

Interreg IPA CBC Italy–Albania–Montenegro Programma

“REEHUB Energy Audit Methodology” Deliverable WP T1

Deliverable WP T1

Project ref. no.	195	Project Acronym	REEHUB
Project Partner	PP3 - ENEA		
Activity	WPT1	WP1 Responsible partner	ENEA
Start date	1-2019	End date	13-9-2020
JS Project Officer			

REEHUB ENERGY AUDIT METHODOLOGY

Giugno 2020

Deliverable progetto REEHUB

INTERREG IPA CBC ITALY-ALBANIA-MONTENEGRO 2014_2020

Asse prioritario III: Environment protection, risk management and low carbon strategy

Obiettivo Specifico 3.2: Promoting innovative practices and tools to reduce carbon emissions and to improve energy efficiency in the public sector.

Lead partner progetto: Ministero delle Infrastrutture e dell'Energia Albanese

Il presente documento descrive le attività svolte all'interno del WPT1 del progetto REEHUB

Responsabile scientifico ENEA: Vincenza A.M. Luprano

Project Manager ENEA: Monica Misceo

Diagnosi energetica: Leonardo Fallucchi e Giovanni Iannantuono (ENEA - DUEE - SIST - SUD)

Diagnosi strumentale: Patrizia Aversa (ENEA - SSTP- PROMAS - MATAS)

INDICE

- 1 INTRODUZIONE ALLE LINEE GUIDA REEHUB PER LA DIAGNOSI ENERGETICA**
- 2 PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA DIAGNOSI ENERGETICA**
 - 2.1 Riepilogo delle azioni da eseguire per la diagnosi energetica**
- 3 DIAGNOSI STRUMENTALE**
 - 3.1 Misura per trasmittanza termica in situ**
 - 3.2 Misura del microclima indoor**
 - 3.3 Qualifiche dell'operatore**
 - 3.4 Redazione del report**
 - 3.5 Requisiti per la sicurezza per l'operatore**
- 4 LA VALUTAZIONE ECONOMICA DEGLI INTERVENTI**
 - 4.1 Il valore attuale netto**
 - 4.2 Il flusso di cassa**
 - 4.3 Il fattore di annualità**
 - 4.4 L'investimento netto**
 - 4.5 Gli indicatori economici**
- 5 CONCLUSIONI**

ALLEGATI:

- Allegato 1: Diagnosi energetica HUB Tirana**
- Allegato 2: Diagnosi energetica HUB Podgorica**
- Allegato 3: Diagnosi energetica HUB Agnone**
- Allegato 4: Diagnosi energetica HUB Brindisi**

PREMESSA

Il settore dell'edilizia è fondamentale per raggiungere gli obiettivi energetici e ambientali dell'UE per cui sono incoraggiati tutti gli sforzi finalizzati alla decarbonizzazione del suo parco immobiliare. Edifici migliori e più efficienti dal punto di vista energetico, inoltre, migliorano la qualità della vita dei cittadini apportando ulteriori benefici all'economia e alla società.

Per questo motivo l'UE ha aggiornato la direttiva Direttiva 2012/27/UE con la **direttiva 2018/844** con l'obiettivo di promuovere una maggiore diffusione dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili negli edifici, per garantire che le strategie di ristrutturazione a lungo termine diano luogo ai progressi necessari per la trasformazione degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero entro il 2050.

L'**audit energetico** è il passo fondamentale per migliorare l'efficienza energetica nell'edilizia pubblica, ridurre il consumo di energia e apportare benefici ambientali correlati. Inoltre particolare attenzione è stata posta, nell'aggiornamento della Direttiva, ai sistemi di controllo e di automazione dell'edificio, al fine di poter sia valutare al meglio gli interventi di efficienza energetica effettuati confrontandone i costi e i benefici, sia sensibilizzare i proprietari circa i risparmi reali delle nuove funzionalità migliorate dell'edificio.

Il progetto REEHUB si è posto come obiettivo principale la creazione di centri di competenza, nelle 4 regioni interessate, sull'efficienza energetica e l'edilizia sostenibile in generale. Per cui prima di tutto ogni partner ha individuato una sede a Tirana, Podgorica, Brindisi ed Agnone per dare vita all'HUB. Successivamente, ENEA, per trasferire le buone pratiche per l'audit energetico, ha ritenuto metodologicamente importante effettuare non solo dei training formativi sull'argomento al personale designato da ogni partner di progetto, ma soprattutto permettere al personale formato di sperimentare in campo le nozioni apprese, effettuando gli audit energetici sugli HUB stessi utilizzando le strumentazioni acquisite nel progetto.

La REEHUB Energy Audit Methodology è una procedura semplificata per la diagnosi energetica ed è stata applicata ai 4 Regional HUB.

Queste Linee Guida hanno l'obiettivo di diventare un manuale per la pubblica amministrazione locale che si occupa di azioni energetiche, sia tecniche che esecutive. Nelle prossime pagine sono riportati i passaggi fondamentali per effettuare una diagnosi energetica corretta a partire da come acquisire di dati rilevanti, come utilizzare gli strumenti tecnici e come eseguire una campagna di misurazione, come monitorare i consumi elettrici, come interpretare i risultati ottenuti e come fare una valutazione degli interventi energeticamente più vantaggiosi comparandoli con i costi.

Le presenti Linee Guida saranno disponibili a tutte le parti interessate quali università, costruttori, ingegneri, architetti, istituti finanziari e sviluppatori immobiliari, sperando che possano essere da volano per una maggiore e più efficace diffusione delle pratiche di riqualificazione energetica degli edifici in modo da dare un contributo al raggiungimento della neutralità carbonica entro il 2050.

1. **INTRODUZIONE ALLE LINEE GUIDA REEHUB PER LA DIAGNOSI ENERGETICA**

La procedura semplificata per diagnosi energetica, illustrata nelle Linee Guida REEHUB, permette di individuare facilmente il valore di Energia Primaria ed altri indicatori energetici senza far ricorso a software di calcolo e/o ad algoritmi articolati e complessi.

E' una procedura immediata "di cantiere" e quindi sempre applicabile soprattutto in quei casi in cui diventerebbe dispendioso, in termini di tempo ed economici, il ricorso a software ed indagini molto dettagliate ed approfondite; ad esempio quando si vuole intervenire solo su alcuni locali, interni ad un appartamento, abbisognevoli di interventi di efficientamento energetico.

Le presenti Linee Guida per l'Audit Energetico traggono fondamento dall'approccio utilizzato nelle EN 16247.

UNI CEI EN 16247-1 definisce i requisiti, la metodologia comune e i prodotti delle diagnosi energetiche. Si applica a tutte le forme di aziende ed organizzazioni, a tutte le forme di energia e di utilizzo della stessa, con l'esclusione delle singole unità immobiliari residenziali. Definisce i requisiti generali comuni a tutte le diagnosi energetiche.

La norma UNI CEI EN 16247-2 è applicabile alle diagnosi energetiche specifiche per gli edifici. Essa definisce i requisiti, la metodologia e la reportistica di una diagnosi energetica relativa a un edificio o a un gruppo di edifici, escludendo le singole residenze private.

La norma UNI CEI EN 16247-3 definisce i requisiti, la metodologia e la reportistica di una diagnosi energetica nell'ambito di un processo, relativamente a: a) organizzare e condurre una diagnosi energetica; b) analizzare i dati ottenuti con la diagnosi energetica; c) riportare e documentare i risultati della diagnosi energetica. La norma si applica ai luoghi in cui l'uso di energia è dovuto al processo.

La norma UNI CEI EN 16247-4, infine, determina i requisiti, la metodologia e la reportistica specifici per le diagnosi energetiche nel settore dei trasporti e affronta ogni situazione in cui viene effettuato uno spostamento, non importa chi sia l'operatore (compagnia pubblica o privata o se l'operatore si dedica esclusivamente al trasporto oppure no). Le procedure qui descritte si applicano alle diverse modalità di trasporto (stradale, ferroviario, marittimo, aereo), oltre che ai differenti ambiti (locale, a lunga distanza) e all'oggetto trasportato (fondamentalmente merci e persone).

La procedura semplificata, in sostanza, richiede la determinazione di dati in ingresso facilmente ricavabili con calcoli manuali e/o ricavabili da tabelle, grafici previsti e/o prescritti dalla letteratura e norme tecniche del settore.

I risultati finali che la procedura semplificata restituisce garantiscono un ordine di grandezza, in valore assoluto, non molto superiore a quello determinabile con l'utilizzo dei software di calcolo esistenti in commercio; il tutto dipende dalla qualità, in termini di precisione e veridicità dei dati di ingresso, ovvero quanto più i dati d'ingresso sono precisi ed aderenti alla

realtà tanto più contenuto sarà lo scostamento tra il risultato restituito dalla procedura rispetto a quello restituito dai software di calcolo.

La differenza tra la procedura semplificata e quella prevista dettagliatamente dalle norme (insite nei software del settore) consiste nel giungere ai risultati richiesti in modo semplice ed immediato e con minimo dispendio economico per gli utenti, senza peraltro perdere di vista il concetto fisico del sistema edificio-impianto e di tutti i parametri che vengono utilizzati per il calcolo dell'energia primaria; procedura molto utile, quindi, a tutti coloro che affrontano tali concetti senza avere una corposa esperienza lavorativa nel settore impiantistico-termotecnico.

In tal modo l'applicazione della procedura semplificata si presta convenientemente all'analisi dei casi poco complessi ed articolati come lo sono ad esempio quelli rivolti ad alcuni locali/stanze di una unità immobiliare oggetto di interventi di efficientamento energetico, ossia a tutti quei casi in cui non vi è necessità di intervenire sull'intera unità immobiliare.

Il risultato cui si giunge applicando la procedura semplificata è diverso rispetto a quello cui si giunge attraverso l'applicazione degli algoritmi utilizzati dai software di calcolo (in termini di valore assoluto) ovvero vi è un grado di approssimazione maggiore che può essere comunque contenuto quanto più precisi e veritieri sono i dati d'ingresso alla procedura, ovvero in grado di raggiungere i risultati di cui ci si è prefissi, in termini di risparmio energetico e tempi di ammortamento degli investimenti per interventi di efficientamento energetico, con scostamenti inferiori al maggiore indice di congruità utilizzato per la validazione del modello fisico-matematico cui ci si riferisce sia nei calcoli con software che nel caso in cui si utilizzi la procedura semplificata (mai superiore al 15%).

In conclusione, l'utente che ritiene opportuno scegliere la procedura semplificata per poter analizzare il sistema "edificio-impianto" per ragioni che ne giustificano l'uso o comunque perché è esso stesso un utente ai primi approcci con la materia, avrà cura di determinare i parametri d'ingresso con estrema precisione ed aderenza alla realtà, in conformità alle prescrizioni comunque della letteratura e normativa tecnica vigente, in modo da raggiungere dei risultati che si discostano poco da quelli più precisi ottenibili con software di calcolo ma, nel contempo, con il vantaggio di una immediatezza di calcolo, minor dispendio economico per l'utenza cui è rivolto e ancor più con il vantaggio principale di seguire passo-passo e concretamente, da un punto di vista fisico, i singoli parametri utilizzati come dati d'ingresso (potenze termiche, trasmittanze, orari di funzionamento, gradi giorno, rendimenti, differenze di temperatura, coefficienti espositivi, coefficienti dovuti ad intermittenza del funzionamento impianto, ecc.).

Infine è utile ricordare che la diagnosi energetica, determinata sia con utilizzo di software che con utilizzo della procedura semplificata, ha lo scopo di fornire un preliminare ordine di grandezza che consente di valutare l'esistenza o meno delle condizioni atte a sviluppare iniziative di efficientamento energetico sull'involucro edilizio e sugli impianti presenti per l'unità immobiliare analizzata.

Pertanto, dovendo calcolare principalmente i valori di risparmio energetico tra condizioni ante-operam e post-operam (differenze numeriche) quanto più contenuto è lo scostamento tra i risultati determinati applicando la procedura semplificata e quelli determinati con software di calcolo, tanto più i risultati ottenuti con riferimento al risparmio energetico in termini di energia e tempi di ammortamento dell'investimento, saranno prossimi alla realtà.

2. PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA DIAGNOSI ENERGETICA

Per individuare gli interventi di efficientamento energetico più economicamente vantaggiosi, riguardo al sistema Edificio – Impianto, c.d. –Efficientamento Energetico – ci si avvale della DIAGNOSI ENERGETICA.

Di seguito si descrivono i punti essenziali che costituiscono l'attività di Diagnosi e tali da costituire una procedura semplificata applicabile anche in quei casi in cui non è da efficientare l'intera unità immobiliare o l'intero edificio bensì solo alcuni locali e/o vani che li costituiscono.

1. Acquisire i dati rilevanti ai fini della prestazione energetica che interessa (invern., estiva, acs, ecc..) riguardo al sistema edificio-impianto: caratteristiche tecniche dell'involucro, tipologia e funzionamento degli impianti presenti, consumi di combustibile, ecc.;
2. Analisi del comportamento prestazionale-energetico del sistema edificio-impianto attraverso degli algoritmi semplificati e/o più in generale mediante software specifici; ossia costruzione del modello fisico-matematico che simula il sistema edificio-impianto oggetto di diagnosi;
3. Calcolo di specifici indicatori che permettano il confronto tra i consumi calcolati ed attesi (ottenuti dall'analisi di cui al punto precedente) e quelli desunti dalle bollette energetiche (risultati/valori reali);
4. Confronto tra quanto calcolato e quanto disponibile (bollette energetiche);
5. Se il confronto risulta lontano dalle aspettative (bassa congruità) è necessario un affinamento dei parametri utilizzati come input ossia sarà necessario modificare i dati di cui al punto 1 (caratteristiche dell'involucro, funzionamento impianti, ecc.) in modo tale che i nuovi indicatori, quelli determinati a seguito delle modifiche, siano quanto più aderenti a quelli reali (media/alta congruità);
6. Individuazione degli interventi migliorativi (coibentazione pareti, terrazzo, sostituzione infissi, sostituzione caldaia, ecc..) e successiva individuazione delle combinazioni dei vari interventi (sostituzione infissi +sostituzione caldaia). La combinazione dei singoli interventi dovrà scaturire da quanto indicato prioritariamente anche dai voleri della committenza oltre che dalla priorità derivante dalla successiva analisi economica;
7. Analisi del sistema edificio-impianto con applicazione, al modello fisico-matematico, degli interventi o combinazioni di interventi di efficientamento energetico individuati al punto 6.;
8. Analisi economica tesa ad individuare la priorità delle combinazioni degli interventi o priorità del singolo intervento individuato – Convenienza del singolo intervento o

delle combinazioni di interventi; generalmente si considerano energeticamente ed economicamente convenienti gli interventi che si ammortizzano nell'arco temporale non superiore a 15 anni.

In sostanza, la diagnosi energetica non fa altro che riprodurre, nel corso dell'analisi del sistema edificio-impianto, le condizioni reali cui è sottoposto il sistema.

Durante l'analisi si considera la reale conduzione impiantistica, così come realizzata dalla committenza e le reali condizioni climatiche dettate dai Gradi Giorno reali.

Quest'ultimi si ottengono con stime almeno triennali sull'andamento delle temperature orarie giornaliere fornite, per la zona in esame, da Enti pubblici che rilevano le temperature orarie dell'aria esterna con riferimento al periodo che d'inverno inizia ad Ottobre e termina ad Aprile.

In questo modo, considerando la conduzione reale ed effettiva dell'impianto e l'andamento reale delle temperature dell'aria esterna in un ben determinato periodo, si rende significativo il confronto tra i risultati determinati con il modello fisico-matematico costruito (punti 1. e 2. dell'elenco precedente) ed i consumi reali di combustibile e/o energia elettrica.

La diagnosi energetica non pretende di determinare delle stime precise sui benefici economici ma semplicemente fornisce un preliminare ordine di grandezza che consente di valutare l'esistenza o meno delle condizioni atte a sviluppare l'iniziativa/e di efficientamento energetico.

Più i dati resi disponibili dalla committenza sono puntuali e precisi, più è alto il livello di approfondimento della diagnosi e quindi più esatti i risultati in merito alla convenienza economica ed energetica degli interventi.

Per una corretta Diagnosi Energetica devono essere disponibili:

- a. Dati geometrici relativi al locale/i o all'unità immobiliare o all'edificio oggetto di studio (planimetrie, prospetti, sezioni, rilievi metrici determinati in situ, fotografie delle zone esposte come confini, terrazzi, terrapieni, fabbricati circostanti, tipologia e dimensioni dei serramenti, esatta individuazione dell'esposizione Nord, destinazione d'uso dei locali);
- b. Utilizzo di eventuale termo flussimetro per misure in situ della trasmittanza degli elementi dell'involucro edilizio (vedi par. 3);
- c. Tipologia degli impianti presenti, con esatta individuazione delle ore di accensione e spegnimento sia durante l'intero giorno che dei giorni a settimana (eventuali giorni prolungati di spegnimento vanno tenuti in debito conto);
- d. Rilievo e tipologia del sistema impiantistico nel suo complesso: sistema di produzione, di distribuzione, di emissione e di regolazione; In particolare sono da rilevare le caratteristiche tecniche dei generatori di calore, delle pompe di calore, dei componenti emissivi (radiatori, pannelli radianti, unità split, ecc.);
- e. Se esistente è utile acquisire tutta la documentazione progettuale degli impianti esistenti;

f. Dati climatici della zona e del situ in cui è realizzato l'involucro edilizio oggetto di studio e quindi sono da rilevare principalmente i dati reali, per almeno l'ultimo triennio, delle temperature orarie (nell'arco delle 24 ore) dell'aria esterna. Dati reperibili dalle stazioni meteo presenti in zona. Ciò consentirà di determinare dei dati importanti ed essenziali per il calcolo sia delle potenze termiche richieste dall'involucro edilizio che dell'energia termica richiesta per l'intero periodo di riscaldamento reale ed effettivo. In particolare si dovrà determinare la temperatura minima esterna di progetto (calcolo della potenza termica di picco) ed i Gradi Giorno (calcolo dell'energia termica richiesta dal sistema edificio-impianto);

g. Consumi e costi dei vettori energetici (combustibile/energia elettrica) riferito almeno agli ultimi tre anni di esercizio e se possibile riferibile ad ogni mese;

Al fine di esperire una corretta ancorché semplificata analisi energetica dell'hub oggetto di studio è utile e necessario acquisire i seguenti dati ed effettuare un sopralluogo di raccogliere tutte le informazioni utili:

Nome del committente
Data e luogo dell'attività
Dati dell'operatore

Dati dell'immobile:

- Tipologia dell'edificio
- Anno di costruzione
- Comune/città/nazione;
- Altezza s.l.m.
- Latitudine;
- Velocità del vento;
- Ubicazione e descrizione edificio/unità immobiliare/hub/ locale/vano;
- Categoria/destinazione d'uso
- Volume lordo riscaldato
- Superficie totale disperdente
- Zona climatica
- Gradi Giorno
- Durata reale (mensile) del periodo di riscaldamento (giorni)
- Durata reale giornaliera di accensione/spegnimento impianto (ore)
- Temperatura minima giornaliera di calcolo (invernale)
- Temperatura media mensile
- Temperatura di progetto dell'aria (interna al locale/zona termica)
- Tecniche costruttive utilizzate:
 - o Tamponamenti pareti perimetrali

Descrizione visiva dell'edificio (Sopralluogo):

- Rilievi fotografici
- Tipologia costruttiva portante
- Pacchetto murario, stratigrafia pareti

Inoltre dovranno calcolarsi, sulla scorta di analisi anche a mezzo di opportuni saggi termo flussimetri, i seguenti valori di trasmittanza per gli elementi opachi e finestrati:

- Trasmittanza delle pareti esterne;
- Trasmittanza degli infissi;
- Trasmittanza del confine ambiente/zona non riscaldata;
- Trasmittanza del confine con vano scala;
- Trasmittanza del solaio su garage/cantina/porticato/locale non riscaldato;
- Trasmittanza del solaio di copertura/terrazzo/tetto;
- Trasmittanza del solaio su terreno/vespaio;
- Trasmittanza delle pareti di contro terra;

Dati degli impianti:

- Ore di funzionamento dell'impianto;
- Combustibile impiegato;
- Tipologia del generatore di calore/pompa di calore e determinazione del valore proprio del rendimento di produzione;
- Tipologia del sistema di distribuzione del fluido vettore e determinazione del valore proprio del rendimento di distribuzione;
- Tipologia del sistema di emissione e determinazione del rendimento di emissione;
- Tipologia del sistema di regolazione e determinazione del rendimento di regolazione;

Inoltre, bisognerà eseguire:

1. Calcolo della potenza termica dispersa per trasmissione (elementi opachi e finestrati); Q_d ;
2. Calcolo della potenza termica dispersa per ventilazione (naturale/meccanica); Q_v ;
3. Calcolo della differenza di temperatura (tra aria interna ed esterna minima di progetto); DT°
4. Calcolo delle ore reali di funzionamento impianto: hg (ore);
5. Calcolo dei Gradi Giorno reali; GGr
6. Calcolo della superficie utile dell'hub/unità immobiliare/edificio ; S_u ;
7. Calcolo del rendimento di produzione; η_p ;
8. Calcolo del rendimento di distribuzione; η_d ;
9. Calcolo del rendimento di emissione; η_e ;
10. Calcolo del rendimento di regolazione; η_r ;

11. Calcolo del rendimento globale medio stagionale; $ng = np \times nd \times ne \times nr$;

E'possibile quindi, per tramite tutti i valori innanzi calcolati, determinare il valore dell'Energia Primaria richiesta:

$$E_{pr} = (Q_d + Q_v) \times GGr \times hg / (Su \times DT^\circ \times ng) ; (kWh/mq * anno)$$

In merito ai valori da attribuire ai rendimenti di produzione, distribuzione, emissione e regolazione, ci si può avvalere di abachi e/o valori di riferimento dettati dalla normativa tecnica vigente (UNI TS 11300, raccomandazioni CTI, ecc.).

Mentre per il calcolo dei GGr (gradi giorno reali) bisognerà utilizzare la stessa ed identica formula dettata dalla normativa (calcolo dei gradi giorno) ma utilizzando, come valore della temperatura media giornaliera dell'aria, i valori reali (ricavati dai dati meteo delle centraline presenti in zona) riferiti ad un periodo reale di riferimento (periodo di riscaldamento).

A riguardo, per calcolare il periodo reale di riferimento e le temperature medie giornaliere dell'aria esterna si procederà in questo modo:

a. Si analizzano i dati meteo delle temperature dell'aria (dati orari nelle 24 h) per ogni singolo giorno a partire dal mese di ottobre e sino al mese di aprile (si dovranno analizzare almeno tre anni congruenti con gli anni di fatturazione delle bollette riferite al vettore energetico che si considera); di solito si scelgono gli ultimi 3 anni;

b. Per ogni giorno si calcolerà la temperatura media giornaliera operando come segue:

Si rileveranno i valori: $T^{\circ}min$, $T^{\circ}Max$, T° alle ore 6,00, T° alle ore 20,00 ;

Con tali valori si calcolerà la media aritmetica;

Il valore della media aritmetica sarà considerato come valore della temperatura media giornaliera dell'aria esterna;

All'interno del periodo inizialmente considerato, ottobre-aprile, si andrà a ricercare, a partire dal mese di ottobre, il giorno in cui la temperatura sia pari a $12^{\circ}C$ e si mantenga inferiore a tale valore per tre giorni consecutivi.

Individuato tale giorno, esso rappresenterà l'inizio del periodo reale di riscaldamento.

Ugualmente si opererà per determinare il giorno in cui termina il periodo di riscaldamento; ossia si ricercherà, all'interno del periodo inizialmente considerato, il giorno in cui la temperatura media giornaliera dell'aria esterna sia superiore a $12^{\circ}C$ e si mantenga superiore a tale valore per tre giorni consecutivi;

Individuato tale giorno, esso rappresenterà la fine del periodo reale di riscaldamento.

Con i dati così calcolati è possibile determinare per ogni singolo anno oggetto di studio il valore dei Gradi Giorno reali, facendo in modo che gli stessi anni oggetto di studio

siano gli stessi riferibili alle bollette energetiche (gas metano, gpl, gasolio, energia elettrica, ecc.); di solito si analizzano almeno tre anni.

Dei tre valori dei GGr così calcolati si individuerà quello più significativo e conseguentemente ne sarà individuata la relativa bolletta energetica.

Dopo aver calcolato l'energia primaria E_{pr} è semplice determinare il valore del consumo di combustibile in ingresso al sistema di produzione (gas metano, gpl, energia elettrica) che sarà da confrontare con quello relativo alle bollette energetiche.

In questo modo sarà possibile validare il modello fisico-matematico da noi adottato per l'analisi prestazionale.

La validazione sarà eseguita in questo modo:

- Calcolo del consumo di combustibile atteso ($C_{comb.}$) determinato in funzione del valore calcolato di E_{pr} (valore calcolato con il modello fisico-matematico da noi adottato);

- Calcolo del consumo di combustibile reale ($C'_{comb.}$) riferito al periodo di riscaldamento adottato per determinare i gradi giorno reali;

- Confronto dei due dati innanzi calcolati:

$C_{comb.} - C'_{comb.} = DC_{comb.}$ (valore assoluto);

differenza tra i due valori di consumo (atteso e reale) da considerare come valore assoluto;

Se $DC_{comb.} / C_{comb.} < 5\%$;

esiste alta congruità tra il modello adottato e quello reale.

Se $DC_{comb.} / C_{comb.} < 10\%$;

esiste media congruità tra il modello adottato e quello reale.

Se $DC_{comb.} / C_{comb.} < 15\%$;

esiste bassa congruità tra il modello adottato e quello reale.

Se $DC_{comb.} / C_{comb.} > 15\%$;

il modello adottato non è congruente con quello reale.

Pertanto nell'ipotesi di bassa congruità del modello e parimenti di non congruità c'è bisogno di rettificare i dati d'ingresso al modello fisico-matematico adottato per simulare l'analisi prestazionale del sistema edificio-impianto, ossia andranno rivisti e rimodulati i dati relativi alle trasmittanze, ai rendimenti dei sistemi di produzione, emissione, distribuzione e regolazione dell'impianto a servizio dell'hub, alle ore di funzionamento/spegnimento dell'impianto, ovvero tutto ciò che costituisce dato d'ingresso al modello adottato per l'analisi.

Sarà nuovamente calcolato il valore di E_{pr} , con i nuovi dati rimodulati, per poter

eseguire nuovamente il confronto con il consumo di combustibile reale.

Nel momento in cui con i nuovi risultati di Epr, determinati in seguito alla rivisitazione dei dati d'ingresso, confrontati con il C'comb (consumo reale) determineranno una congruità almeno media (<10%) è possibile adottare quest'ultimo come modello fisico-matematico e quindi procedere successiva analisi economica per valutare gli interventi e/o la combinazione di interventi di efficientamento e riqualificazione energetica.

In sintesi, ciò equivale a dire che il modello adottato simula in modo congruo il sistema edificio-impianto della realtà; avremmo così validato il modello per adottarlo nelle successive analisi (modello validato).

In seguito alla validazione sarà possibile calcolare il coefficiente $\mu = C'comb./Ccomb.$.

Il coefficiente μ sarà applicato alle successive analisi riguardo gli interventi e/o combinazioni di interventi di efficienza energetica per poter calcolare, per ciascuna simulazione di calcolo, il relativo consumo reale di combustibile (metano, gpl, gasolio, energia elettrica, ecc.);

In seguito alla validazione del modello fisico-matematico, che quindi riproduce con buona congruità/aderenza la realtà e quindi il sistema edificio-impianto oggetto di diagnosi, è possibile individuare quali saranno gli interventi singoli di efficienza energetica o la combinazione di più interventi da eseguire nella realtà; ciò sarà possibile costruendo una scala di priorità determinata in seguito all'analisi economica.

In sostanza, si darà priorità agli interventi e/o alla combinazione di interventi che saranno ammortizzati nel tempo breve, ossia che determineranno dei tempi di ritorno inferiori a 10-15 anni (analisi costi-benefici).

Dopo aver validato il modello fisico-matematico che riproduce la realtà del sistema edificio-impianto oggetto della nostra analisi/diagnosi energetica, bisognerà utilizzare tale modello per le successive analisi di fattibilità economica (vedi par 4).

In sintesi ciò significa che utilizzeremo questo modello per poter determinare, in condizioni standard, sia il valore di Epr nella condizione ante-intervento che i successivi Epr nelle condizioni post-intervento.

Condizioni standard significa che al modello fisico-matematico adottato e validato saranno applicati i valori standard dettati dalla normativa tecnica vigente in termini di GG (gradi giorni) ed ore di funzionamento degli impianti.

Mentre, condizione post-intervento (stato futuro) significa quella in cui si ipotizza la realizzazione di un singolo intervento di efficientamento energetico o più in generale le combinazioni di più interventi.; parimenti la condizione ante-intervento significa la condizione reale ed attuale del sistema edificio-impianto oggetto di analisi e di studio (stato di fatto).

Pertanto, a monte dell'analisi economica (analisi costi-benefici) bisognerà determinare

preliminarmente il valore di Epr ante relativo al sistema edificio-impianto nella condizione ante-intervento, calcolato applicando, al modello fisico-matematico validato, i valori standard dettati dalla normativa tecnica.

Si tratta quindi di considerare, come dati d'ingresso al modello validato, non più i valori dei GGr (gradi giorno reali) e le ore di funzionamento reali (hg) bensì i valori standard dettati ed imposti dalla vigente normativa per il sito e per la destinazione d'uso dell'hub oggetto di studio ed analisi.

In tal modo sarà possibile determinare il valore di Epr ante (ante intervento) da cui, in funzione della tipologia di combustibile, ricavare il Ccomb (consumo di combustibile ante intervento in condizioni standard) e poi determinare, applicando il coefficiente μ , il valore di C'comb ossia il valore reale del consumo di combustibile in condizioni standard che sarà confrontato di volta in volta con quelli relativi agli interventi di efficientamento energetico:

$C'comb$ (consumo comb. reale standard) = $\mu \times Ccomb$ (consumo comb. modello standard);

(formula da utilizzare sia nella condizione ante-intervento che in quelle di post-intervento)

Successivamente, saranno determinati via via gli ulteriori valori di Epr relativi a ciascun intervento di efficienza energetica e per ognuno di essi si eseguirà lo stesso calcolo, ossia dopo aver calcolato il relativo consumo di combustibile (Ccomb) si moltiplicherà quest'ultimo valore per il coefficiente μ ricavando così il valore reale di consumo di combustibile $C'comb = \mu \times Ccomb$ (relativo all'intervento) ; si otterrà quindi, per ciascun intervento e/o per una ben determinata combinazione di interventi, il valore di C'comb che andrà confrontato con il valore determinato in condizioni standard ed ante-intervento ottenendo così il risparmio energetico R :

R (risparmio energetico) = $C'comb$ (ante-intervento) - $C'comb$ (post intervento) .

Il valore di R sarà poi utilizzato nell'analisi economica finalizzata ad individuare i tempi di rientro dell'investimento (costo degli interventi da eseguire) e quindi a definire una scala di priorità degli interventi singoli o delle combinazioni di più interventi di efficientamento energetico in funzione del valore di ciascun tempo di ritorno; valori minimi di tempi di ritorno daranno luogo alla massima priorità.

2.1 Riepilogo delle azioni da eseguire per la diagnosi energetica

- A. Costruzione del modello fisico-matematico (sistema edificio-impianto) sulla scorta di dati tecnici dimensionali, dati climatici reali, delle misure strumentali effettuate e funzionamento/conduzione degli impianti così come dettati dalla committenza,
- B. Calcolo dell'Energia primaria attesa (valore calcolato utilizzando il modello di cui al punto A.);

- C. Calcolo dell'indicatore energetico relativo all'Energia primaria attesa (consumo di combustibile)
- D. Calcolo del consumo di combustibile reale (rilevato dalle bollette energetiche);
- E. Confronto tra i consumi di combustibile, in termini numerici assoluti;
- F. Validazione del modello fisico-matematico con determinazione del profilo di congruità (se non congruo o bassa congruità si devono rimodulare i dati in ingresso e reiterare il tutto a partire dal punto A. sin o al punto F.)
- G. In caso di validazione positiva del modello (alta o media congruità) si procederà al calcolo del valore del coefficiente μ ;
- H. Calcolo del valore di Energia primaria in condizione ante-intervento e standard;
- I. Calcolo del consumo reale di combustibile in condizioni ante-intervento e standard;
- J. Individuazione degli interventi di efficientamento energetico singoli o in combinazione (due o più interventi);
- K. Calcolo dei valori di Energia primaria per ogni singolo intervento o per ogni combinazione di interventi di eff.to energetico; condizioni post-intervento e standard;
- L. Calcolo del consumo reale di combustibile per tutte le condizioni di post-intervento e standard;
- M. Calcolo del Risparmio energetico come differenza tra il Consumo reale di combustibile in condizione ante-intervento e quello reale determinato per ciascun intervento singolo o combinato di eff.to energetico;
- N. Per ciascun valore di R (Risparmio energetico) associato anche al relativo valore dell'investimento economico (costo dell'intervento singolo o degli interventi combinati) andrà eseguita un'analisi economica (analisi costi-benefici);
- O. I risultati dell'analisi economica, in termini di tempi di ritorno dell'investimento, restituiranno le priorità del relativo intervento; tempi di ritorno minimi determinano la massima priorità d'intervento.

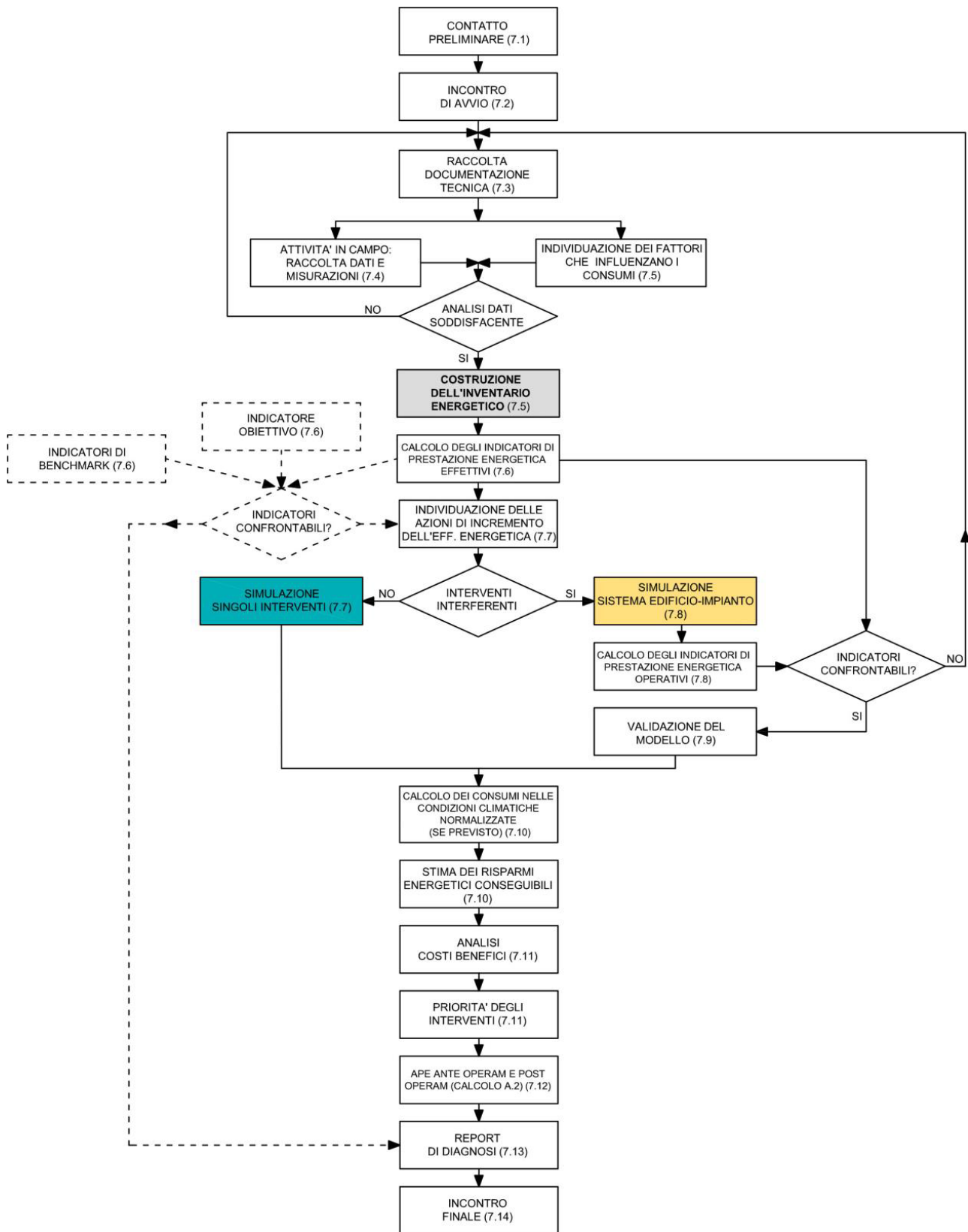


FIG.1 Schema a blocchi per le Diagnosi Energetica degli edifici-
Fonte: ENEA, Progetto ES-PA -Energia e Sostenibilità per la Pubblica Amministrazione -
<https://www.espa.enea.it>

3. DIAGNOSI STRUMENTALE

La diagnosi energetica richiede nella procedura l'ausilio di alcuni, controlli non distruttivi, affinché sia attendibile e completa. In modo particolare per la valutazione della misura della trasmittanza prima dell'intervento di efficientamento in assenza della stratigrafia delle strutture opache verticali ed orizzontali così come riportato anche nella procedura semplificata paragrafo 2.2.

3.1 Misura per trasmittanza termica in situ

I protocolli adottabili per la diagnosi strumentale fanno riferimento a norme di seguito riportate

UNI EN ISO 6946:2018 Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo

UNI ISO 9869-1:2015: Isolamento termico - Elementi per l'edilizia - Misurazione in situ della resistenza termica e della trasmittanza termica - Parte 1: Metodo del termoflussimetro.

UNI EN 13187:2000: Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all'infrarosso

ISO 18434-2:2019 Condizioni di monitoraggio diagnostica delle macchine, Interpretazione dei termogrammi

UNI 10824:2000 Prove non distruttive termografia dell'infrarosso termini e definizioni

Le norme descrivono il metodo per la misurazione della trasmittanza dei componenti opachi negli edifici mediante impiego del termoflussimetro e della termocamera.

La strumentazione per la misura della trasmittanza si compone di un KIT comprendente datalogger per l'acquisizione e gestione dei dati, di un sensore per la misura del flusso termico e di quattro termocoppie per la misura delle temperature superficiali delle pareti interne ed esterne. La configurazione prevede di posizionare il sensore per la misura del flusso termico sulla superficie interna della parete e almeno due sensori di temperatura sulla superficie interna e due sulla superficie esterna della parete che non sia irradiata direttamente dal sole. E' buona norma effettuare le misure per la valutazione della trasmittanza in un periodo caratterizzato da differenze di temperatura fra ambiente interno ed esterno con un $\Delta T^{\circ}C$ pari o superiore di circa $10^{\circ}C$. La durata del test ha come limite minimo le 72 ore con il presupposto che il valore di resistenza finale non differisca più del 5% rispetto ai valori ottenuti nelle 24h precedenti.

La diagnosi termoflussimetrica in assenza di adeguata formazione per la corretta posa in opera strumentale può produrre un errore di valutazione della trasmittanza fino al 30% rispetto al valore presunto. Per questo prima di eseguire la misura, si procede con un'indagine termografica per la verifica delle tessiture murarie sotto intonaco, disomogeneità dei materiali, ponti termici.

Per l'indagine viene utilizzata la termocamera, un dispositivo capace di visualizzare l'energia infrarossa senza contatto. Per la corretta indagine si raccomanda di impostare correttamente i parametri e di eseguire la misura con gradienti di temperatura tra interno ed esterno pari o superiore di circa 10°C.

Valutazione Termografica

Misura della Trasmittanza

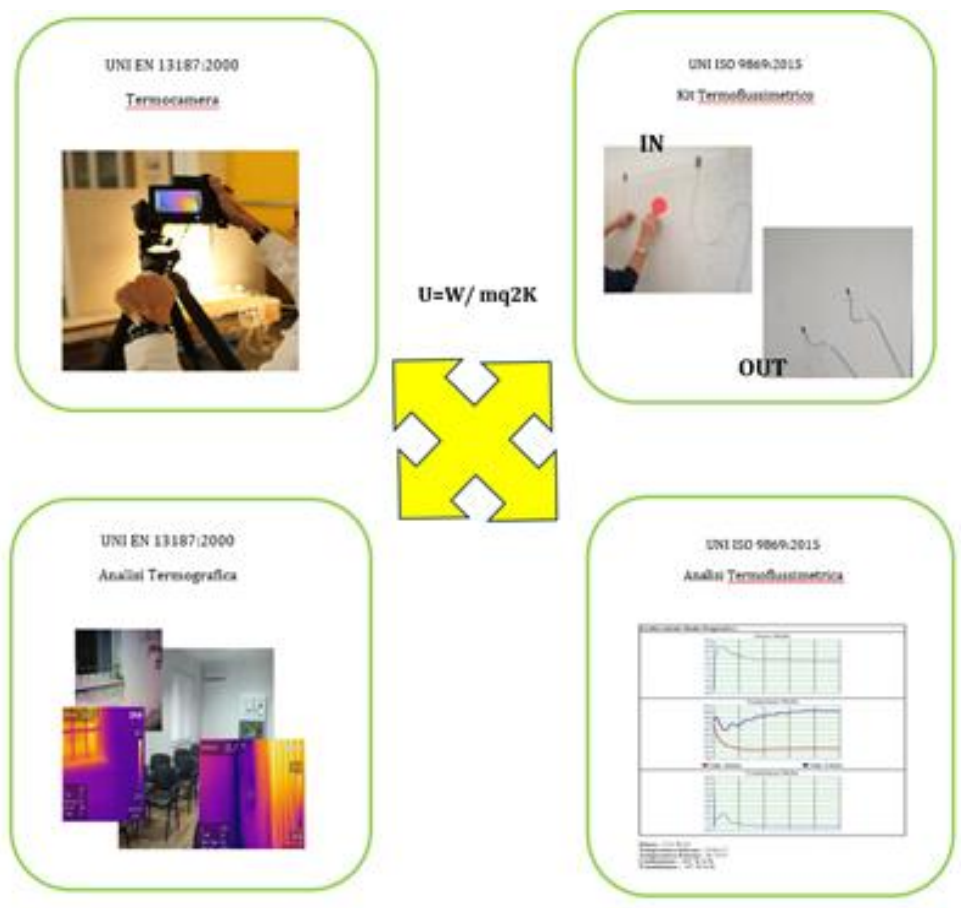


FIG.2 Schema Sintetico per trasmittanza termica in situ

3.2 Misura del microclima indoor

Le seguenti linee guida suggeriscono infine l'utilizzo di centraline o kit per il monitoraggio di Temperatura, Umidità e CO2 negli ambienti indoor secondo normative già in vigore per poter essere in linea con quanto indicato nella Direttiva Europea 844/2018.

La direttiva il cui obiettivo è lo sviluppo sostenibile suggerisce come sia necessario effettuare una valutazione e/o diagnosi, in termini di benessere e comfort negli ambienti interni in relazione agli interventi di contenimento energetico degli edifici.

Il benessere è stato definito dalla commissione salute dell'Osservatorio Europeo su sistemi e politiche per la salute come *uno stato emotivo, mentale fisico, sociale e spirituale di ben-essere che consente alle persone di raggiungere e mantenere il loro potenziale personale nella società.*

UNI EN 7730:2006 Ergonomia degli ambienti termici

-Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.



FIG.3 Schema Sintetico Microclima indoor

3.3 Qualifiche dell'operatore

La complessità delle metodologie di misura in situ, l'esecuzione dei rilievi non sono sufficienti per l'interpretazione e la valutazione dei dati eseguiti secondo norma richiedono indispensabili competenze e personale specializzato con conoscenze delle tecniche e tecnologie di rilievo. Si riportano le normative di riferimento necessarie per il personale adetto alla diagnosi strumentale e alla redazione dei report di misura.

UNI EN ISO 9712:2012 qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive

Patentino CND - Livello 1 - Una persona certificata di livello 1 in un metodo di Prova Non Distruttivo è qualificata ad effettuare operazioni nel metodo certificato in base a istruzioni scritte e sotto il controllo di personale di livello 2 o di livello 3. Deve essere in grado di: a) regolare l'attrezzatura PND; b) eseguire le prove; c) registrare e classificare i risultati in relazione a criteri scritti; d) stendere un rapporto dei risultati.

Patentino CND- Livello 2 Una persona certificata Livello 2, in un determinato metodo PND, è qualificata per eseguire e condurre prove nel metodo certificato secondo procedure stabilite. Deve essere in grado di: a) selezionare la tecnica per il metodo di prova da utilizzare; b) definire i limiti di applicazione del metodo di prova; c) tradurre i codici, le norme, le specifiche e le procedure PND in istruzioni PND adattate alle condizioni reali di lavoro; d) regolare e verificare le regolazioni delle attrezzature; e) effettuare e sorvegliare le prove; f) interpretare e valutare i risultati secondo le norme, i codici, le specifiche e le procedure applicabili; g) redigere le istruzioni scritte di prova per il livello 1; h) svolgere e sorvegliare tutti gli incarichi propri di un livello 1; i) addestrare o guidare il personale di livello 1; j) redigere i rapporti delle PND.

Patentino CND - Livello 3 Una persona certificata Livello 3, in un determinato metodo di PND, è qualificata per eseguire e dirigere attività PND per la quale è certificata. Deve essere in grado di: a) assumere l'intera responsabilità di un laboratorio di prova o di un Centro d'Esami e del relativo personale; b) stabilire e convalidare le tecniche e le procedure di prova; c) interpretare le norme, i codici, le specifiche e le procedure; d) stabilire i particolari metodi di prova, le procedure e le istruzioni PND da utilizzare; e) svolgere e sovrintendere a tutti gli incarichi di tutti i livelli; f) fornire assistenza al personale PND a tutti i livelli.

3.4 Redazione del report

Nel report si riportano in linea generale le informazioni sui metodi eseguiti, le condizioni di misura e strumentali, la problematica riscontrata, i risultati e, se richiesto, suggerimenti per la risoluzione. Il report deve essere redatto in modo tale da essere compreso non solo dai tecnici.

Metodologia applicata
Riferimenti normativi
Condizioni operative
Condizioni strumentali
Problematica riscontrata
Risultati
Documentazione fotografica, termogrammi
Conclusioni e/o suggerimenti se richiesti

3.5 Requisiti per la sicurezza per l'operatore

Certificazione della formazione obbligatoria DLgs. 81/08
Caschetto antinfortuno/da cantiere
Giubbotto di visibilità
Guanti in pelle
Occhiali e mascherina FFPP1 CE per polveri, se necessari
Scarpe da cantiere

La Sicurezza del cantiere è cura del committente

4. LA VALUTAZIONE ECONOMICA DEGLI INTERVENTI

Dopo aver individuati gli interventi di riqualificazione energetica, consigliabili in una determinata struttura, considerando l'intero sistema edificio-impianto, e dopo averne verificata la fattibilità tecnica, va fatta un'analisi costi-benefici per riscontrare la convenienza economica degli interventi individuati.

A tal fine si propone la metodologia del VAN. Questo è un metodo corretto, semplice, ma molto efficace per stabilire la bontà di un investimento. In sostanza si tratta di vedere se l'investimento produce più o meno denaro di quanto se ne può ottenere lasciando una identica somma in banca per un determinato periodo ad un determinato tasso.

Inoltre, partendo dal Valore Attuale Netto, è possibile elaborare una serie di indicatori economici capaci di mettere in evidenza le principali caratteristiche dell'investimento che stiamo considerando.

Questa metodologia non è specificamente riservata al Risparmio Energetico. Essa ha una validità più ampia e può applicarsi ogni volta che la decisione può trarre vantaggio dalle informazioni rese disponibili dall'analisi costi-benefici.

4.1 Il valore attuale netto

Il Valore Attuale Netto si calcola comparando il costo dell'investimento con i benefici economici che esso genererà.

$$\text{VAN} = \text{Benefici economici} - \text{Investimento}$$

Quindi se il VAN è positivo l'investimento è conveniente mentre se il VAN è negativo non è consigliabile realizzare l'intervento.

Non è però corretto comparare semplicemente la somma dei benefici economici con l'investimento in quanto i termini di questo confronto hanno una evoluzione diacronica.

L'investimento, infatti, viene effettuato disponendo di denaro attuale mentre i benefici che esso genererà saranno traducibili in denaro solo in un secondo momento. E' necessario quindi utilizzare dei coefficienti di correlazione che rendano equiparabile il valore del denaro disponibile in tempi diversi.

Bisogna quindi moltiplicare i flussi di cassa futuri che costituiscono i benefici economici che deriveranno dall'investimento per un fattore di annualità che rende omogenei e confrontabili tali benefici con la somma investita. Abbiamo quindi:

$$\text{VAN} = (\text{FC}) (\text{FA}) - \text{I}$$

VAN	= Valore Attuale Netto
FC	= Flusso di Cassa
FA	= Fattore di Annualità
I	= Investimento netto

4.2 Il flusso di cassa

Rappresenta i benefici economici che vengono generati dall'investimento nell'arco della sua vita.

Con buona approssimazione possiamo stimare il flusso di cassa pari al valore economico dell'energia risparmiata.

4.3 Il fattore di annualità

Per poter analizzare i coefficienti di correlazione, che ci permettono di equiparare il valore del denaro disponibile in tempi diversi, abbiamo bisogno di introdurre i concetti di capitalizzazione e sconto.

A. Capitalizzazione e sconto

Se disponiamo di 1 euro e lo impieghiamo al tasso unitario di interesse "i" dopo un anno esso frutta un interesse pari a:

$$1 \times i = i$$

per cui alla fine dell'anno disporremo del capitale iniziale di 1 euro più l'interesse maturato, per un totale di:

$$1 + i \text{ (euro)}$$

ne consegue che 1 euro disponibile tra un anno al momento attuale ha un valore pari a:

$$1/(1+i) \text{ ossia } (1+i)^{-1}$$

Se impieghiamo il nostro euro al tasso di interesse "i" per due anni, alla fine del primo anno disporremo, come sopra visto, del capitale $1+i$. Alla fine del secondo anno disporremo del capitale totale seguente:

$$(1+i)(1+i) \text{ ossia } (1+i)^2$$

ne consegue che 1 euro disponibile tra due anni al momento attuale ha un valore pari a:

$$1/(1+i)^2 \text{ ossia } (1+i)^{-2}$$

Generalizzando possiamo dire che un euro di oggi tra n anni varrà:

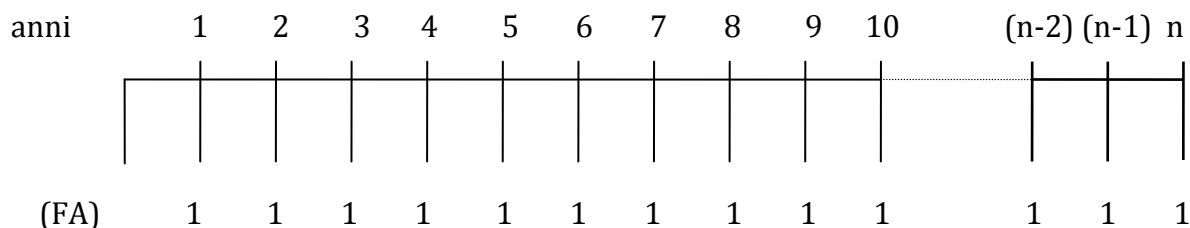
$$(1+i)^n \quad \text{Fattore di Capitalizzazione}$$

e che un euro disponibile tra n anni oggi vale

$$1/(1+i)^n \text{ ossia } (1+i)^{-n} \quad \text{Fattore di Sconto}$$

B. Formula del Fattore di Annualità

Il Fattore di annualità è dato dal Valore Attuale di una rendita certa posticipata costante di un euro:



è cioè uguale alla sommatoria di n euro futuri scontati ad oggi.

Abbiamo quindi:

$$FA = \sum_{j=1}^n (1+i)^{-j}$$

il valore del Fattore di Annualità è reperibile su tabelle a doppia entrata redatte in funzione di “n” e di “i”. Esso rappresenta la **vita equivalente** dell’investimento, che tiene conto dell’effetto sconto. Pertanto FA sarà minore di n, con divario tanto più marcato quanto più grande è l’interesse.

C. Vita dell’investimento

Rappresenta il periodo durante il quale l’investimento continuerà a produrre i benefici economici previsti. Essa è data dalla minore tra le seguenti:

- **Vita fisica** (dovuta all'usura degli impianti)
- **Vita tecnica** (dovuta all'evoluzione della tecnica che può rendere obsoleti i nostri impianti)
- **Vita commerciale** (dovuta alla permanenza, sul mercato, della domanda per i beni o servizi prodotti dai nostri impianti)
- **Vita politica** (determinata da incertezze sulla situazione politica ed economica generale: prescrizioni di legge, pericolo di confische, di guerre, ecc).

D. Tasso di interesse

L'interesse di calcolo, o costo del capitale, dipende dalla provenienza dei mezzi finanziari. Essi possono essere approvvigionati facendo ricorso al credito o a capitali di proprietà dell'imprenditore. Ci sono quindi i due seguenti casi:

- **Investimento con capitale a credito** (il più alto tasso di interesse dei mezzi finanziari cui l'imprenditore sta effettivamente attingendo).
- **Con capitali di proprietà dell'imprenditore** (il più basso tasso di interesse tra le attività a disposizione dell'imprenditore per eventuali disinvestimenti con cui poter approvvigionare i fondi necessari).

E. Inflazione ed aumento differenziato dei prezzi

Bisogna considerare infine l'effetto disturbante dell'inflazione e dell'aumento differenziato dei prezzi. Con buona approssimazione possiamo considerare l'interesse reale pari all'interesse nominale depurato del tasso d'inflazione medio stimato per gli anni di vita dell'investimento. Inoltre, se ipotizziamo che il prezzo dei beni prodotti dai nostri impianti varierà in maniera diversa rispetto alla dinamica dell'inflazione, è necessario considerare l'ampiezza di questa diversificazione. Abbiamo quindi la seguente formula:

$$i = r - f - f'$$

- i = tasso di interesse reale
- r = tasso di interesse nominale
- f = tasso di inflazione
- f' = tasso di deriva del prezzo dei beni prodotti nei confronti dell'inflazione

4.4 L'investimento netto

Una volta calcolato il valore attuale dei benefici economici futuri dell'investimento con i criteri che abbiamo visto, possiamo confrontarlo con il costo complessivo dell'intervento. Alla sua determinazione concorrono le seguenti voci:

- 1) **Prezzo netto dell'apparato produttivo** (macchina, impianto, edificio, ecc.)
- 2) **Costo di installazione** (progetto, montaggio, sistemazione, ecc.)
- 3) **Costo di trasporto relativo** (compreso eventuali tasse)
- 4) **Costo di avviamento** (costo aggiuntivo per le operazioni necessarie all'avvio, eventuali oneri per mancata produzione, interessi passivi sul capitale immobilizzato fino all'inizio della produzione, ecc.)

- 5) **Capitale circolante immobilizzato** (pezzi di ricambio, lubrificanti immagazzinati, ecc.)

Alla somma delle voci da 1) a 5) va sottratto il **valore di recupero** dell'impianto eventualmente esistente, che viene ritirato a causa dell'intervenuto nuovo investimento.

4.5 Gli indicatori economici

Introduciamo adesso alcuni dei più comuni indicatori economici che sintetizzano le caratteristiche dell'investimento e permettono una maggiore rapidità del processo decisionale soprattutto in chiave comparata.

A. Tempo di ritorno (TR)

Il tempo di ritorno, che gli americani chiamano "payback", è l'indicatore economico più diffuso e che in molti casi è sufficiente a definire la redditività dell'affare individuato. E' consigliabile però utilizzarlo con ocularità in quanto il suo uso esclusivo ed indiscriminato può fornire in alcuni casi delle risposte sbagliate e fuorvianti. Esso infatti non tiene conto della vita dell'investimento, dell'interesse, dell'inflazione e della deriva del costo del bene prodotto.

$$TR = I / FC$$

TR = Tempo di Ritorno
I = Investimento
FC = Flusso di Cassa

B. Indice di profitto (IP)

L'indice di profitto ci dice quanto produce una lira investita nell'attività considerata. Questo indice è molto utile quando non si dispone di capitali sufficienti per realizzare tutti gli investimenti individuati come convenienti. In tale caso questo indicatore ci aiuta ad utilizzare al meglio lo scarso denaro disponibile.

La formula è la seguente:

$$IP = VAN / I$$

IP = Indice di Profitto
VAN = Valore Attuale Netto
I = Investimento

Per chiarirlo meglio prendiamo ad esempio due investimenti.

Caso 1):

$$\begin{aligned} FC &= 15.000 \text{ € di benefici attualizzati;} \\ I &= 10.000 \text{ €;} \end{aligned}$$

$$VAN = 15.000 - 10.000 = 5.000 \text{ €.}$$

Caso 2):

$$\begin{aligned} FC &= 10.000 \text{ € di benefici attualizzati;} \\ I &= 5.000 \text{ €;} \end{aligned}$$

$$VAN = 10.000 - 5.000 = 5.000 \text{ €.}$$

Entrambi i casi offrono lo stesso VAN, ma si intuisce come sia preferibile il secondo, che comporta un minor esborso iniziale a parità di profitto realizzabile.

Utilizzando l'indice di profitto abbiamo:

$$IP = VAN / I$$

Caso 1):

$$IP = 5.000 / 10.000 = 0,5$$

Caso 2):

$$IP = 5.000 / 5.000 = 1$$

La preferenza per la seconda soluzione è giustificata dal fatto che un euro investito in questa attività ne produce 1 di profitto, mentre nel primo caso lo stesso euro ne produce 0,5.

C. Tasso interno di rendimento (TIR)

Se in un sistema di assi cartesiani poniamo sulle ordinate il valore del **VAN** e sulle ascisse il tasso di interesse **i**, otteniamo una curva come quella rappresentata nella seguente figura.

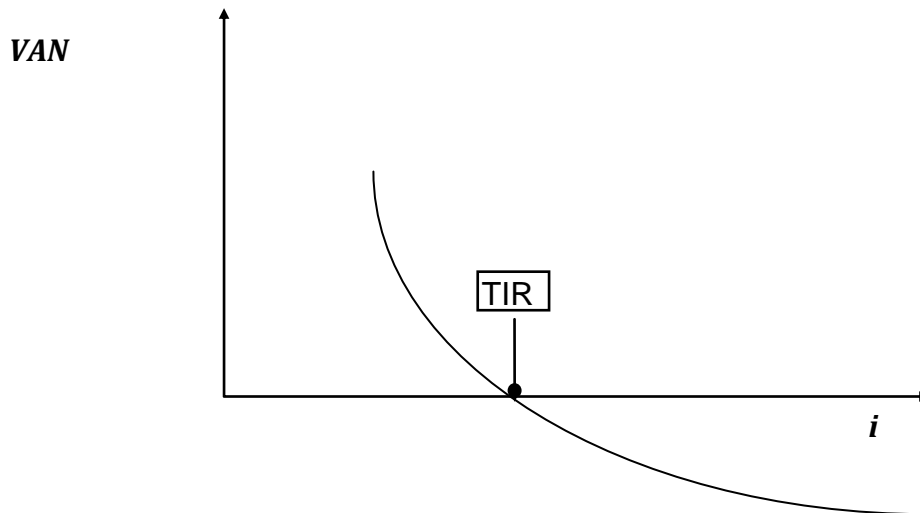


FIG.4 Curva del tasso di Interesse

Il valore di i per cui il VAN si annulla è un particolare valore che prende il nome di “Tasso Interno di Rendimento”. Tale indicatore ci dice a che tasso stiamo impiegando i nostri soldi realizzando l'intervento.

D. *Tempo di ritorno attualizzato (TRA)*

Analogamente a quanto visto per il TIR, poniamo in un sistema di assi cartesiani il **VAN** in ordinata e la vita n prevista in ascissa. Il numero di anni per cui il VAN si annulla individua il Tempo di Ritorno Attualizzato (TRA).

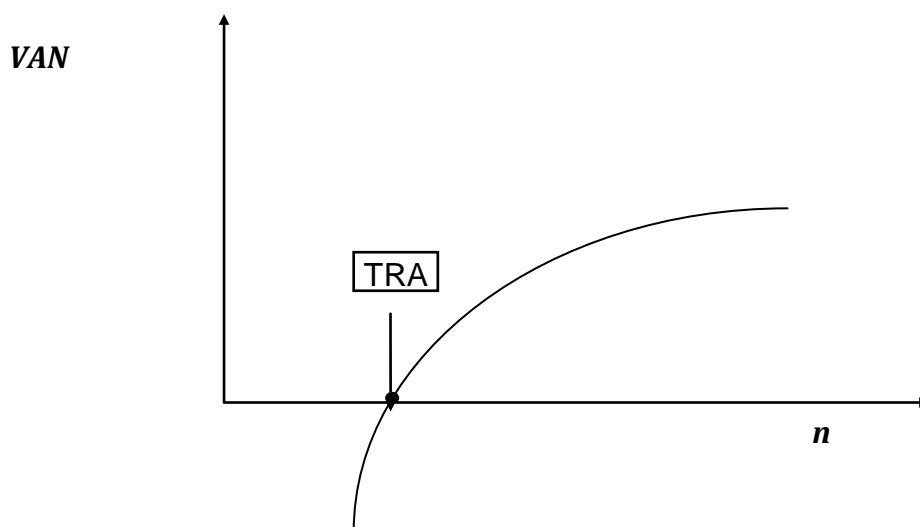


FIG.5 Curva del tempo di ritorno

5. CONCLUSIONI

Il progetto REEHUB ha creato in ogni paese dell'area geografica coinvolta nel Programma IPA INTERREG Montenegro, Albania, Molise e Puglia, gli Energy Regional HUB, centri di riferimento per la Pubblica Amministrazione sulle tematiche del risparmio e efficienza energetica. Gli HUB sono stati organizzati per essere un luogo fisico di incontro, scambio con la collettività e i professionisti al fine di diffondere la cultura della sostenibilità ambientale e energetica e di trasferire attraverso percorsi formativi e di capacity building le buone pratiche sull'argomento. Ogni HUB è gestito da un tecnico specializzato, che ha seguito un percorso formativo sulla metodologia descritta in queste Linee Guida ed è diventato il "custode" delle buone pratiche imparate, nonché dell'HUB con la sua strumentazione tecnica.

Ogni HUB ha una sua peculiarità costruttiva e questo ha permesso di condividere problematiche e soluzioni su diverse tipologie di edificio. Gli HUB sono stati, durante la realizzazione progetto, un laboratorio sul campo, sono stati forniti di strumentazione per effettuare le misurazioni in situ e i tecnici hanno potuto sperimentare e applicare la REEHUB ENERGY AUDIT METHODOLOGY condivisa tra tutti i partner.

La metodologia descritta nelle pagine precedenti evidenzia quali sono le nozioni tecniche di base che ogni professionista deve conoscere e quali sono le procedure da seguire secondo gli Standard Internazionali e le Politiche Comunitarie in corso.

Le presenti Linee Guida sono state strutturate in due sezioni, una parte descrittiva che spiega l'approccio metodologico di un audit energetico di un edificio e gli allegati, esempi di "Best Practise", che descrivono come l'audit è stato applicato all'interno degli Hub regionali realizzati nell'ambito del progetto.

L'obiettivo di queste Linee Guida è, quindi, quello di fornire una guida pratica ai tecnici delle Pubbliche Amministrazioni e professionisti, ed evidenzia che prima di ogni intervento di efficientamento energetico è necessario conoscere l'edificio in tutti i suoi aspetti costruttivi e impiantistici e quantificare lo stesso intervento con un'analisi costi benefici.