

Ricerca di Sistema elettrico



Pareti responsive alle diverse condizioni climatiche esterne ed interne abili allo stoccaggio di energia termica: stato dell'arte, specifiche tecniche di base e progettazione preliminare (LA3.10)

O. Calò, A. Cancellara, R. Giannusso, D. Marano, D. A. Matera,
P. Regina

PARETI RESPONSIVE ALLE DIVERSE CONDIZIONI CLIMATICHE ESTERNE ED INTERNE ABILI ALLO STOCCAGGIO DI ENERGIA TERMICA: STATO DELL'ARTE, SPECIFICHE TECNICHE DI BASE E PROGETTAZIONE PRELIMINARE (LA3.10)

O. Calò, A. Cancellara, R. Giannusso, D. Marano, D. A. Matera, P. Regina (ENEA)

Con il contributo di: P. Sdringola (ENEA)

Giugno 2023

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA
Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: Edifici ad alta efficienza per la transizione energetica

Linea di attività: 3.10

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi, ENEA

Responsabile del Work Package: Paolo Sdringola, ENEA

Responsabile Linea di Attività: ENEA

Mese inizio previsto: 1

Mese inizio effettivo: 1

Mese fine previsto: 18

Mese fine effettivo: 18

Indice

1	RISULTATI ATTESI	3
2	RISULTATI OTTENUTI.....	5
3	PRODOTTI ATTESI.....	7
4	PRODOTTI SVILUPPATI	8
5	ANALISI DEGLI SCOSTAMENTI SU ATTIVITÀ E RISULTATI.....	9
6	SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE	10
7	DETTAGLIO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	11
8	CONTRIBUTO DELLE EVENTUALI CONSULENZE ALLE ATTIVITÀ SOPRA DESCRITTE.....	18
9	PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE.....	19
10	EVENTI DI DISSEMINAZIONE	20

1 Risultati attesi

Lista dei risultati attesi come da capitolato vigente.

1.1 Analisi dello stato dell'arte delle pareti responsive

Sarà svolta un'analisi dello stato dell'arte delle tecnologie di recente sviluppo adottate per le pareti perimetrali opache di tipo responsivo in grado di adattare le caratteristiche termiche alle differenti condizioni di uso e/o climatiche.

1.2 Analisi dello stato dell'arte dei sistemi di accumulo termico per il settore residenziale

Sarà svolta un'analisi dello stato dell'arte delle principali tecnologie adottate per gli accumuli termici nel settore residenziale. In particolare, saranno analizzati sistemi di accumulo basati su materiali a cambiamento di fase con riferimento ai mezzi di contenimento, ai sistemi di scambio termico, all'integrazione con generatori di calore a fonti rinnovabili per sistemi integrati nelle pareti opache.

1.3 Analisi dei principali materiali a cambiamento di fase per l'accumulo termico estivo ed invernale

Saranno analizzati le principali famiglie di materiali a cambiamento di fase e valutate le caratteristiche termodinamiche (capacità termica, densità, entalpia di fusione etc.), cambiamenti di fase e diagrammi di stato di materiali in miscela, problematiche di sicurezza e corrosione dei materiali usati per il contenimento. Analisi dei meccanismi di scambio termico e metodiche per l'incremento delle capacità di scambio termico.

1.4 Requisiti di base e prestazionali dei sistemi di accumulo termico in pareti tradizionali e a trasmittanza termica variabile per l'edilizia

Saranno definiti – sulla base dei fabbisogni di energia termica utile dei servizi energetici, delle tipologie di generatori e delle temperature di uso – i requisiti di base e una progettazione preliminare dei sistemi di accumulo in capacità di accumulo termico (kWh), potenza termica di scambio (kW), temperature di impiego.

1.5 Studio numerico e metodi di ottimizzazione dell'applicazione di involucri opachi responsivi a trasmittanza termica variabile e accumulo termico, in ordine alla riduzione di fabbisogni termici di riscaldamento e raffrescamento in edifici residenziali

Sarà definito un edificio di riferimento ed effettuata una comparazione sui consumi finali implementando le pareti responsive a trasmittanza termica variabile e accumulo termico. L'attività sarà avviata nella LA3.10 con la definizione architettonica dell'edificio/unità immobiliare di riferimento, l'analisi energetica in condizioni di progetto mensile ed oraria secondo norme standard (UNI TS 11300/EN ISO 5200). L'attività sarà conclusa nella LA3.11.

1.6 Studio numerico e progetto di pannello per pareti perimetrali dotati di accumulo termico (freddo e caldo) basato su materiali a cambiamento di fase con e senza pannello ventilato

Saranno valutate con metodi numerici le principali prestazioni termiche del pannello e definito il progetto esecutivo del sistema di accumulo integrabile in pareti opache. L'attività sarà avviata nella LA3.10 con la definizione delle geometrie di base e dei materiali costituenti l'accumulo (modello semplificato). L'attività sarà conclusa nella LA3.11.

1.7 Progetto del test rig sperimentale costituito da una porzione di circa 20 m² di una unità immobiliare realizzato con pareti responsive a trasmittanza termica variabile e dotate di accumulo termico basato su materiali a cambiamento di fase e impianto di climatizzazione

L'attività sarà avviata nella LA3.10 con la caratterizzazione delle pareti presenti nella porzione di immobile (costituzione, analisi termoflussimetriche) e l'analisi energetica relativa allo stato di fatto. L'attività sarà conclusa nella LA3.11.

1.8 Progetto delle catene di misura e dei sistemi di controllo

Saranno progettate le catene di misura per la determinazione sperimentale delle caratteristiche termiche dei pannelli e per valutare la loro integrazione nella struttura costituente il test rig, secondo normative tecniche eventualmente presenti. Saranno progettati sistemi di controllo dell'applicazione mediante strumentazione a basso costo, integrabili in sistemi complessi e connessi. L'attività sarà avviata nella LA3.10 con la definizione delle principali misure necessarie alla caratterizzazione dei sistemi presenti nel test rig e le norme applicabili. L'attività sarà conclusa nella LA3.11.

2 Risultati ottenuti

Lista dei risultati ottenuti.

2.1 Analisi dello stato dell'arte delle pareti responsive

È stata svolta un'analisi dello stato dell'arte delle tecnologie di recente sviluppo adottate per le pareti perimetrali opache di tipo responsivo in grado di adattare le caratteristiche termiche alle differenti condizioni di uso e/o climatiche. L'attività è terminata ed i risultati sono conformi a quanto riportato in capitolato.

2.2 Analisi dello stato dell'arte dei sistemi di accumulo termico per il settore residenziale

È stata svolta un'analisi dello stato dell'arte delle principali tecnologie adottate per gli accumuli termici nel settore residenziale. In particolare, sono stati analizzati sistemi di accumulo basati su materiali a cambiamento di fase con riferimento ai mezzi di contenimento, ai sistemi di scambio termico, all'integrazione con generatori di calore a fonti rinnovabili per sistemi integrati nelle pareti opache. L'attività è terminata ed i risultati sono conformi a quanto riportato in capitolato.

2.3 Analisi dei principali materiali a cambiamento di fase per l'accumulo termico estivo ed invernale

Sono state analizzate le principali famiglie di materiali a cambiamento di fase e valutate le caratteristiche termodinamiche (capacità termica, densità, entalpia di fusione etc.), cambiamenti di fase e diagrammi di stato di materiali in miscela, problematiche di sicurezza e corrosione dei materiali usati per il contenimento. È stata realizzata un'analisi dei meccanismi di scambio termico e delle metodiche per l'incremento delle capacità di scambio termico. L'attività è terminata ed i risultati sono conformi a quanto riportato in capitolato.

2.4 Requisiti di base e prestazionali dei sistemi di accumulo termico in pareti tradizionali e a trasmittanza termica variabile per l'edilizia

Sono stati definiti – sulla base dei fabbisogni di energia termica utile dei servizi energetici di riscaldamento e raffrescamento di unità immobiliari di nuova costruzione di superficie utile media rispetto al dato medio nazionale, delle tipologie di generatori e delle temperature di uso – i requisiti di base e una progettazione preliminare dei sistemi di accumulo in termini di capacità di accumulo termico medio giornaliero stimati per le nuove abitazioni nel range 26-83 (MJ/g) e 42-71 (MJ/g) rispettivamente per regime invernale ed estivo, potenza termica di scambio (kW), temperature di impiego (7-50°C). L'attività è terminata ed i risultati sono conformi a quanto riportato in capitolato.

2.5 Studio numerico e metodi di ottimizzazione dell'applicazione di involucri opachi responsivi a trasmittanza termica variabile e accumulo termico, in ordine alla riduzione di fabbisogni termici di riscaldamento e raffrescamento in edifici residenziali

Sono state definite tre unità immobiliari di riferimento sulle quali basare la valutazione energetica dell'implementazione dei sistemi a trasmittanza termica variabile e di accumulo. Sulle unità immobiliari è stata effettuata l'analisi energetica sulla base dei dati climatici di 4 zone climatiche con il metodo dinamico orario di cui alla UNI EN ISO 5200, valutando i fabbisogni di energia termica utile e le potenze su base oraria e giornaliera. L'analisi è stata effettuata anche su base mensile secondo UNI TS 11300. Quanto previsto per questa attività nella LA3.10 è stato realizzato e i risultati sono conformi a quanto riportato in capitolato.

2.6 Studio numerico e progetto di pannello per pareti perimetrali dotati di accumulo termico (freddo e caldo) basato su materiali a cambiamento di fase con e senza pannello ventilato

Sono stati definiti gli schemi dei sistemi di accumulo da integrare in pareti opache ed eseguita una progettazione preliminare, con la valutazione delle prestazioni con metodi analitici semplificati. Quanto previsto per questa attività nella LA3.10 è stato realizzato e i risultati sono conformi a quanto riportato in capitolato.

2.7 Progetto del test rig sperimentale costituito da una porzione di circa 20 m² di una unità immobiliare realizzato con pareti responsive a trasmittanza termica variabile e dotate di accumulo termico basato su materiali a cambiamento di fase e impianto di climatizzazione

È stata individuato un locale di un edificio ad uso terziario di superficie in pianta di circa 20 m² in cui testare le tecnologie. Il locale è stato caratterizzato con una analisi delle strutture opache basata sugli spessori e l'impiego degli abachi delle strutture per epoca e zona di costruzione; è stata svolta l'analisi energetica dello stato di fatto ed è stata eseguita la progettazione preliminare degli interventi per una sua riqualificazione energetica e la predisposizione alla realizzazione ed esercizio delle pareti prototipali. Quanto previsto per questa attività nella LA3.10 è stato realizzato e i risultati sono conformi a quanto riportato in capitolato.

2.8 Progetto delle catene di misura e dei sistemi di controllo

Sono state definite le catene di misura preliminari per la determinazione sperimentale delle caratteristiche termiche dei pannelli e per valutare la loro integrazione nella struttura costituente il test rig, secondo normative tecniche eventualmente presenti. È stata eseguita una progettazione preliminare dei sistemi di controllo mediante strumentazione a basso costo, integrabili in sistemi complessi e connessi. Quanto previsto per questa attività nella LA3.10 è stato realizzato e i risultati sono conformi a quanto riportato in capitolato.

3 Prodotti attesi

Lista dei prodotti attesi come da capitolato vigente:

- Report tecnico, contenente la descrizione delle attività previste e i risultati ottenuti.

4 Prodotti sviluppati

Lista dei prodotti sviluppati nella LA:

- Report tecnico, contenente la descrizione delle attività previste e i risultati ottenuti; allegato al report tecnico, comprendente una descrizione dettagliata delle attività condotte e dei risultati raggiunti (*inserito come allegato aggiuntivo*).

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Per le attività e i risultati previsti nella LA3.10 non sono stati rilevati scostamenti tecnici.

In riferimento agli aspetti economici, si evidenziano i seguenti scostamenti:

- B. Costi per strumenti, attrezzature, software specifico. Nel capitolato vigente è indicato un importo legato all'acquisto di un software per l'analisi termica dinamica degli edifici (quota di ammortamento), previsto alla fine della LA (mese 17). La procedura non si è conclusa entro il termine della LA3.10 e pertanto il SAL non riporta tale spesa. È importante sottolineare come questo scostamento non ha determinato conseguenze sulle attività e sui risultati della LA3.10, dato che l'utilizzo del software è previsto principalmente nella LA3.11 per la valutazione utile a realizzare il confronto tra i consumi finali nella situazione ex-ante ed ex-post rispetto all'implementazione della parete multistrato. Le valutazioni iniziali volte a determinare i fabbisogni termici giornalieri su edifici di nuova installazione sono state eseguita con software commerciali di analisi energetica basati metodi dinamici orari di cui alle norme serie UNI EN ISO 5200.
- C. Costi di esercizio. Lo scostamento si lega alle mancate spese per viaggi e missioni, dato che le necessarie interlocuzioni tecniche sono avvenute in modalità remota.

I suddetti scostamenti non hanno influenzato il raggiungimento degli obiettivi e dei risultati attesi dalla LA3.10.

6 Sintesi delle attività svolte

Le attività hanno riguardato lo stato dell'arte, specifiche tecniche di base e progettazione preliminare di pareti responsive e abili allo stoccaggio di energia termica. È stata condotta un'analisi dello stato dell'arte sulle pareti opache responsive, dei sistemi di accumulo termico per il settore residenziale, dei materiali impiegabili come PCM, analizzando gli sviluppi in atto e criticità di impiego. È stato valutato il fabbisogno di energia termica utile per i servizi di riscaldamento e raffrescamento del parco edilizio esistente e nuovo. Sulla base dei dati di progetto (fabbisogni di energia termica, temperature di utilizzo, regime termico) sono stati definiti degli schemi preliminari realizzativi e di impiego nelle murature e l'integrazione con gli impianti termici utilizzando le pompe di calore reversibili. È stato individuato un locale ad uso terziario di area pari a ~20 m² in cui testare le tecnologie, il locale è stato caratterizzato e sono stati progettati gli interventi per una sua riqualificazione energetica e la predisposizione alla realizzazione ed esercizio delle pareti prototipali. Sono state definite le principali catene di misure ed il sistema di acquisizione e monitoraggio.

7 Dettaglio delle attività svolte

7.1 *Analisi dello stato dell'arte delle pareti responsive*

È stata svolta una rivista tecnica sullo sviluppo delle pareti perimetrali responsive ed un'analisi inerente il potenziale utilizzo. In genere, elementi detti "responsivi" riguardano vari componenti che concorrono alla realizzazione di edifici ad alte prestazioni energetiche: dai componenti per lo sfruttamento delle energie rinnovabili, allo stoccaggio di energia, agli involucri edilizi, etc. Un elemento responsivo è definito come un componente dell'edificio che ha lo scopo di mantenere un appropriato equilibrio tra condizioni ottimali interne e le condizioni esterne rispondendo in maniera olistica e controllata ai cambiamenti dell'ambiente esterno o interno e agli interventi degli occupanti ed è caratterizzato in definitiva dall'aver un comportamento dinamico, adattabile e controllabile. L'analisi condotta:

- ha mostrato che le pareti adattabili rappresentano lo step evolutivo in grado di ridurre i fabbisogni di energia termica utile per i servizi di riscaldamento e raffrescamento. In determinate applicazioni (climi idonei e tipologie costruttive) la combinazione di queste tecnologie con altre strategie innovative può portare ad una riduzione significativa o addirittura annullare il fabbisogno di energia per il riscaldamento e raffrescamento aiutando a trarre gli obiettivi previsti dalle direttive europee in tema efficienza energetica e di prestazione energetica degli edifici;
- ha evidenziato che il comportamento adattivo della parete deve essere gestito da un sistema di controllo (sensori, attuatori e algoritmi di controllo) integrato nel controllo dell'unità abitativa/edificio per ottimizzare le prestazioni degli edifici in modo dinamico e controllato;
- ha evidenziato come lo sviluppo di pareti adattive segue differenti concetti di sviluppo (materiali, tecnologie, etc.), ma con un fattore comune che vede la trasformazione della parte da elemento statico monofunzionale di separazione dell'edificio dall'ambiente esterno ad elemento dinamico adattabile e polifunzionale in relazione alla capacità di produzione e gestione di energia;
- ha valutato il potenziale di pareti perimetrali verticali esistenti interessanti alla riqualificazione energetica che assommano a 5.049 Mm² di cui 4.140 Mm² residenziali. Per le nuove costruzioni il potenziale annuo di pareti verticali è pari a 25,8 Mm²/a di cui 16.8 Mm²/a residenziali. Nel triennio 2017-19 gli interventi di riqualificazione realizzati, a valere sull'incentivo delle detrazioni fiscali, sulle pareti verticali hanno riguardato una superficie media annua di 3.5 Mm²/a.

7.2 *Analisi dello stato dell'arte dei sistemi di accumulo termico per il settore residenziale*

È stata svolta una rivista tecnica sullo sviluppo ed applicazione dei sistemi di accumulo termico basati su materiali a cambiamento di fase (PCM), in ambito residenziale ed un'analisi inerente al potenziale utilizzo. L'analisi condotta ha mostrato gli impieghi dell'accumulo termico che possono riguardare i servizi di climatizzazione invernale, estiva e per la produzione di acqua calda sanitaria in concerto con sistemi di generazione a fonti rinnovabili in genere caratterizzate dall'essere non programmabili ovvero con sistema di generazione a pompa di calore elettriche.

Gli stoccaggi basati su PCM possono avvenire in diversi ambiti: possono essere inseriti in diversi componenti, con diverse modalità e quantità, con fini e obiettivi differenti. Possono inoltre essere sfruttati passivamente o attivamente: l'uso attivo dei PCM prevede la loro integrazione con l'impianto termico, nell'uso passivo essi sono inseriti nelle partizioni verticali o orizzontali che confinano con l'ambiente esterno. L'integrazione dei PCM nella parete perimetrale verticale di un edificio permette di sfruttare le proprietà relative allo stoccaggio per migliorare il comportamento termico della parete sia estivo che invernale ovvero sfruttare i guadagni solari. L'integrazione può aversi in diverse modalità come strati inseriti (PCM macro-incapsulati) ovvero integrati in materiali costituenti gli strati della parete, ad esempio, attraverso l'uso di blocchi costruttivi, calcestruzzo, lastre in cartongesso, malte etc. Sono in corso sviluppi di elementi di parete dotati di accumulo e che sono attivi ovvero inseriti negli impianti termici. Nell'uso attivo gli accumuli sono inseriti negli impianti termici tipicamente per migliorare il funzionamento dei generatori o in generale scollegare la produzione di energia termica dal fabbisogno di energia termica. L'accumulo termico basato su PCM si propone come

sistema economico di mitigazione della domanda di energia elettrica conseguente gli scenari di espansione della elettrificazione dei servizi di generazione mediante pompe di calore reversibili per la climatizzazione degli edifici ed al contempo penetrazione della generazione elettrica da fonti rinnovabili. Si evidenzia la necessità di implementare tecnologie e sistemi di gestione che possono modificare la curva della domanda di energia. Si stima al 2030 l'installazione di oltre 25 M di climatizzatori per una potenza elettrica massima superiore a 47 GW.

7.3 *Analisi dei principali materiali a cambiamento di fase per l'accumulo termico estivo ed invernale*

È stata svolta una rivista tecnica sui materiali a cambiamento di fase (PCM) per l'applicazione nei sistemi di accumulo termico in ambito residenziale. I PCM sono materiali che al raggiungimento della loro temperatura di fusione sono in grado di cambiare fase, solitamente passando da solido a liquido e viceversa. La rivista è stata svolta analizzando per le principali famiglie di materiali organici ed inorganici: le caratteristiche termofisiche (temperatura cambiamento di fase, calore latente, conduttività termica, densità, diagrammi di stato); la densità energetica di accumulo, i costi specifici ed il costo per unità di accumulo termico; i limiti d'impiego legati alla segregazione, separazione di fase, sottoraffreddamento, la compatibilità/corrosione con i materiali a contatto ovvero di confinamento, e bassa conduttività termica. I materiali PCM hanno una limitazione relativa alla temperatura di utilizzo legata alla temperatura di fusione/solidificazione e pertanto all'uso per l'accumulo in solo regime termico, sono in studio tecniche e materiali in grado di rendere la temperatura di fusione/solidificazione variabile per sfruttare il materiale in diverse condizioni operative. La scelta del materiale per l'applicazione può anche derivare dall'impiego di miscele binarie in particolare di paraffine; l'analisi dei diagrammi di stato delle miscele evidenzia la capacità di uso dei materiali a temperature variabili. In relazione agli scambi termici un aspetto importante è rappresentato dalla conduttività termica del PCM nelle due fasi tendenzialmente basso, che tende a limitare lo scambio termico nel cambiamento di fase; sono state analizzate le tecnologie in fase di sviluppo per il miglioramento dei valori di conduttività del PCM. Sono state analizzate le soluzioni costruttive di confinamento.

7.4 *Requisiti di base e prestazionali dei sistemi di accumulo termico in pareti tradizionali e a trasmittanza termica variabile per l'edilizia*

Nell'attività sono stati definiti i requisiti di tipo tecnico prestazionali che devono essere richiesti ai sistemi di accumulo basati su materiali a cambiamento di fase (PCM): capacità termica nominale [kJ] determinata dalla massa di PCM [kg] e calore latente del cambiamento di fase [J/kg]; temperatura di impiego legata alla temperatura del cambiamento di fase e temperatura di impiego del calore; potenze termica di scambio [W]. La capacità nominale è stata legata al fabbisogno di energia termica da soddisfare in maniera indipendente dall'impiego del generatore, essa è stata stimata per unità immobiliari residenziali di nuova realizzazione caratterizzati da S/V variabili tra 0,25-0,78 e per diverse zone climatiche (B, C, D, E). Il fabbisogno di energia termica medio giornaliero è nel range 7,2-22,9 [kWh/g] per il riscaldamento e 11,7-19,6 [kWh/g] per il raffrescamento. La temperatura di stoccaggio è funzione delle temperature di impiego (regime, sottosistema di emissione, sottosistema di generazione) e della integrazione termica del sistema nella parte (7-50°C). La potenza termica di scambio delle fasi di carico e scarico dipende dalla conformazione dell'accumulo, dalle temperature dei fluidi termovettori in relazione ai sottosistemi di generazione ed emissione. La Tabella 1 riporta, per una capacità di accumulo pari a fabbisogno termico giornaliero, le masse di PCM necessarie all'accumulo termico nel regime invernale ed estivo.

Riscaldamento	S/V = 0,70		Sup. pannello [m ²]		
Zona climatica	E giornaliera [MJ]	Massa PCM (Eicosano) [kg]	Sp 10 mm	Sp 15 mm	Sp 20 mm
B	45,3	160,2	20,6	13,7	10,28
C	78,3	276,6	35,5	23,7	17,75
D	64,6	228,2	29,3	19,5	14,64
E	82,51	291,54	37,43	24,95	18,71

Raffrescamento	S/V = 0,70		Sup. pannello [m ²]		
Zona climatica	E giornaliera [MJ]	Massa PCM (Esadecano) [kg]	Sp 10 mm	Sp 15 mm	Sp 20 mm
B	70,6	305,7	41,3	27,5	20,7
C	64,8	280,6	37,9	25,3	19,0
D	60,6	262,2	35,4	23,6	17,7
E	51,5	222,9	30,1	20,1	15,1

Tabella 1 Capacità accumulo e superfici pannelli (regime invernale/estivo)

7.5 Studio numerico e metodi di ottimizzazione dell'applicazione di involucri opachi responsivi a trasmittanza termica variabile e accumulo termico per la riduzione di fabbisogni termici di riscaldamento e raffrescamento in edifici residenziali

L'attività ha visto la definizione degli edifici di riferimento sulle quali simulare l'impiego delle pareti perimetrali in corso di sviluppo e l'analisi termica preliminare. Sono state definite tre unità immobiliari residenziali E1(1) aventi la stessa planimetria ma con diversi valori del rapporto di forma $0,25 < S/V < 0,70$ mostrate nella Figura 1, Figura 2 e Figura 3. Le principali caratteristiche geometriche quali la superficie utile ed altezza netta sono state definite per approssimazione rispetto i valori mediani delle stesse caratteristiche riferite al parco edilizio nazionale; la superficie utile delle unità immobiliari è determinata pari a circa 96 m², altezza utile 2,8 m. La superficie dell'involucro trasparente è stata fissata con riferimento al dettato delle norme sanitarie con superficie finestrata apribile non inferiore a 1/8 della superficie del pavimento, ventilazione naturale, temperature interne costanti di 20°C e 26°C rispettivamente per il regime invernale ed estivo. Riguardo le caratteristiche termiche delle parti opache e trasparenti sono state considerate quelle previste per le nuove costruzioni dalle leggi di riferimento in funzione della zona climatica. I profili d'uso degli immobili sono tipici degli edifici residenziali (E.1). Le località rappresentative di 4 zone climatiche sono state Palermo, Latina, Matera e Milano. Per tali edifici è stata effettuata un'analisi termica con i metodi dinamici orari previsti dalla serie di norme UNI EN ISO 52000. L'analisi è stata svolta anche per raffronto usando software commerciali per l'analisi energetica degli edifici basati sui metodi mensili di cui alla norma UNI EN 13790 e specifiche UNI TS 11300. La Tabella 2 riporta le principali caratteristiche geometriche.

Unità abitativa	S/V	S _{esterna} /S _u	S _{ventilabile} /S _u	S _{esterna} [m ²]	S _{ventilabile} [m ²]
Indipendente	0.70	3.17	1,04	304.59	100,00
Unita interna torre	0.25	1.14	1,04	109.76	100,00
Unita superiore torre	0.48	2.15	1,04	207.18	100,00

Tabella 2 Caratteristiche geometriche edificio riferimento

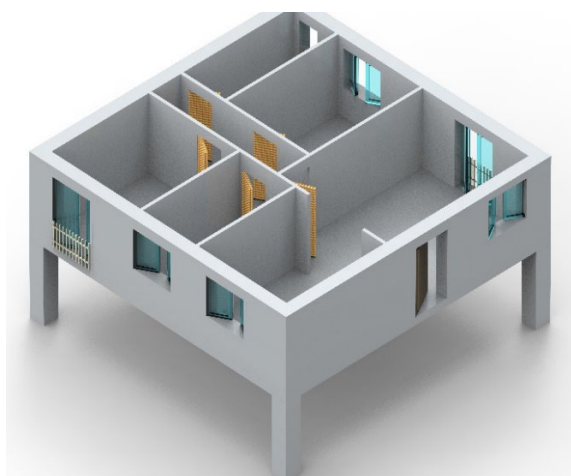


Figura 1 Unità immobiliare unifamiliare



Figura 2 Unità immobiliare in edificio a torre, piano superiore

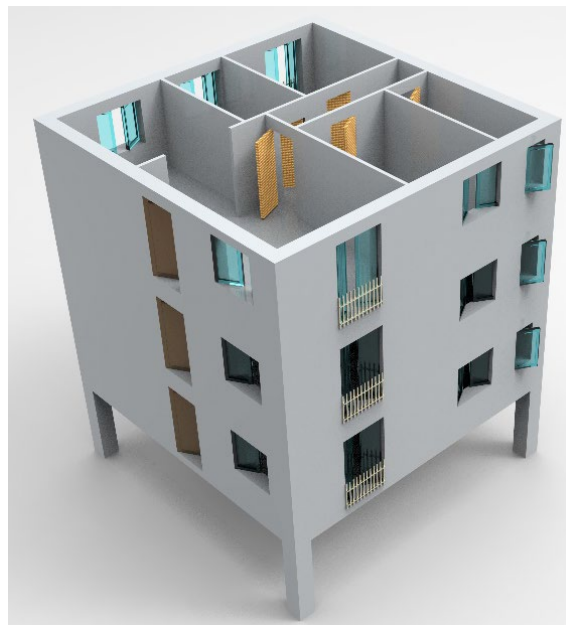


Figura 3 Unità immobiliare in edificio a torre, piano intermedio

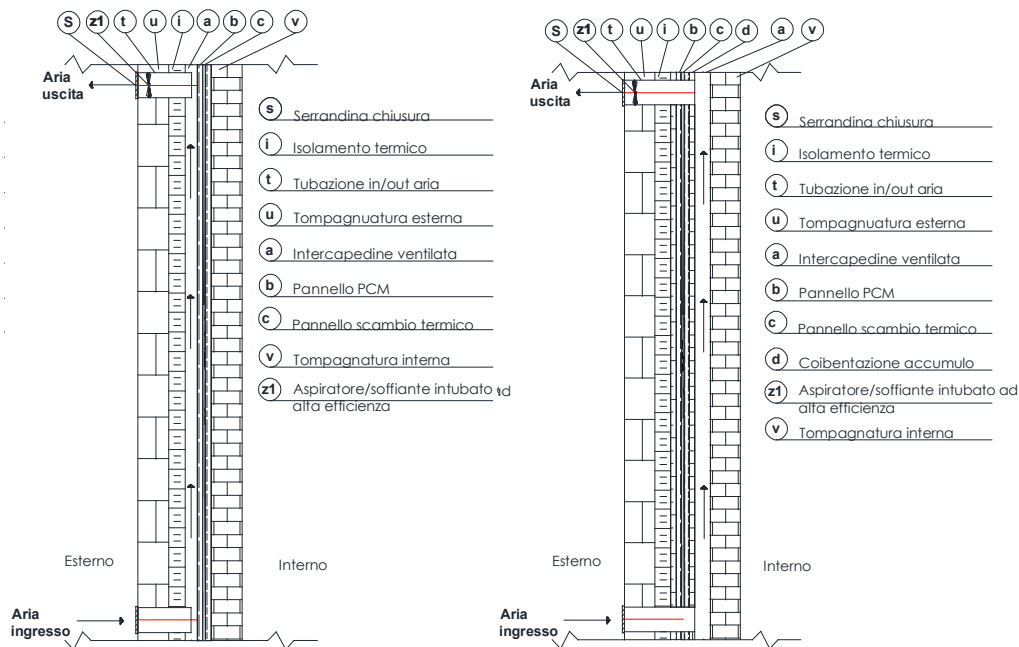
7.6 Studio numerico e progetto di pannello per pareti perimetrali dotati di accumulo termico (freddo e caldo) basato su materiali a cambiamento di fase con e senza pannello ventilato

Nell'attività sono stati definiti gli impieghi, definita la geometria e composizione ed eseguita la progettazione preliminare dei pannelli ventilati con accumulo termico.

Riguardo gli impieghi sono stati definiti i sistemi che evolvono la parete ventilata a trasmittanza termica realizzata nell'ambito del progetto POC2020-Sipares. In sintesi:

1. sistema per accumulo termico della sola parete ventilata in regime estivo;
2. sistema per accumulo termico della parete ventilata e non, integrata in parete, in regime estivo e/o invernale;
3. sistema per accumulo termico per parete ventilata e non, non integrata in parete in regime estivo e/o invernale.

Per integrazione nella parete si intende un accumulo che diventa parte attiva negli scambi termici della parete e pertanto l'accumulo non è isolato termicamente all'interno della parete. Nella Figura 4 sono riportati gli schemi d'impiego con ventilazione per i sistemi di accumulo integrati e non.



Parete a trasmittanza termica variabile
accumulo integrato
emissione

Parete a trasmittanza termica variabile
accumulo non integrato

Figura 4 Parete a trasmittanza termica variabile, accumulo integrato e accumulo non integrato

È stato definito lo schema base per la realizzazione del sistema che, con riferimento alla Figura 5, si realizza con l'accoppiamento di un doppio pannello di PCM fra i quali è interposto un elemento con funzione da scambiatore di calore (piastra tipo roll bond). Il sistema di base può essere:

1. applicato al pannello ventilabile;
2. coibentato.

Nel primo caso (sistema integrato), l'accumulo partecipa agli scambi termici della parete riducendo dispersioni e rientrate rispettivamente nel regime invernale ed estivo e garantendo i flussi termici verso gli ambienti interni. Nel secondo caso il sistema (non integrato) è un accumulo termico da inserire nella parete, esso partecipa ai flussi termici della parete in maniera marginale. Sono stati definiti gli schemi funzionali degli impianti termici con l'impiego dei sistemi di accumulo nelle due versioni integrati e non integrati nella struttura. È stato effettuato un dimensionamento preliminare del pannello di accumulo valutando tempi di carica e scarica in funzione degli spessori del PCM. È stata condotta un'analisi preliminare di sensibilità tesa alla verifica dell'influenza delle temperature del fluido termovettore e conduttività del materiale.

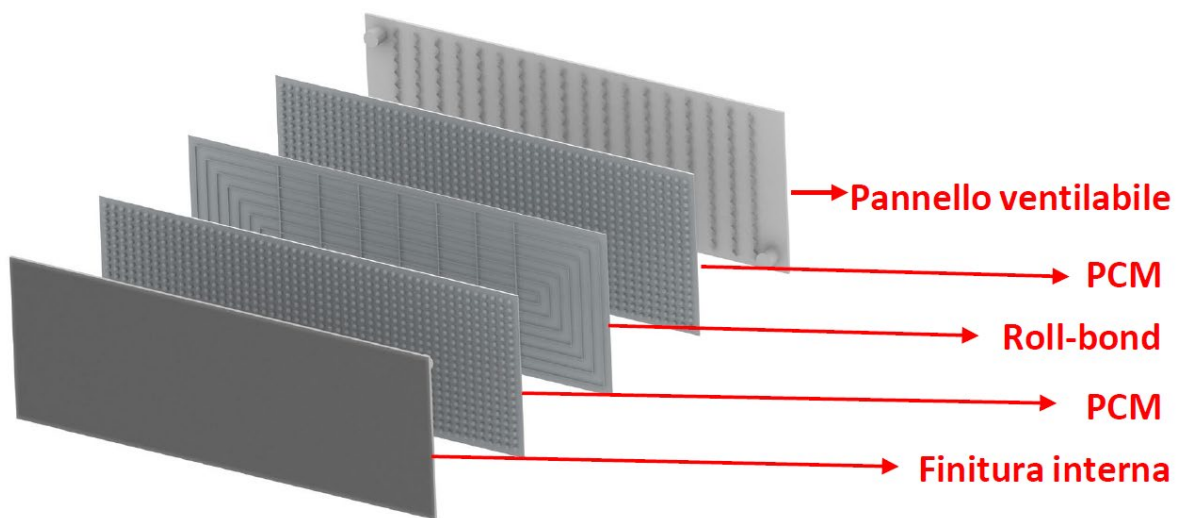


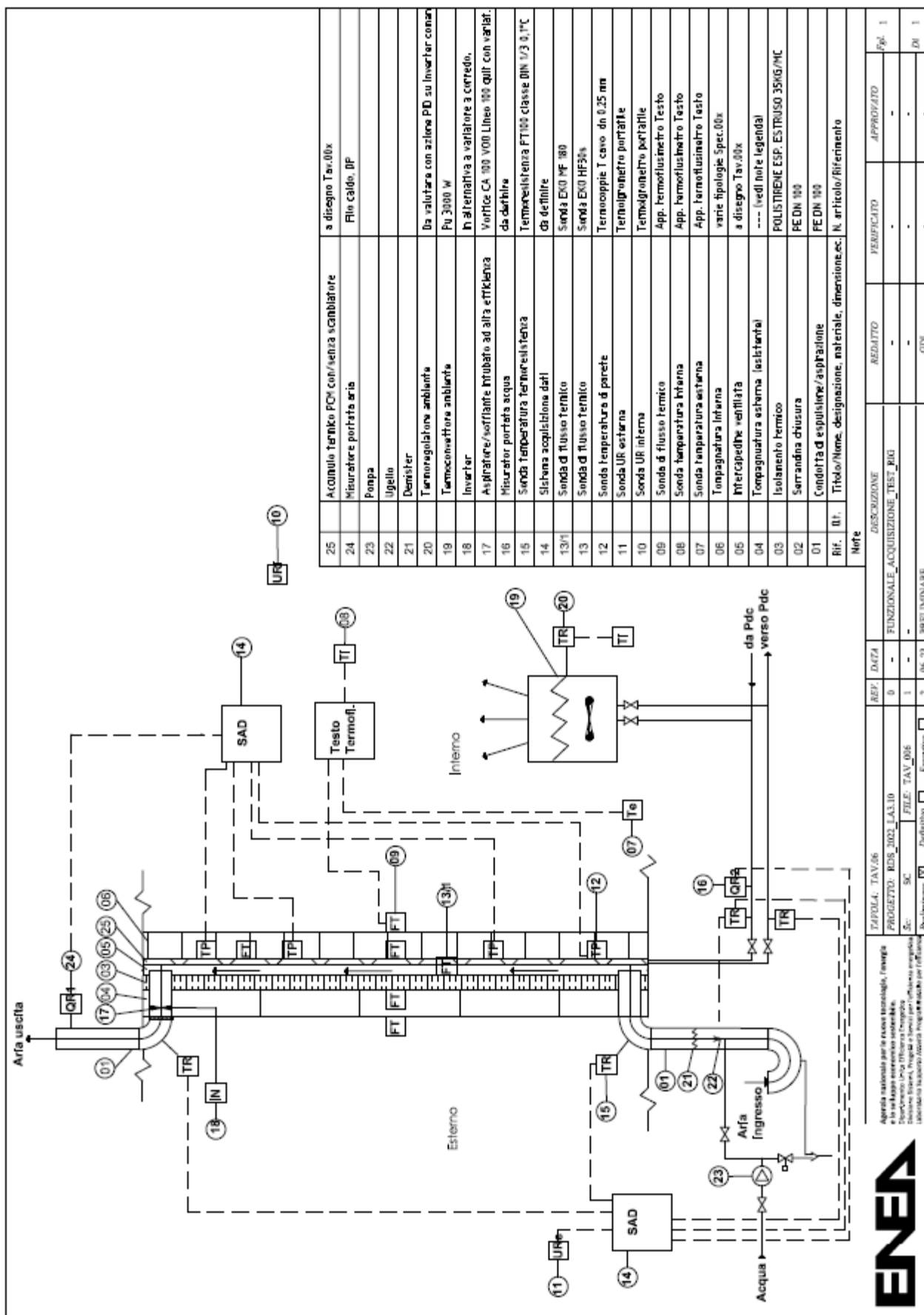
Figura 5 Schema realizzativo del sistema di accumulo termico integrato per pareti perimetrali

7.7 Progetto del test rig sperimentale costituito da una porzione di circa 20 m² di una unità immobiliare realizzato con pareti responsive a trasmittanza termica variabile e dotate di accumulo termico basato su materiali a cambiamento di fase e impianto di climatizzazione

Nell'attività è stato individuato il locale che sarà adibito a test rig con la realizzazione delle pareti sperimentali. Il locale situato al piano attico ha una superficie in pianta di circa 20 m², sono state caratterizzate le strutture sulla base di un carotaggio effettuato sulla parete ed effettuata l'analisi termica del locale con i metodi orari di cui alla UNI EN ISO 5200 e mensili UNI TS 11300. Sono stati definiti gli interventi preliminari di adeguamento edile e impiantistico propedeutiche alla riqualificazione delle pareti perimetrali con i pannelli di accumulo. Sono state definite le pareti e gli schemi costruttivi preliminari delle pareti oggetto di riqualificazione.

7.8 Progetto delle catene di misura e dei sistemi di controllo

Sulla base degli schemi e modelli di funzionamento delle pareti sperimentali sono state definite le catene di misura necessarie alla misurazione delle grandezze utili alla determinazione delle caratteristiche di funzionamento e performance. Le principali catene di misura riguardano: trasmittanza in opera della parete, mappature delle temperature superficiali, flussi termici, misura potenza scambiata diretta previa misura potenza scambio aria ed indiretta dalla misura di trasmittanza, flussi termici scambiati dal fluido termovettore, condizioni ambientali. Nella Figura 6 è riportato lo schema funzionale delle principali catene di misura. È stata definita l'architettura del sistema di acquisizione dati. È stata definita l'architettura di un sistema di controllo di pareti a trasmittanza termica variabili.



UR 10

25	Accumulo Termico PCV con/ senza scambiatore	a disegno Tav.00x
24	Misuratore portata aria	Filo caldo, DF
23	Pompa	
22	Ugello	
21	Densimeter	
20	Termostato ambiente	Da valutare con azione PID su Inverter conar
19	Termocoppia ambiente	Pu 3000 W
18	Inverter	In alternativa a variatore a corredo,
17	Aspiratore/soffiante tubato ad alta efficienza	Verifica CA 100 V/00 Lines 100 quit con variat.
16	Misuratore portata acqua	da definire
15	Sonda temperatura termoresistenza	Termoresistenza FT100 classe DIN 1/3 0.1°C
14	Sistema acquisizione dati	da definire
13/1	Sonda di flusso Termico	Sonda EXO MF 100
13	Sonda di flusso termico	Sonda EXO HF30x
12	Sonda temperatura di parete	Termocoppie T cavo da 0.25 mm
11	Sonda UR esterna	Termoisolamento portatile
10	Sonda UR interna	Termoisolamento portatile
09	Sonda di flusso termico	App. termoflusmetro Testo
08	Sonda temperatura interna	App. termoflusmetro Testo
07	Sonda temperatura esterna	App. termoflusmetro Testo
06	Termopagnatura interna	varie tipologie Spec.00x
05	Intercapedine ventilata	a disegno Tav.00x
04	Termopagnatura esterna isolata/anti	---- (vedi note legend)
03	Isolamento termico	POLISTIRENE ESP. ESTRUSO 35KG/MC
02	Serranda chiusa	FE DN 100
01	Condotta di espulsione/aspirazione	FE DN 100
Rif. 01.	Titolo/Name, designazione, materiale, dimensione, etc.	N. articolo/Rifacimento

DESCRIZIONE		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
FUNZIONALE ACQUISIZIONE TEST_RIG		-	-	-
PRELIMINARE		COLL	-	-
REP. DATA	0	-	-	-
PROGETTO: RDS_202_LA3.10	FILE: TAV_006	-	-	-
Sc: SC	Problema	Definitivo	Executivo	-
2	06_23	-	-	-



Figura 6 Schema catene di misura

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

All'interno della LA3.10 il capitolato di progetto non prevede consulenze, né sono state utilizzate nel corso dello svolgimento della LA.

9 Pubblicazioni scientifiche

Le attività e i risultati della LA3.10 non sono stati oggetto di pubblicazione. Si sottolinea infatti che i principali risultati legati alla tematica delle pareti responsive e per l'accumulo di energia termica sono attesi al completamento della successiva LA3.11, per la quale sono previste specifiche attività di disseminazione.

10 Eventi di disseminazione

Nel corso della LA3.10 sono state avviate attività di networking con gli operatori del settore (a titolo non oneroso), con particolare riferimento ai produttori di elementi scambianti basati sulla tecnologia roll bond e sistemi accumulo termico, in ordine all'ottimizzazione dei criteri di scelta dell'elemento di scambio all'interno del sistema di accumulo.

Altre attività di disseminazione sono previste nella successiva LA3.11, dove si concentrano i principali risultati legati alla tematica delle pareti responsive e per l'accumulo di energia termica.