



Relazione del 4 gennaio 2010

Analisi comparativa di un edificio commerciale con
differenti livelli di isolamento delle superfici opache

Committente:

SAME S.r.l.

Via Ferriera n. 68 – 06089 Torgiano – Perugia

Autori:

ing. Giorgio Baldinelli

ing. Catia Baldassarri

INDICE

INTRODUZIONE	pag. 3
1. FABBRICATI OGGETTO DELL'ANALISI	pag. 4
2. CONDIZIONI DI CALCOLO	pag. 5
3. RISULTATI.....	pag. 6
4. VERIFICA DELLA CONDENSA	pag. 8

ALLEGATI

1 – Stratigrafie delle diverse configurazioni.....	pag. 11
1.1 Tipologia VECMOD	pag. 12
1.2 Tipologia ANTE76	pag. 14
1.3 Tipologia ANTE91	pag. 15
1.4 Tipologia POST91-2010	pag. 16
1.5 Tipologia VECCAP	pag. 17
2 – Relazione di calcolo delle diverse configurazioni	pag. 19
2.1 $T_{\text{int estiva}} = 26^{\circ}\text{C}$, orario estivo completo	pag. 23
2.1.1. <i>Tipologia VECMOD</i>	pag. 24
2.1.2. <i>Tipologia ANTE76</i>	pag. 34
2.1.3. <i>Tipologia ANTE91</i>	pag. 45
2.1.4. <i>Tipologia POST91-2010</i>	pag. 56
2.1.5. <i>Tipologia VECCAP</i>	pag. 67
2.2 $T_{\text{int estiva}} = 26^{\circ}\text{C}$, orario estivo 9-20	pag. 78
2.2.1. <i>Tipologia VECMOD</i>	pag. 79
2.2.2. <i>Tipologia ANTE76</i>	pag. 90
2.2.3. <i>Tipologia ANTE91</i>	pag. 101
2.2.4. <i>Tipologia POST91-2010</i>	pag. 112
2.2.5. <i>Tipologia VECCAP</i>	pag. 123
2.3 $T_{\text{int estiva}} = 24^{\circ}\text{C}$, orario estivo 9-20	pag. 134
2.3.1. <i>Tipologia VECMOD</i>	pag. 134
2.3.2. <i>Tipologia ANTE76</i>	pag. 145
2.3.3. <i>Tipologia ANTE91</i>	pag. 156
2.3.4. <i>Tipologia POST91-2010</i>	pag. 167
2.3.5. <i>Tipologia VECCAP</i>	pag. 178
2.4 $T_{\text{int estiva}} = 22^{\circ}\text{C}$, orario estivo 9-20	pag. 189
2.4.1. <i>Tipologia VECMOD</i>	pag. 189
2.4.2. <i>Tipologia ANTE76</i>	pag. 200
2.4.3. <i>Tipologia ANTE91</i>	pag. 211
2.4.4. <i>Tipologia POST91-2010</i>	pag. 222
2.4.5. <i>Tipologia VECCAP</i>	pag. 233

INTRODUZIONE

Nella presente relazione è descritta la campagna di misure commissionata dalla SAME S.r.l alla TISS S.r.l. per la valutazione del risparmio energetico legato all'intervento sull'involucro di un edificio commerciale pilota.

L'intervento consiste nel dotare un fabbricato esistente di un capotto esterno formato da un pacchetto che comprende, tra l'altro, un pannello di materiale riflettente.

L'analisi comparativa è stata effettuata su diverse tipologie di livelli di isolamento, in funzione della data di costruzione del fabbricato e con diversi valori della temperatura di progetto interna estiva. Si è considerata l'ubicazione dell'edificio nel Comune di Perugia, ascrivendo allo stabile una pianta rettangolare di dimensioni pari a 50 x 60 m e un'altezza pari a 5 m all'intradosso della copertura; uno dei lati lunghi è esposto a Nord. E' stata poi considerata un'ulteriore semplificazione che consiste nell'aver considerato l'assenza di aperture verso l'esterno.

L' impianto di climatizzazione ipotizzato è del tipo a tutt'aria miscelata.

1) FABBRICATI OGGETTO DELL'ANALISI

Gli edifici oggetto della valutazione energetica sono definiti come segue:

- Tipologia vecchie modalità (VECMOD): si tratta di fabbricati realizzati nella zona del perugino decine di anni fa, con scarsi livelli di isolamento; le stratigrafie sono state indicate dalla committenza e sono riportate in allegato 1.
- Tipologia anteriore alla Legge 373/76 (ANTE76): si tratta di fabbricati realizzati prima dell'avvento della Legge 373/76 e le cui stratigrafie sono state ricavate dalle indicazioni contenute nella UNITS/11300-1 del 2008 (allegato 1).
- Tipologia anteriore alla Legge 10/91 (ANTE91): si tratta di fabbricati realizzati prima dell'avvento della Legge 10/91 ma successivamente alla legge 373/76 e le cui stratigrafie sono state ricavate dalle indicazioni contenute nella UNITS/11300-1 del 2008 (allegato 1).
- Tipologia moderna (POST91-2010): si tratta di fabbricati nuovi, realizzati successivamente alla Legge 10/91, con i criteri previsti dal DL 311/06, in osservanza dei limiti in vigore dal 1 gennaio 2010 (allegato 1).
- Tipologia vecchie modalità con cappotto (VECCAP): si tratta di fabbricati realizzati nella zona del perugino decine di anni fa, con scarsi livelli di isolamento e oggetto di una ristrutturazione finalizzata all'ottimizzazione energetica. Si prevede l'inserimento di un cappotto con materiale riflettente sulle strutture verticali e in copertura, mentre la stratigrafia del pavimento su terreno rimane invariata (allegato 1).

2) CONDIZIONI DI CALCOLO

Per ciascuno degli edifici descritti nel capitolo precedente, sono state elaborate alcune simulazioni, in corrispondenza di diverse condizioni di lavoro:

- 1) Calcolo del fabbisogno di energia primaria ai sensi delle UNI/TS 11300.
- 2) Calcolo del fabbisogno di energia primaria ai sensi delle UNI/TS 11300 per la stagione invernale e valutazione dei consumi estivi in corrispondenza delle temperature esterne relative al solo orario di apertura (**9-20**). Il fabbisogno estivo derivante dalle UNI/TS 11300 viene dimezzato per tenere conto della limitazione sulla temperatura esterna; la temperatura di progetto interna della stagione di raffrescamento pari a **26°C**.
- 3) Calcolo del fabbisogno di energia primaria ai sensi delle UNI/TS 11300 per la stagione invernale e valutazione dei consumi estivi in corrispondenza delle temperature esterne relative al solo orario di apertura (**9-20**). Il fabbisogno estivo derivante dalle UNI/TS 11300 viene dimezzato per tenere conto della limitazione sulla temperatura esterna; la temperatura di progetto interna della stagione di raffrescamento pari a **24°C**.
- 4) Calcolo del fabbisogno di energia primaria ai sensi delle UNI/TS 11300 per la stagione invernale e valutazione dei consumi estivi in corrispondenza delle temperature esterne relative al solo orario di apertura (**9-20**). Il fabbisogno estivo derivante dalle UNI/TS 11300 viene dimezzato per tenere conto della limitazione sulla temperatura esterna; la temperatura di progetto interna della stagione di raffrescamento pari a **22°C**.

3) RISULTATI

Su indicazioni del committente, si è ipotizzato un sistema di riscaldamento alimentato a metano, con una potenzialità della caldaia sufficiente a contenere le dispersioni dell'edificio. Per quanto concerne i calcoli estivi, in assenza della normativa specifica per il passaggio dalle dispersioni dell'edificio al fabbisogno di energia primaria, si è semplicemente ipotizzato l'utilizzo di una macchina frigorifera con coefficiente di performance (COP) pari a **2,8** e, per il calcolo dell'energia primaria, si è considerato un rendimento della rete elettrica nazionale pari al **33%**.

I calcoli completi delle singole configurazioni sono riportati in allegato 2; nella tabella 1 sono riassunti i risultati delle analisi effettuate, sotto il profilo dei fabbisogni energetici.

Tab. 1 – Riepilogo dei fabbisogni energetici nelle diverse configurazioni.

Condizioni di calcolo	Configurazione	EPI	EPE	Fabbisogno invernale	Fabbisogno estivo	Fabbisogno annuo
		kWh/m ³ anno	kWh/m ³ anno	kWh/anno	kWh/anno	kWh/anno
T _{int estiva} = 26°C Orario estivo completo	VECMOD	43,42	2,85	651.300	15.268	666.568
	ANTE76	29,13	2,23	436.950	11.946	448.896
	ANTE91	16,47	1,87	247.050	10.018	257.068
	POST91-2010	10,03	1,84	150.450	9.857	160.307
	VECCAP	11,46	1,94	171.900	10.393	182.293
T _{int estiva} = 26°C Orario estivo 9-20	VECMOD	43,42	4,95	651.300	26.491	677.791
	ANTE76	29,13	3,72	436.950	19.929	456.879
	ANTE91	16,47	2,77	247.050	14.839	261.889
	POST91-2010	10,03	2,32	150.450	12.429	162.879
	VECCAP	11,46	2,50	171.900	13.393	185.293
T _{int estiva} = 24°C Orario estivo 9-20	VECMOD	43,42	7,40	651.300	39.643	690.943
	ANTE76	29,13	5,48	436.950	29.330	466.280
	ANTE91	16,47	3,92	247.050	21.000	268.050
	POST91-2010	10,03	3,13	150.450	16.741	167.191
	VECCAP	11,46	3,39	171.900	18.161	190.061
T _{int estiva} = 22°C Orario estivo 9-20	VECMOD	43,42	10,10	651.300	54.107	705.407
	ANTE76	29,13	7,37	436.950	39.482	476.432
	ANTE91	16,47	5,12	247.050	27.402	274.452
	POST91-2010	10,03	3,94	150.450	21.107	171.557
	VECCAP	11,46	4,30	171.900	23.009	194.909

In tabella 2 sono riportati i consumi energetici in termini di metano per il riscaldamento invernale e di energia elettrica per il raffrescamento estivo, insieme ai relativi costi e ai confronti delle diverse configurazioni, prendendo come soluzione base la configurazione VECMOD.

Si è ipotizzato un potere calorifico inferiore del metano pari a 36 MJ/Nm³, ovvero 10 kWh/Nm³; il prezzo del metano è stato valutato in 0,60 €/Nm³, ovvero 0,06 €/kWh mentre il prezzo del kWh elettrico per il raffrescamento estivo è considerato pari a 0,10 €.

Tab. 2 – Riepilogo dei costi di energia primaria e confronto.

Condizioni di calcolo	Configurazione	Spesa invernale	Spesa estiva	Spesa annua totale	Differenza con VECMOD	Differenza con VECMOD
		€/anno (metano)	€/anno (en. el.)	€/anno	€/anno	%
T _{int estiva} = 26°C Orario estivo completo	VECMOD	39.078	1.527	40.605	-	-
	ANTE76	26.217	1.195	27.412	-13.193	-32%
	ANTE91	14.823	1.002	15.825	-24.780	-61%
	POST91-2010	9.027	986	10.013	-30.592	-75%
	VECCAP	10.314	1.039	11.353	-29.252	-72%
T _{int estiva} = 26°C Orario estivo 9-20	VECMOD	39.078	2.649	41.727	-	-
	ANTE76	26.217	1.993	28.210	-13.517	-32%
	ANTE91	14.823	1.484	16.307	-25.420	-61%
	POST91-2010	9.027	1.243	10.270	-31.457	-75%
	VECCAP	10.314	1.339	11.653	-30.074	-72%
T _{int estiva} = 24°C Orario estivo 9-20	VECMOD	39.078	3.964	43.042	-	-
	ANTE76	26.217	2.933	29.150	-13.892	-32%
	ANTE91	14.823	2.100	16.923	-26.119	-61%
	POST91-2010	9.027	1.674	10.701	-32.341	-75%
	VECCAP	10.314	1.816	12.130	-30.912	-72%
T _{int estiva} = 22°C Orario estivo 9-20	VECMOD	39.078	5.411	44.489	-	-
	ANTE76	26.217	3.948	30.165	-14.324	-32%
	ANTE91	14.823	2.740	17.563	-26.926	-61%
	POST91-2010	9.027	2.111	11.138	-33.351	-75%
	VECCAP	10.314	2.301	12.615	-31.874	-72%

L'analisi comparativa sopra riportata, è legata al livello di approssimazione con cui è stato schematizzato l'edificio pilota; resta inteso che, per un confronto dettagliato con edifici reali, sarà necessario simulare con esattezza le effettive stratigrafie, la distribuzione planimetrica e i carichi interni.

4) VERIFICA DELLA CONDENSA

La configurazione VECCAP, ovvero l'edificio scarsamente isolato integrato con un cappotto di materiale riflettente sulle strutture verticali e in copertura, è stato analizzato anche in termini di verifica della formazione di condensa nelle pareti opache.

Di seguito sono riportati i dati relativi alla parete verticale.

Materiale	Mu	R	S
		[(m ² · K)/W]	[cm]
Parete interna cls armato	30	0,08	7
Polistirolo UNI 7819-88	55	1,25	5
Parete esterna cls armato	50	0,05	7
Intercapedine aria ver. 20 mm	1	0,59	2
Foglio di allum. (0,03-0,05mm)	700000	0	0
Polietilene esp. estr. non ret	200	0,13	0,8
Foglio di allum. (0,03-0,05mm)	700000	0	0
Intercapedine aria ver. 20 mm	1	0,59	2
Foglio di allum. (0,03-0,05mm)	700000	0	0
Polietilene esp. estr. non ret	200	0,13	0,8
Foglio di allum. (0,03-0,05mm)	700000	0	0
Intercapedine aria ver. 20 mm	1	0,59	2
Magnesiacore	150	0,06	1,2
		Totale	Totale
Fattore di qualità = 0,9330		3,76	27,8

Calcolo della condensa										
Mese	Te	URe	Ti	Uri	Pe	Pi	Tmin	Frsi	Gc	Ma
	[°C]	[%]	[°C]	[%]	[kPa]	[kPa]	[°C]		[kg/m ²]	[kg/m ²]
Gennaio	4	73	20	50	0,59	1,16	12,5	0,5330	0	0
Febbraio	5	86	20	50	0,74	1,16	12,5	0,5020	0	0
Marzo	8,1	49	20	50	0,52	1,16	12,5	0,3730	0	0
Aprile	11,5	68	20	50	0,91	1,16	12,5	0,1220	0	0
Maggio	15,4	68	20	50	1,18	1,16	12,5	0,0000	0	0
Giugno	20,1	53	20	50	1,25	1,16	12,5	0,0000	0	0
Luglio	23,1	50	20	50	1,42	1,16	12,5	0,0000	0	0
Agosto	22,7	51	20	50	1,39	1,16	12,5	0,0000	0	0
Settembre	19,6	75	20	50	1,69	1,16	12,5	0,0000	0	0
Ottobre	14,1	79	20	50	1,26	1,16	12,5	0,0000	0	0
Novembre	9,4	91	20	50	1,06	1,16	12,5	0,2960	0	0
Dicembre	5,5	84	20	50	0,75	1,16	12,5	0,4850	0	0

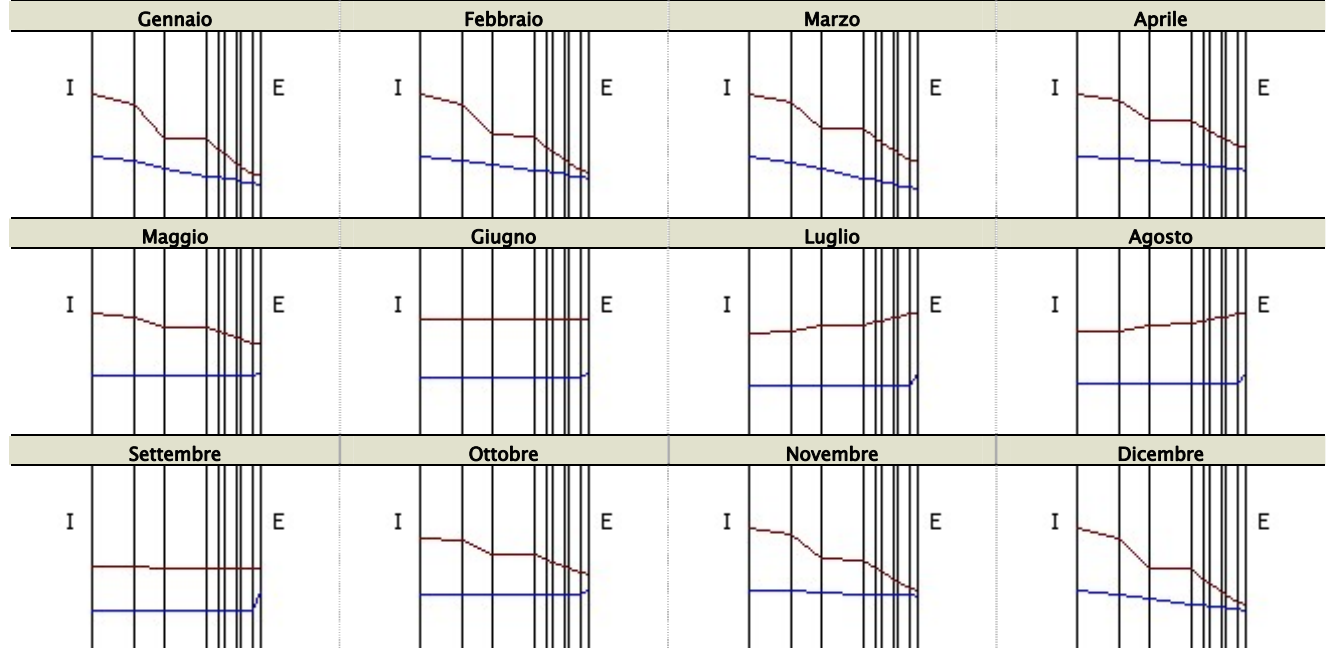
Verifiche normative

La struttura **non è** soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

La quantità di condensato **non supera** i 0.5 kg/m²

La struttura **non è** soggetta a fenomeni di condensa superficiale

Riepilogo grafico dei mesi



Nelle tabelle successive sono invece riportati i risultati relativi alla copertura.

Materiale	Mu	R	S
		[(m ² ·K)/W]	[cm]
calcestruzzo massettomix	70	0	0
Calcestruzzo ordinario	70	0,05	7
Membrana BITUVER ALUVAPOR TEND	670000	0	0,2
Intercapedine aria ver. 20 mm	1	0,59	2
Foglio di allum. (0,03-0,05mm)	700000	0	0
Polietilene esp. estr. non ret	200	0,13	0,8
Foglio di allum. (0,03-0,05mm)	700000	0	0
Intercapedine aria ver. 20 mm	1	0,59	2
Foglio di allum. (0,03-0,05mm)	700000	0	0
Polietilene esp. estr. non ret	200	0,13	0,8
Foglio di allum. (0,03-0,05mm)	700000	0	0
Intercapedine aria ver. 20 mm	1	0,59	2
Magnesiacore	150	0,06	1,2
Membrana BITUVER ALUVAPOR TEND	670000	0	0,2
calcestruzzo massettomix	70	0,02	4
		Totale	Totale
Fattore di qualità = 0,8980		2,45	20,1

Calcolo della condensa

Mese	Te	URe	TI	Uri	Pe	Pi	Tmin	Frsi	Gc	Ma
	[°C]	[%]	[°C]	[%]	[kPa]	[kPa]	[°C]		[kg/m ²]	[kg/m ²]
Dicembre	5,5	84	20	50	0,75	1,16	12,5	0,4850	0,006	0,006
Gennaio	4	73	20	50	0,59	1,16	12,5	0,5330	0,007	0,012
Febbraio	5	86	20	50	0,74	1,16	12,5	0,5020	0,005	0,017
Marzo	8,1	49	20	50	0,52	1,16	12,5	0,3730	0	0,017
Aprile	11,5	68	20	50	0,91	1,16	12,5	0,1220	0	0,017
Maggio	15,4	68	20	50	1,18	1,16	12,5	0,0000	0	0,016
Giugno	20,1	53	20	50	1,25	1,16	12,5	0,0000	-0,001	0,016
Luglio	23,1	50	20	50	1,42	1,16	12,5	0,0000	-0,001	0,015
Agosto	22,7	51	20	50	1,39	1,16	12,5	0,0000	-0,001	0,014
Settembre	19,6	75	20	50	1,69	1,16	12,5	0,0000	0	0,014
Ottobre	14,1	79	20	50	1,26	1,16	12,5	0,0000	0	0,014
Novembre	9,4	91	20	50	1,06	1,16	12,5	0,2960	0	0,014

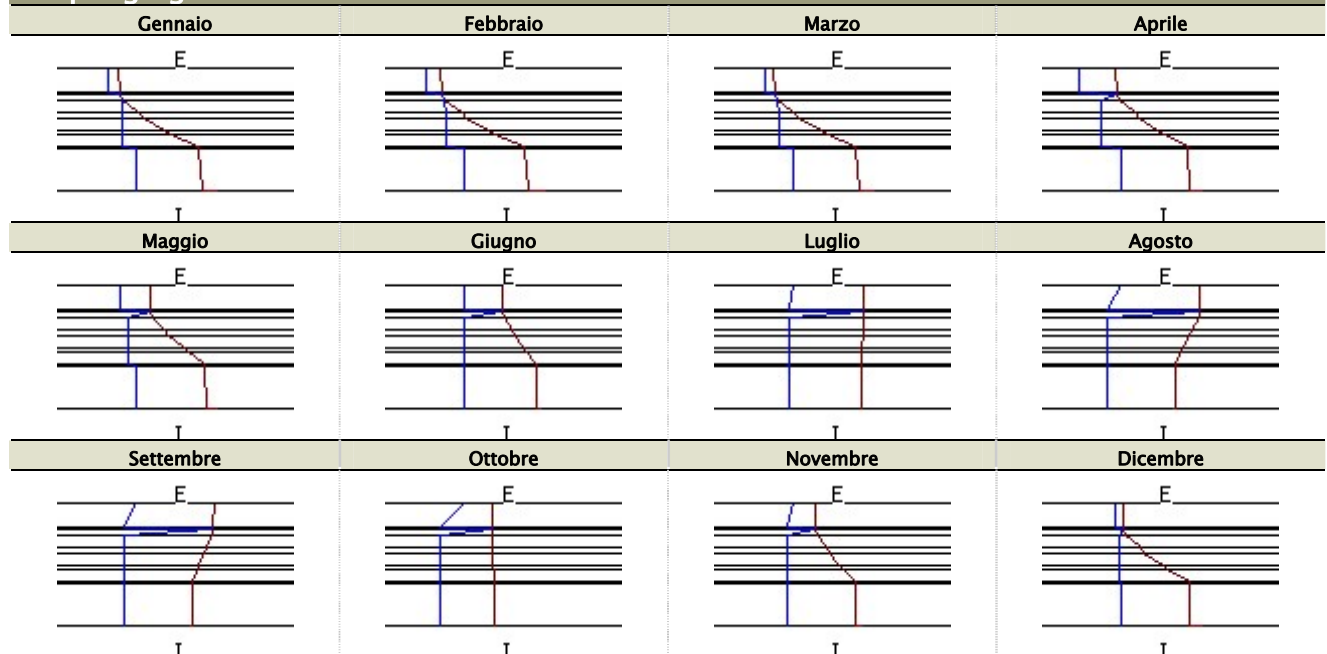
Verifiche normative

La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

La quantità di condensato **non supera** i 0.5 kg/m²

La struttura **non è** soggetta a fenomeni di condensa superficiale

Riepilogo grafico dei mesi



ing. Giorgio Baldinelli

ing. Catia Baldassarri