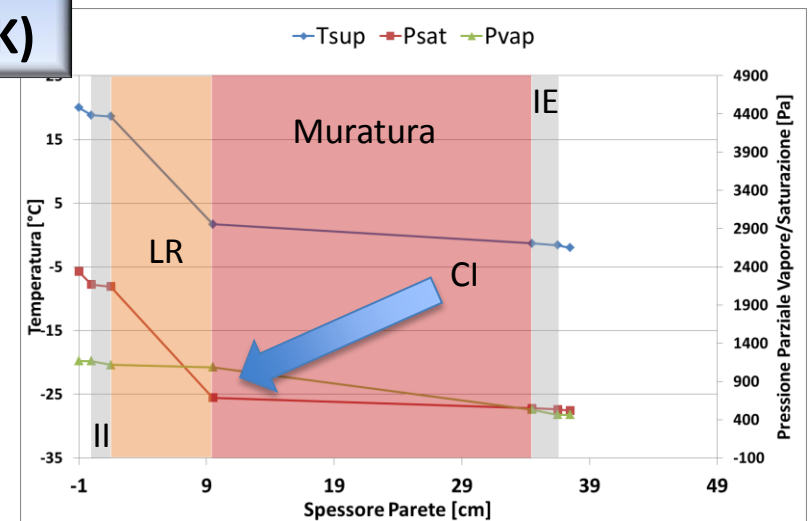
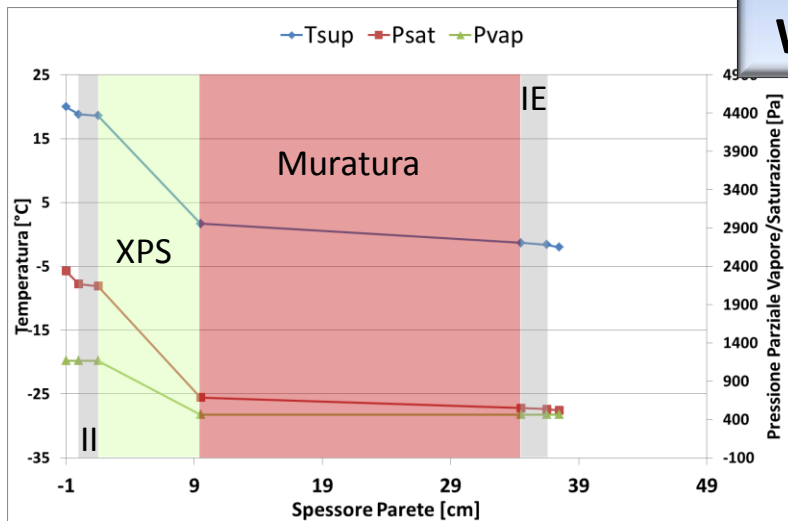
- **Deterioramento** dei materiali di costruzione
- **Indebolimento** delle strutture
- Aumento della conduttività dei materiali isolanti (quindi riduzione del loro potere di isolamento termico)
- **Formazione di macchie e di muffe**

RIGENERA 2016

La sequenza degli strati ha un significato!



$$U = 0.43 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$



RIGENERA 2016

Aspetti energetici dell'involucro edilizio

I PONTI TERMICI

RIGENERA 2016

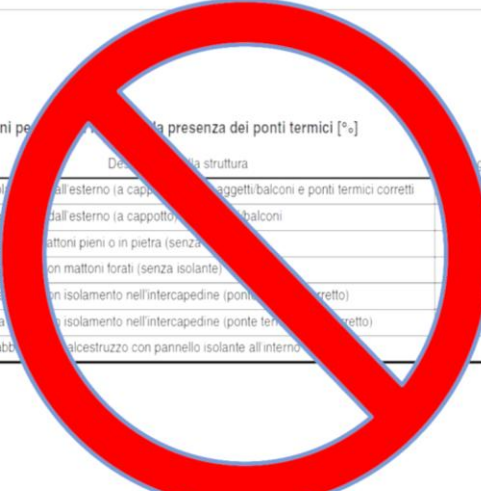
Ponti Termici

- Generalità:
 - Rappresentano delle vie preferenziali allo scambio di calore tra ambiente climatizzato ed esterno
 - Sono di tre tipi e dipendono da:
 - Discontinuità **Geometrica**
 - Discontinuità del **Materiale**
 - Discontinuità sia **Geometrica che del Materiale**
 - In regime di riscaldamento in prossimità dei ponti termici si può verificare una proliferazione della carica batterica con formazione di muffe (... non è necessario che vi sia condensazione)

RIGENERA 2016

Aspetti Pratici 1/2

- **Prima:**
 - In alcuni casi applicativi era possibile considerare una ~~maggiorazione percentuale~~;
 - Si potevano utilizzare i valori di trasmittanza termica lineica ~~ψ suggeriti in allegato~~ alla UNI EN ISO 14683.



Maggiorazioni per la presenza dei ponti termici [%]

Descrizione della struttura	Maggiorazione [%]
Parete con isolamento all'esterno (a cappotto) e ponti termici corretti	5
Parete con isolamento all'esterno (a cappotto) e ponti termici non corretti	15
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolamento)	5
Parete a cassetta con mattoni forati (senza isolante)	10
Parete a cassetta con isolamento nell'intercapedine (ponte termico corretto)	10
Parete a cassetta con isolamento nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	20
Pannello prefabbricato in calcestruzzo con pannello isolante all'interno	30



RIGENERA 2016

Aspetti Pratici 2/2

- Oggi è consentito:

Tipo di Approccio	Accuratezza media del dato	Considerazioni
Numerico (FEM)	$\pm 5\%$	- E' possibile valutare qualsiasi tipo di geometria anche quelle più complesse e meno comuni - Sforzo computazionale più elevato e utilizzo di software dedicati (non solo all'analisi dei ponti termici)
Abachi	$\pm 20\%$	- Geometrie limitate - Derivano da analisi termiche condotte con procedure dettagliate - Risultati che possono penalizzare alcune verifiche obbligatorie (Ulim $\rightarrow$ PT corretto, Ht)
Metodi di Calcolo Manuali	$\pm 20\%$	- Utilizzano procedure analitiche semplificate - Geometrie limitate - Risultati che possono penalizzare alcune verifiche obbligatorie (Ulim $\rightarrow$ PT corretto, Ht)

RIGENERA 2016

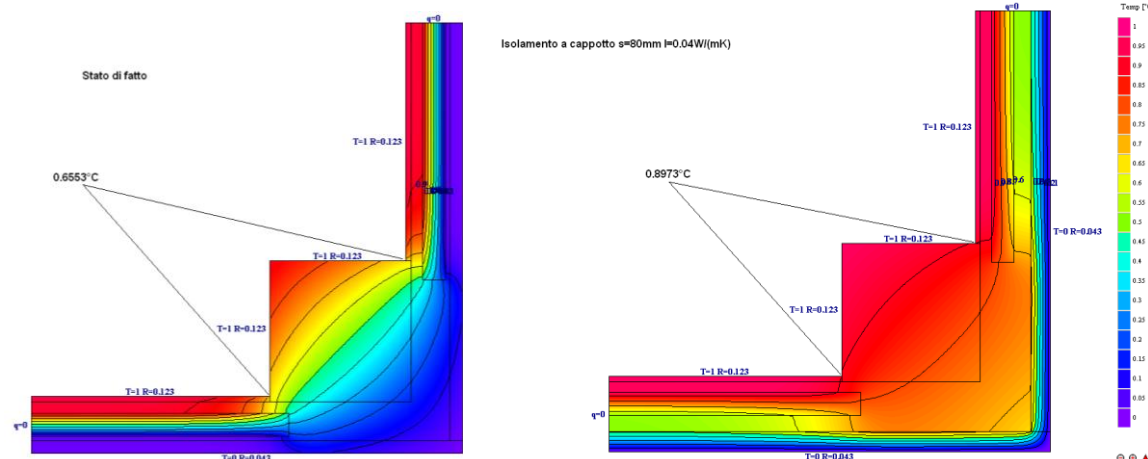
Alcuni software per l'analisi numerica

- THERM
- KOBRA (GUI in francese)
- FEMM
- HEAT2 / HEAT3
- IRIS
- COMSOL MULTIPHISICS
- ANSYS
- STRAUSS
- ...

RIGENERA 2016

Alcuni Esempi di utilizzo di software

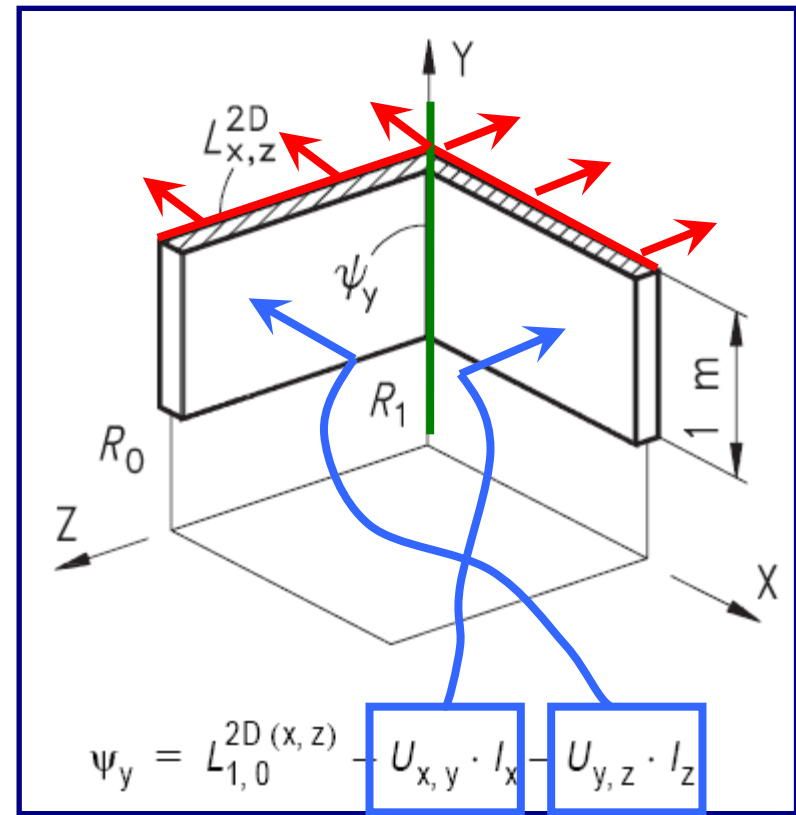
- La normativa di riferimento da adottare per la valutazione dei PT è la UNI EN ISO 10211:
 - La norma impone tutte le condizioni al contorno da imporre nella valutazione dei PT lineari;
 - Di base si impongono le temperature superficiali (Int. ed Est.) con i relativi coefficienti di scambio termico (RD+CV);
 - Si valuta infine il flusso termico totale per ricavare extraflusso ψ dovuto al PT.



RIGENERA 2016

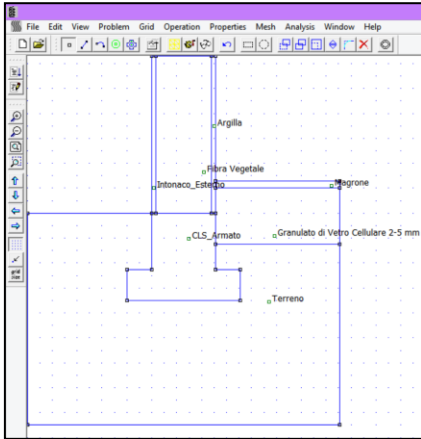
Esempio di PT ad angolo - Schematizzazione

- Si considera una sezione della parete (in questo caso orizzontale)
- La profondità della parete si suppone unitaria in modo da ottenere un valore di ψ per metro lineare



RIGENERA 2016

I Passi Principali da seguire nel Calcolo



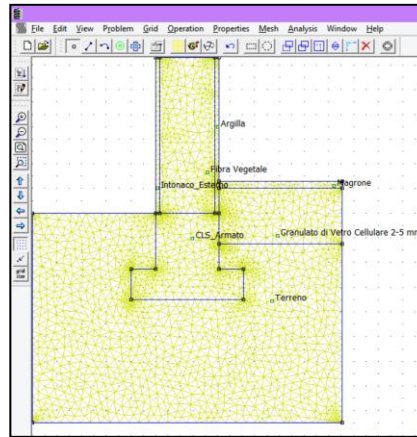
Creazione della Geometria

- Direttamente dal Progr.
- Importando file .dxf

Definizione delle Proprietà Termiche dei materiali

Lambda del materiale

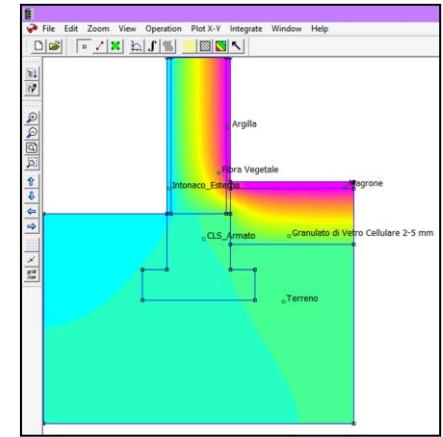
Definizione delle Condizioni al Contorno



Creazione della mesh

- Suddivisione dello spazio in elementi
- I programmi sono dotati di algoritmi interni

Calcolo dei flussi termici e delle temperature del modello



Post-elaborazione dei risultati ottenuti dal calcolo

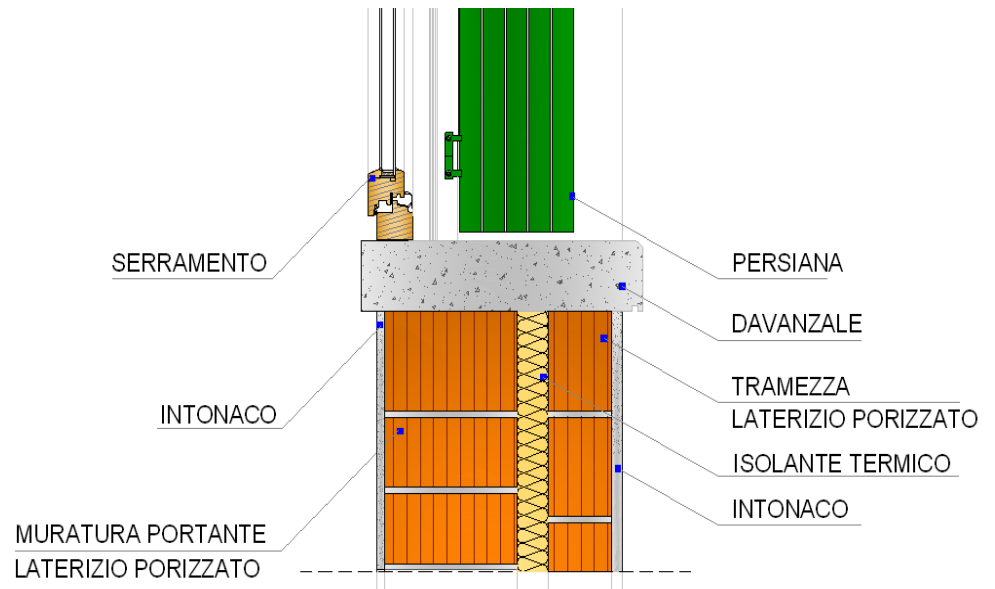
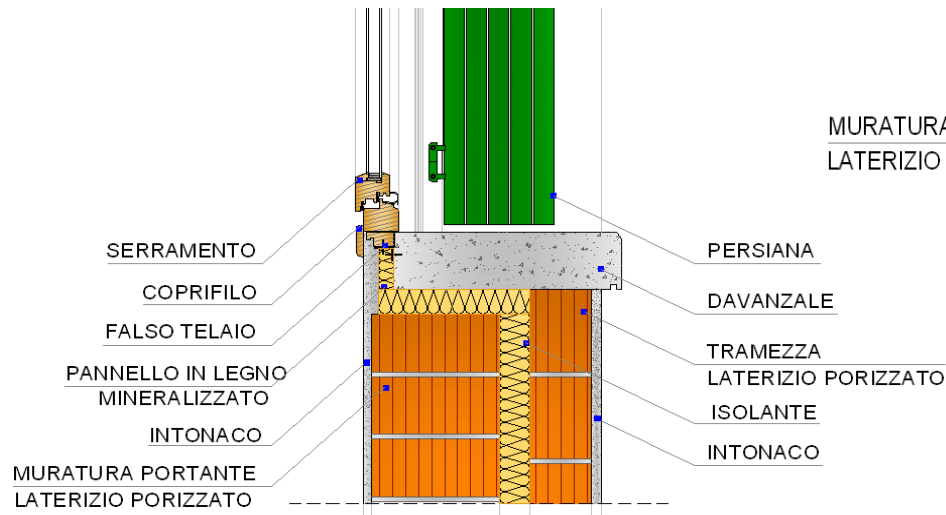
Valutazione del flusso L2D e della T_{min}

Calcolo di ψ e del Fattore di Temperatura

RIGENERA 2016

Utilizzo in fase progettuale

*Confronto tra
soluzioni isolate e
non isolate*



RIGENERA 2016

Rischio di condensazione
sulla superficie interna

$$f_{Rsi}=0.510$$

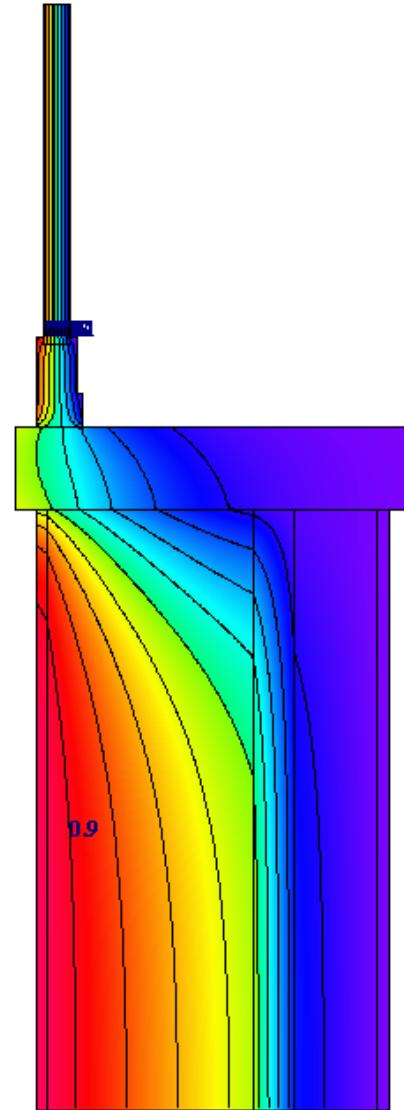
$$\Theta_i = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\Theta_e = -5^{\circ}\text{C}$$

$$\Theta_{\text{supmin}} = 8^{\circ}\text{C}$$

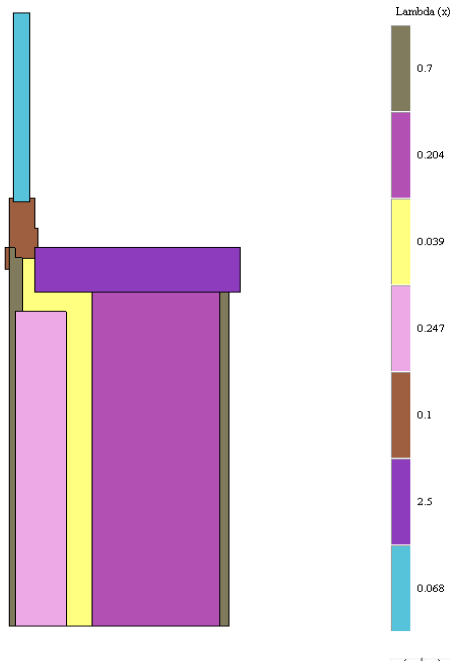
condensazione sulla superficie interna

$\Theta_{\text{supmin}} = \Theta_R$ con aria interna a 20°C e $\phi=50\%$ ma
si raggiunge la Θ_{sat} già a 20°C e $\phi=10\%$



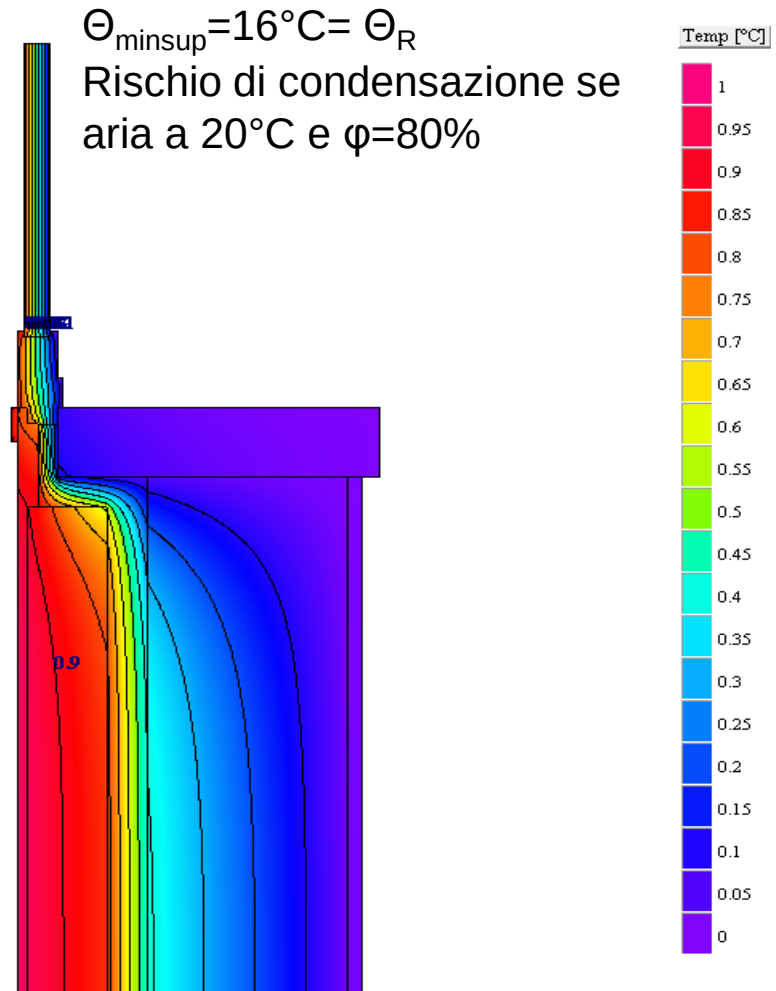
RIGENERA 2016

Analisi dei ponti termici – soluzione isolata



Risultati del calcolo

ψ_i	0.155 W/(mK)
ψ_e	0.155 W/(mK)
f_{rsi}	0.841



RIGENERA 2016

Concludendo - Utilità degli applicativi

- Valutare ψ da utilizzare nei comuni software commerciali per la redazione di relazioni tecniche;
- Valutare l'incidenza del PT nella valutazione della trasmittanza termica globale della struttura;
- Stimare gli effetti di diverse soluzioni tecniche di isolamento delle strutture;
- Verificare l'assenza di condensa superficiale.

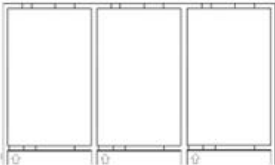
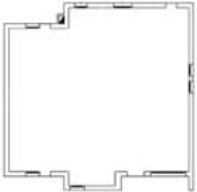
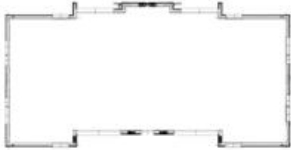
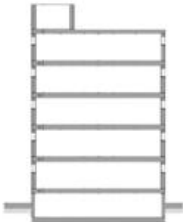
RIGENERA 2016

Aspetti energetici dell'involucro edilizio

ALCUNI CASI STUDIO

RIGENERA 2016

Analisi Energetica di Retrofit di Edifici Esistenti

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
External view				
Plan	 4.20 9.50	 12.30 11.20	 27.8 14.8	 18.0 9.90
Section	 11.5 7.5	 12.30 11.20	 27.8 14.8	 18.0 9.90
S/V ratio	0.9	0.84	0.39	0.46
Number of storeys	4	2	6	6

RIGENERA 2016

WINDOWS PROPERTY	BEFORE		AFTER	
	U-VALUE [W/m ² K]	g-factor	U-VALUE [W/m ² K]	g-factor
CASE 1 and 2	2.8	0.755	1.4	0.589
CASE 3 and 4	5.8	0.855	1.4	0.589
Frame 15%, U=2.27 W/mK				

OCCUPANCY SCHEDULINGS			
time	SINGLE HOUSING		COLLECTIVE HOUSING
	day	night	day+night
0.00 – 7.00	0	1	1
7.00 – 8.00	1	0,5	1
8.00 – 9.00	0,5	0	0,5
9.00 – 16.00	0,12	0	0,12
16.00 – 19.00	0,5	0	0,5
19.00 – 20.00	1	0	1
20.00 – 22.00	0,5	0,5	1
22.00 – 24.00	0	1	1

LIGHTING SCHEDULINGS			
time	SINGLE HOUSING		COLLECTIVE HOUSING
	day	night	day+night
0.00 – 7.00	0	0	0
7.00 – 8.00	0,5	0,5	1
8.00 – 9.00	1	0	1
9.00 – 16.00	0	0	0
16.00 – 19.00	0,5	0	0,5
19.00 – 20.00	0,5	0	1
20.00 – 22.00	0,5	0,5	1
22.00 – 24.00	0	0	0

RIGENERA 2016

BEFORE RENOVATION			
LAYERS [m]	FRONT – BACK h [kJ/h m²K]	WALL THICKNESS [m]	U-VALUE [W/m²K]
EXTERNAL WALL			
plaster 0,015, hollow brick 0,08, air layer 0,04, concrete block 0.155, gypsum lime plaster 0,015	0.11 - 0.64	0.305	0.96
BASEMENT			
tile 0.015, lean cement mortar 0.05, sand gravel concrete 0.4, pebbles 0.3	0.11 – 0.11	0.765	1.011
ROOF			
sand-lime plaster internal use 0.015, floor slab_24 0.24, lean cement mortar 0.05, roof tiles 0.015	0.11 - 0.64	0.32	1.74
AFTER RENOVATION			
LAYERS [m]	FRONT – BACK h [kJ/h m²K]	WALL THICKNESS [m]	U-VALUE [W/m²K]
EXTERNAL WALL			
plaster 0,015, hollow brick 0,08, air layer 0,04, concrete block 0.155, polistirene 036 0.1 , gypsum lime plaster 0,015	0.11 - 0.64	0.405	0.26 → - 73%
BASEMENT			
tile 0.015, lean cement mortar 0.05, polistirene 036 0.1 , sand gravel concrete 0.4, pebbles 0.3	0.11 – 0.11	0.865	0.577 → - 43%
ROOF			
sand-lime plaster internal use 0.015, floor slab_24 0.24, polistirene 036 0.1 , lean cement mortar 0.05, roof tiles 0.015	0.11 - 0.64	0.42	0.3 → - 83%

RIGENERA 2016



TERRACED HOUSE

NET HEATED AREA

126.0 mq

	ANTE W 56		ANTE W 28		ANTE W 14		RETROFIT 6 no W		RETROFIT 6		RETROFIT 8		RETROFIT 10	
Year kWh/m ²	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C
	143.1	15.3	118.8	16.2	99.2	14.1	46.0	28.4	38.6	25.3	35.3	25.9	33.0	26.4
			83%		69%		32%		27%		25%		23%	



DETACHED HOUSE

NET HEATED AREA

210.0 mq

	ANTE W 56		ANTE W 28		ANTE W 14		RETROFIT 6 no W		RETROFIT 6		RETROFIT 8		RETROFIT 10	
Year kWh/m ²	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C
	179.4	13.0	161.2	14.1	153.4	13.3	97.4	15.6	67.8	16.4	59.6	17.0	53.8	17.5
			90%		86%		54%		38%		33%		30%	



APARTMENT HOUSE LOW DENSITY

NET HEATED AREA

1335 mq

	ANTE W 56		ANTE W 28		ANTE W 14		RETROFIT 6 no W		RETROFIT 6		RETROFIT 8		RETROFIT 10	
Year kWh/m ²	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C
	99.0	16.3	61.8	21.1	46.2	21.6	45.5	25.1	30.0	26.4	27.8	27.3	40.7	1.9
			62%		47%		46%		30%		28%		41%	



APARTMENT HOUSE HIGH DENSITY

NET HEATED AREA

670 mq

	ANTE W 56		ANTE W 28		ANTE W 14		RETROFIT 6 no W		RETROFIT 6		RETROFIT 8		RETROFIT 10	
Year kWh/m ²	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C	H	C
	223.5	4.2	193.8	4.3	182.6	3.6	117.5	3.9	89.2	3.2	83.7	3.5	79.8	3.7
			87%		82%		53%		40%		37%		36%	

RIGENERA 2016

- Una riqualificazione dell'involucro può portare a significativi risparmi in termini energetici **fino all'70%** (compatibilmente con le condizioni di partenza!)
- Un **buon isolamento** comporta però un **incremento dei fabbisogni** energetici legati al raffrescamento
- La **riduzione delle infiltrazioni** è **positiva** per quanto riguarda il riscaldamento ma **riduce gli effetti del raffrescamento notturno**

RIGENERA 2016

... concludendo:

- L'involucro ricopre un aspetto di fondamentale importanza nel contenimento/riduzione dei fabbisogni legati alla climatizzazione invernale
- Di fondamentale importanza è lo studio complessivo del sistema EDIFICIO-IMPIANTO
- La nuova sfida oggi è il contenimento dei fabbisogni per la climatizzazione estiva



... è necessario adottare opportune strategie per limitare i guadagni solari e controllare i carichi interni negli edifici ...

RIGENERA 2016

...grazie dell'attenzione