

Marzo
2025

SPECIALE CALENDARIO 2025

**Sostenibilità e
riduzione CO₂**



**LA DIAGNOSI ENERGETICA
DEGLI EDIFICI SECONDO
IL RAPPORTO TECNICO
UNI/TR 11775**

**Regola dell'arte
e aspetti operativi**



**Autore:
Donatella Soma - Edilclima**

LA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI SECONDO IL RAPPORTO TECNICO UNI/TR 11775

Regola dell'arte e aspetti operativi

SOMMARIO

PREMESSA	3
ASPETTI GENERALI.....	4
PROCEDURA DI DIAGNOSI ENERGETICA.....	10
ATTIVITÀ INIZIALI	13
COSTRUZIONE DELL'INVENTARIO ENERGETICO	15
COSTRUZIONE E VALIDAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	19
SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	23
ATTIVITÀ FINALI	26
MONITORAGGIO.....	28
CONCLUSIONI	29

LA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI SECONDO IL RAPPORTO TECNICO UNI/TR 11775: regola dell'arte e aspetti operativi

1. Premessa

Per **diagnosi energetica** (DE) o **audit energetico** si intende, ai sensi del **D.Lgs. 102/14**, una procedura sistematica volta ad analizzare i consumi energetici di un sistema (edificio, attività, servizio), a valutarne le possibili opportunità di efficientamento, sotto il profilo dei costi-benefici, e a riferirne in merito ai risultati ottenuti.

Il concetto di diagnosi energetica, affermatosi in particolare nei primi anni '90, in concomitanza con l'evoluzione e lo sviluppo della legislazione inerente al risparmio energetico (in primis la **L. 10/91**, che si è aggiunta alla preesistente **L. 373/76**), appariva prevalentemente incentrato, in origine, sulla valutazione dei consumi di metano, dovuti agli impianti di riscaldamento negli edifici residenziali.

Parallelamente all'**innovazione tecnologica** e alla **crescente complessità dei sistemi e degli impianti**, la procedura di diagnosi energetica è tuttavia divenuta, a sua volta, sempre più complessa e articolata, estendendosi non solo a una pluralità di vettori energetici, ma anche a una molteplicità di servizi, oltreché a differenti destinazioni d'uso degli edifici.

Tale crescente complessità ha così richiesto una **maggior regolamentazione** e lo sviluppo di un'**apposita normativa tecnica**, in grado di garantire il necessario rigore procedurale e il rispetto di requisiti ben precisi.

Si è pertanto configurato il pacchetto normativo europeo **UNI CEI EN 16247**, riguardante la diagnosi energetica in senso lato e articolato in cinque parti distinte (dati generali, edifici, processi, trasporti, competenze dell'auditor). Al predetto pacchetto normativo, pubblicato nel 2012/2014 e successivamente revisionato nel novembre 2022, si collegano le corrispondenti linee guida nazionali, contraddistinte da un taglio più pragmatico e costituite dai rapporti tecnici UNI/TR 11775, pubblicato nel marzo 2020 e relativo agli edifici, e UNI/TR 11824, pubblicato nel luglio 2021 e relativo ai processi.

Il rapporto tecnico **UNI/TR 11775**, finalizzato alla **diagnosi energetica degli edifici** e ispirato, per molti aspetti, ad approcci e a logiche tipiche della diagnosi industriale (si pensi, ad esempio, alla modalità di gestione e di implementazione di molteplici servizi e impianti), fornisce così le linee guida e i criteri applicativi per l'esecuzione di **diagnosi energetiche di alta qualità**, conformi alla normativa europea e ai dettami nazionali.

La conformità alla normativa europea è del resto garanzia di rispetto, oltreché della regola dell'arte, dei requisiti richiesti dal **D.Lgs. 102/14 (allegato 2)**.

La diagnosi energetica, costituente da sempre lo strumento alla base di qualsiasi valutazione connessa all'efficientamento energetico degli edifici, assume oggi una valenza ancor più strategica, alla luce anche degli ambiziosi obiettivi posti dalla **nuova direttiva EPBD IV**: è dunque a maggior ragione fondamentale conoscerne a fondo non solo i principi teorici, ma anche le procedure operative.

Quali prassi si adottano, nella pratica, per l'esecuzione di una diagnosi energetica? Scopriamole nel dettaglio, attraverso una panoramica dei criteri applicativi forniti dalla normativa vigente.

2. Aspetti generali

Prima di addentrarci nello studio della procedura di diagnosi energetica, scoprendone tutti i dettagli fondamentali, è bene chiarire fin da subito alcuni aspetti generali, utili non solo per comprendere i meccanismi alla base della diagnosi energetica, ma anche per coglierne appieno la logica di fondo.

2.1 Operatori coinvolti

Nell'ambito della diagnosi energetica possono essere coinvolti molteplici soggetti (es. staff tecnico, proprietà e amministrazione dell'edificio, gestione e manutenzione degli impianti, utilizzatori dell'edificio), ciascuno concorrente con uno specifico ruolo (es. committente, fornitore di dati, ecc.) allo svolgimento delle varie attività.

Particolarmente significative sono le figure del referente della diagnosi energetica, del committente e della cosiddetta organizzazione.

Per **referente della diagnosi energetica (REDE)** o **auditor energetico** si intende una figura tecnica esperta, la quale provvede all'esecuzione della diagnosi energetica ed è responsabile del suo corretto svolgimento. Tale funzione può essere assolta da un unico operatore (singolo professionista, società di servizi, ente pubblico), il quale dispone di tutte le competenze necessarie (progettazione del fabbricato e degli impianti), oppure da un team di lavoro, in cui confluiscono molteplici competenze. Le specifiche competenze di cui il REDE deve disporre sono dettagliate dalla **UNI CEI EN 16247-5**.

Per **committente** si intende invece qualsiasi persona fisica o giuridica che commissioni la diagnosi energetica.

Per **organizzazione** si intende infine, ai sensi della **UNI CEI EN 16247-1**, qualsiasi persona fisica o giuridica che abbia in proprietà, faccia funzionare, utilizzi o gestisca l'oggetto o gli oggetti sottoposti a diagnosi.

Categoria	Operatore	Possibile ruolo		Possibile coinvolgimento	
		Destinatario DE	Fornitore di dati	Incontri di avvio/finale	Attività in campo
Staff tecnico	Referente della diagnosi energetica (REDE)	-	✓	✓	✓
	Membri dello staff tecnico	-	✓	✓	✓
Proprietà/amministrazione dell'edificio	Proprietario dell'edificio o dell'unità immobiliare	✓	✓	✓	-
	Amministratore della proprietà	✓	✓	✓	-
Gestione/manutenzione degli impianti	Gestore degli impianti	✓	✓	✓	✓
	Direttore dei servizi tecnici	-	✓	✓	✓
	Personale addetto all'esercizio/manutenzione	-	✓	✓	✓
	Personale addetto alla sicurezza	-	✓	✓	✓
Utilizzatori dell'edificio	Occupante/inquilino dell'unità immobiliare	-	✓	✓	-
	Personale impiegato in modo permanente	-	✓	✓	-
	Occupanti temporanei (es. pazienti, clienti)	-	✓	-	-

Prospetto 1. Riepilogo degli operatori coinvolti

2.2 Servizi energetici considerati

Ai fini della diagnosi energetica occorre considerare, in linea di principio, **tutti i servizi energetici presenti nell'edificio**, tali cioè da generare un consumo di energia: non solo i cosiddetti servizi EPB, contemplati dalle specifiche tecniche UNI/TS 11300 e impattanti sulla classificazione energetica (riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione, trasporto, illuminazione), ma anche eventuali altri servizi (quali usi cottura, PC, stampanti, ecc.), i cui fabbisogni possono essere quantificati attraverso stime o calcoli semplificati (in base, ad esempio, ai rispettivi assorbimenti, tempi di attivazione e fattori di carico).

Ai fini della costruzione del modello di calcolo e della simulazione degli interventi migliorativi, l'effettivo coinvolgimento dei vari servizi può essere tuttavia valutato, in funzione dello scopo della diagnosi e della loro relativa incidenza, **a discrezione del REDE**.

Al riguardo occorre fare attenzione alla presenza di eventuali **servizi tra loro interferenti**, contraddistinti cioè da influenze reciproche, che vanno contemporaneamente simulati e di cui occorre comunque considerare le mutue interazioni. I recuperi dovuti

all'impianto di ACS concorrono, ad esempio, a ridurre i fabbisogni in uscita dall'impianto di riscaldamento. I contributi dovuti alle fonti rinnovabili devono essere, invece, suddivisi tra i differenti servizi da queste ultime alimentati, in proporzione ai relativi fabbisogni.

Ai fini del calcolo delle classi energetiche, costituente parte integrante della diagnosi, vanno inoltre simulati tutti i servizi concorrenti alla determinazione della prestazione energetica.

Esulano dalla valutazione eventuali **usi manifatturieri o connessi ad attività produttive**, che afferiscono alla diagnosi dei processi. I consumi correlati ai predetti usi vanno pertanto, se riconducibili ai medesimi impianti oggetto di diagnosi, scorporati dal consumo globale.

I servizi considerati possono essere suddivisi, dal punto di vista logico e fisico, in due categorie principali: i **servizi HC** (riscaldamento/raffrescamento), influenzati dalla temperatura esterna, e i **servizi NHC** (differenti dal riscaldamento/raffrescamento), non influenzati dalla temperatura esterna. Ciò ha rilievo ai fini della costruzione della firma energetica dell'edificio, strumento utile per l'analisi dei consumi.

Scopo	Servizi
Costruzione dell'inventario energetico	Tutti i servizi presenti nell'edificio
Impostazione del modello di calcolo/simulazione degli interventi migliorativi	A discrezione del REDE
Calcolo delle classi energetiche	Tutti i servizi concorrenti alla determinazione della prestazione energetica

Prospetto 2. Riepilogo dei servizi considerati

2.3 Oggetto della valutazione

La diagnosi energetica può essere riferita, tipicamente, in funzione dello scopo, all'**intero edificio**, considerato nel suo complesso, o alle **singole unità immobiliari**.

L'analisi dei consumi reali, basata cioè su misure effettive, può essere quindi incentrata sui contatori centralizzati, sui contatori individuali o su entrambe le tipologie di contatori.

Gli scenari di risparmio energetico possono ricomprendere, di conseguenza, gli interventi su parti comuni (es. cappotto termico), gli interventi su parti private (es. sostituzioni serramenti) o entrambe le tipologie di intervento (scenari misti).

2.4 Requisiti della diagnosi energetica

La diagnosi energetica, in quanto processo sistematico finalizzato al conseguimento di obiettivi prestabiliti, deve possedere sei **requisiti fondamentali**, tipicamente esplicitati in sede di accordi iniziali con la committenza, vale a dire: adeguatezza, completezza, rappresentatività, tracciabilità, utilità, verificabilità.

Requisito	Descrizione
Adeguatezza	La procedura di diagnosi energetica deve essere pienamente rispondente non solo alle condizioni contrattuali concordate con la committenza (finalità, grado di accuratezza), ma anche alle prescrizioni tecnico/normative sussistenti in materia. A tale scopo occorre effettuare un'analisi dettagliata ed esaustiva tanto dello stato di fatto (condizioni ante operam) quanto dei possibili scenari di miglioramento energetico (condizioni post operam), oltreché definire, in relazione alle differenti casistiche, i limiti di tolleranza dei risultati ottenuti, dal punto di vista energetico ed economico.
Completezza	La descrizione del sistema energetico deve essere tale da caratterizzare in modo esaustivo, riportandone tutti gli aspetti significativi, uno o più dei seguenti elementi: <ul style="list-style-type: none"> ● involucro edilizio; ● impianto di riscaldamento/raffrescamento; ● impianto di ventilazione/trattamento aria; ● impianti elettrici; ● impianti di trasporto/movimentazione (ascensori, scale mobili, nastri trasportatori); ● sistemi di controllo e automazione (BACS); ● comfort termico, qualità dell'aria, illuminazione e acustica; ● impianti a fonti rinnovabili.
Rappresentatività	L'analisi condotta deve essere effettivamente rappresentativa del sistema energetico considerato. A tale scopo sono pertanto essenziali i seguenti passaggi: <ul style="list-style-type: none"> ● acquisizione di dati pertinenti e affidabili dal punto di vista quantitativo/qualitativo, ossia di parametri reali in quantità/qualità adeguata alla costruzione dell'inventario energetico; ● analisi accurata della documentazione tecnica reperita; ● predisposizione di sopralluoghi/rilievi strumentali dell'edificio, finalizzati alla caratterizzazione del sistema energetico e alla profilazione del suo consumo; ● esecuzione di verifiche di coerenza, ponendo a confronto i risultati del modello con i dati di fatturazione o rilevati dagli strumenti di misura.
Tracciabilità	La documentazione elaborata deve essere tale da consentire un'agevole individuazione delle condizioni al contorno caratterizzanti l'analisi svolta (fonti dei dati, modalità di elaborazione dei risultati, ipotesi di lavoro assunte). A tale scopo è essenziale l'applicazione di una procedura sistematica, così come il ricorso a una documentazione rigorosa delle modalità operative adottate.
Utilità	La diagnosi energetica deve pervenire, attraverso la definizione a livello contrattuale di un'ipotesi di lavoro condivisa (metodologia, fasi, obiettivi), all'identificazione di scenari di miglioramento energetico efficaci sotto il profilo dei costi/benefici. Per ciascuno scenario occorre pertanto evidenziare tutti i parametri significativi in tal senso (descrizione, benefici energetici, economici e ambientali, interazioni con altri interventi, costi, verifiche necessarie).
Verificabilità	La diagnosi energetica deve fornire al committente gli strumenti e i metodi necessari per la verifica dei miglioramenti effettivamente conseguiti, conseguenti all'applicazione degli interventi proposti.

Prospetto 3. Riepilogo dei requisiti essenziali della diagnosi energetica

2.5 Parametri significativi

Vale la pena chiarire fin da subito quali siano i parametri fondamentali della diagnosi energetica: il consumo energetico e gli indicatori di prestazione energetica. A tali parametri corrispondono alcuni concetti chiave, su cui si fondano tutte le valutazioni più salienti.

2.5.1 Consumo energetico

Per **consumo energetico** dell'edificio, correlato ai differenti vettori energetici e servizi, si intende il flusso energetico in ingresso ai sistemi impiantistici (uso finale dell'energia). Al consumo sono strettamente collegate tutte le altre grandezze significative, di natura energetica, economica e ambientale (energia e potenza consegnata, energia primaria, emissioni in atmosfera, spesa energetica). Il concetto di consumo si declina in particolare, in base alla modalità di valutazione e all'origine dei dati, nei seguenti parametri, tutti cruciali nell'ambito della procedura di diagnosi energetica:

- **consumo operativo**, determinato attraverso la simulazione del sistema edificio-impianto;
- **consumo operativo normalizzato**, determinato attraverso la simulazione del sistema edificio-impianto in condizioni climatiche standard;
- **consumo effettivo**, derivante dall'analisi dei consumi reali (da bollette o letture);
- **consumo effettivo di riferimento (baseline)**, costituente una base di confronto per la valutazione del possibile risparmio energetico.

2.5.2 Indicatori di prestazione energetica

Per **indicatori di prestazione energetica** si intendono parametri quantitativi rappresentativi della prestazione energetica (fabbisogno energetico annuo per il soddisfacimento dei differenti servizi), come definiti dall'organizzazione e associati a una specifica unità di misura. Tali parametri, rappresentativi dell'uso specifico dell'energia, sono generalmente espressi sotto forma di consumo per unità di superficie o volume.

Si definiscono in particolare, in base alla valenza e allo scopo dei parametri considerati, i quattro seguenti indicatori di prestazione energetica:

- **indicatori di prestazione energetica operativi (ENPI_{op})**, ricavati attraverso il modello di calcolo;
- **indicatori di prestazione energetica effettivi (ENPI_{eff})**, ricavati attraverso misure;
- **indicatori di benchmark (ENPI_{bck})**, rappresentativi del consumo medio di riferimento, in base alla tipologia e alle caratteristiche dell'edificio (zona climatica, destinazione d'uso, epoca edificatoria);
- **indicatori di prestazione energetica obiettivo (ENPI_{ob})**, rappresentativi del consumo a cui si ritiene di poter tendere a valle di eventuali interventi migliorativi.

2.6 Tipologie di interventi

Un aspetto fondamentale, al fine di comprendere la logica alla base della procedura di diagnosi energetica, è la tipologia degli interventi in gioco. Gli interventi di risparmio energetico (raccomandazioni), elemento essenziale della diagnosi energetica, si classificano infatti in due principali categorie: interferenti o non interferenti.

Per **intervento interferente** si intende un intervento avente interazioni con altre opere nella determinazione delle prestazioni finali del sistema edificio-impianto. Il risparmio energetico ottenibile attraverso l'intervento combinato differisce, in tale caso, dalla somma dei risparmi conseguibili mediante le singole opere. A titolo di esempio, gli interventi sull'involucro interferiscono con quelli sugli impianti, riducendo il fabbisogno di energia utile in uscita da questi ultimi.

Per **intervento non interferente** si definisce invece un intervento a sé stante, non avente cioè interazioni con altre opere.

La tipologia di interventi, interferenti o meno, ha impatto su **determinati passaggi della procedura di diagnosi energetica** (costruzione o meno del modello di calcolo), così come sulla **modalità di simulazione delle opere di miglioramento** (modellazione o meno degli scenari combinati).

In caso di **interventi interferenti** (ipotesi tipica della diagnosi civile), occorre infatti procedere alla costruzione del modello di calcolo e alla simulazione, mediante quest'ultimo, oltreché degli interventi singoli, considerati separatamente, anche degli scenari di efficientamento combinati, costituiti dal raggruppamento di più interventi.

In caso di **interventi non interferenti** (ipotesi tipica della diagnosi industriale) ci si può invece limitare alla simulazione dei singoli interventi, senza quindi ricorrere alla costruzione del modello e alla simulazione degli scenari combinati.

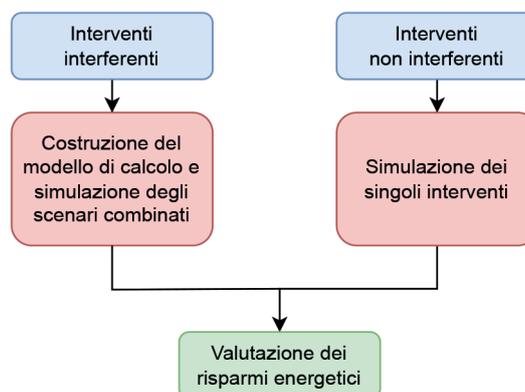


Figura 1. Impatto della tipologia di interventi sulla procedura di calcolo

2.7 Altri strumenti ed indicatori

Altri strumenti e indicatori rilevanti ai fini della diagnosi energetica sono la firma energetica (strumento grafico) e i gradi giorno (indicatore numerico).

2.7.1 Firma energetica

Per **firma energetica** si intende la correlazione, espressa in forma grafica nel piano cartesiano, tra le **temperature esterne medie**, riportate sull'asse delle ascisse, e le corrispondenti **potenze necessarie** (termiche o elettriche), ad esempio in ingresso alla generazione o in uscita da quest'ultima, riportate sull'asse delle ordinate. Tale correlazione si traduce in una nuvola di punti, interpolata mediante una retta.

La firma energetica, da costruirsi in relazione ai singoli vettori energetici, può essere riferita al servizio di riscaldamento (**firma energetica invernale**), al servizio di raffrescamento (**firma energetica estiva**) o all'insieme di tutti i servizi (**firma energetica globale**), ricomprendendo quindi anche quelli, come ad esempio la produzione di acqua calda sanitaria, a potenza fissa (tali cioè da determinare, non essendo influenzati dalle fluttuazioni della temperatura esterna, una sola traslazione, riconducibile a un contributo aggiuntivo di potenza, della retta verso l'alto).

La firma energetica può avere applicazione, nell'ambito della diagnosi energetica, con differenti scopi: la rappresentazione grafica dei consumi operativi/effettivi e il relativo confronto, la ripartizione del consumo globale tra i differenti servizi, la valutazione degli interventi migliorativi, il monitoraggio dei consumi a valle dell'esecuzione degli interventi.

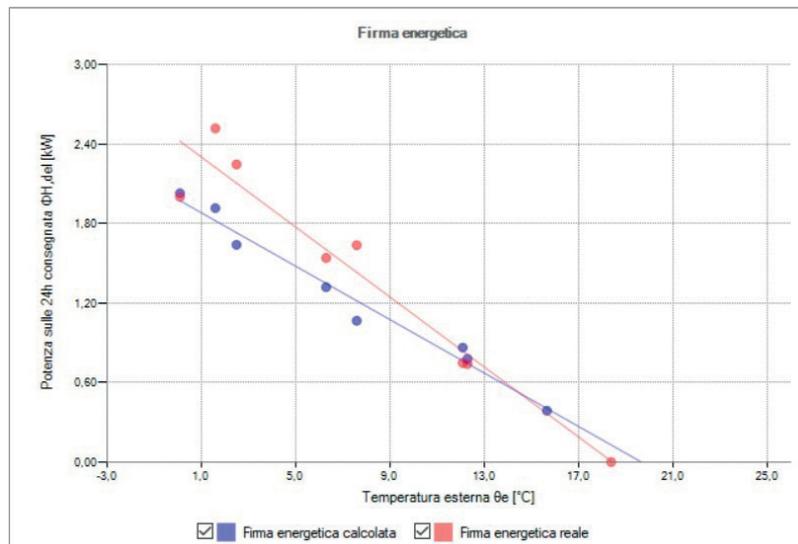


Figura 2. Esempio di rappresentazione della firma energetica

2.7.2 Gradi giorno

Per **gradi giorno** si intende, ai sensi della norma **UNI 10349-3**, un indicatore sintetico, rappresentativo delle condizioni climatiche di una determinata località. Tale indicatore è espresso dalla **sommatoria degli scostamenti giornalieri tra la temperatura interna e la temperatura esterna media**. Il predetto parametro è utile, nell'ambito della diagnosi energetica, ai fini di identificare in modo immediato le condizioni climatiche, operative (teoriche) ed effettive (reali), della località considerata.

2.8 Digitalizzazione

Va evidenziato come la diagnosi energetica si collochi ormai in un contesto sempre più integrato ed evoluto, contraddistinto da un'estrema molteplicità di casistiche, esigenze ed opzioni, da cui consegue un inevitabile processo di digitalizzazione.

È dunque indispensabile, a fronte di uno scenario più complesso, il ricorso a strumenti informatici avanzati, che consentano non solo la gestione di simulazioni multiple, ma anche un adeguato controllo delle numerose variabili in gioco.

Va tuttavia rimarcato come “complesso” non significhi “complicato”. La complessità deve essere infatti gestita dal software, permettendo al progettista di focalizzarsi sugli aspetti più sensibili, di carattere valutativo e interpretativo, che prioritariamente gli competono: dalla selezione dei dati di input all'analisi critica dei risultati ottenuti, fino a giungere alla corretta identificazione della miglior strategia operativa.

3. Procedura di diagnosi energetica

In che cosa consiste, dal punto di vista pratico, l'esecuzione della diagnosi energetica? Lo svolgimento di una diagnosi energetica si esplica, innanzitutto, nell'applicazione di una ben determinata procedura, composta da passaggi precisi. Il carattere di sistematicità e di consequenzialità è un elemento centrale della diagnosi energetica, che sottende, oltre a ciò, un elevato contenuto tecnico.

La procedura di diagnosi energetica si articola, secondo lo schema sintetico riportato nella **UNI CEI EN 16247-1**, in nove fasi principali: contatto preliminare, incontro di avvio, raccolta dei dati, piano di misurazione, metodi di campionamento, attività in campo, analisi, rapporto, incontro finale.

Il rapporto tecnico **UNI/TR 11775** riprende le medesime fasi (ad eccezione di quelle relative alla misurazione e al campionamento, introdotte con successiva revisione della normativa europea), approfondendo, in particolare, quella di analisi, costituente la parte centrale e di maggior valenza dell'intero processo di diagnosi energetica.

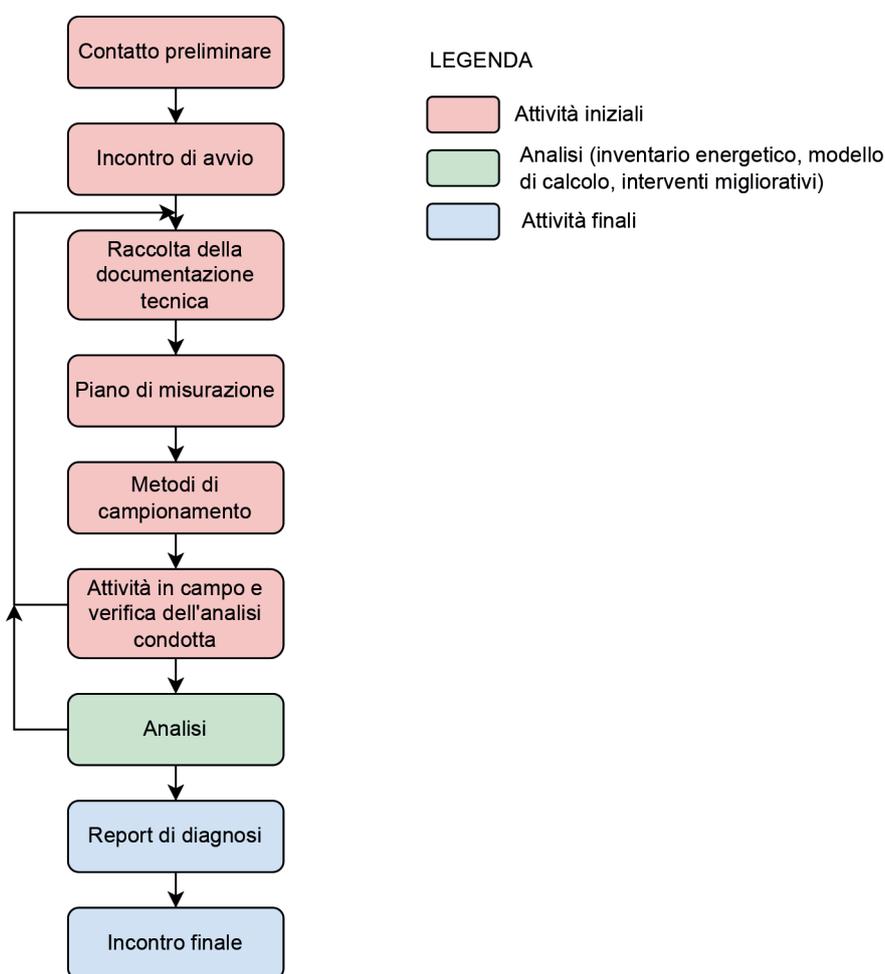


Figura 3. Schema di flusso sintetico della diagnosi energetica (secondo UNI/TR 11775, par. 6.1, fig. 1, e UNI CEI EN 16247-1, appendice A, fig. A.1)

Nota: va evidenziato come, in entrambi gli schemi di flusso, sia quello sintetico sia quello dettagliato, si siano aggiunti anche i blocchi relativi alla misurazione e al campionamento, non presenti nel rapporto tecnico UNI/TR 11775, bensì introdotti successivamente dalla UNI CEI EN 16247-1:2022.

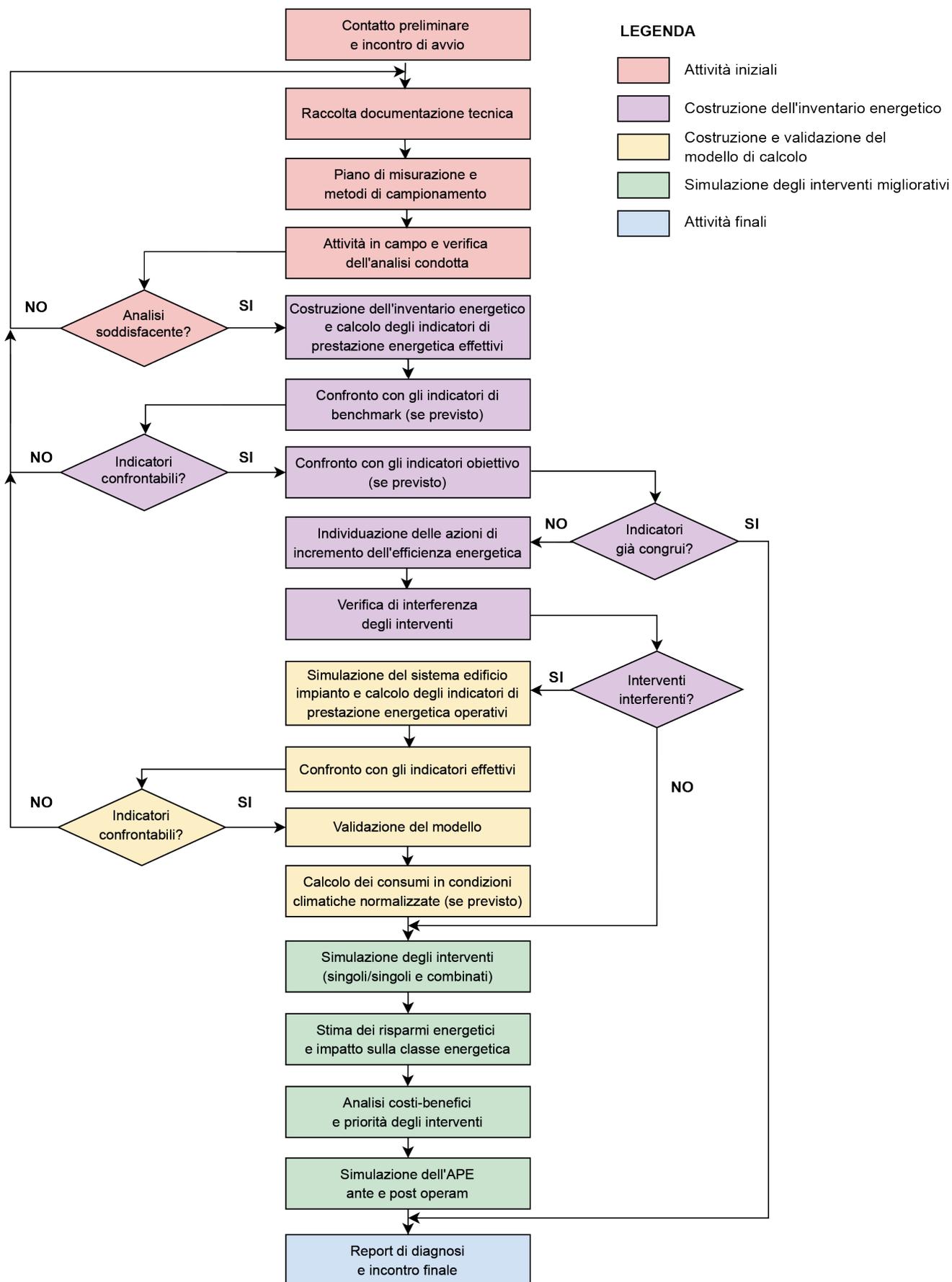


Figura 4. Schema di flusso dettagliato della diagnosi energetica (secondo UNI/TR 11775, par. 6.1, fig. 2, e UNI CEI EN 16247-1, appendice A, fig. A.1)

Fase		Passaggio	Precisazioni/punti di verifica
Attività iniziali		1 Contatto preliminare	-
		2 Incontro di avvio	-
		3 Raccolta della documentazione tecnica	-
		4 Piano di misurazione	-
		5 Metodi di campionamento	-
		6 Attività in campo e verifica dell'analisi condotta	<i>In caso l'analisi dei dati sia soddisfacente si passa al punto 7, altrimenti si ritorna al punto 3.</i>
Analisi	Inventario energetico	7 Analisi dei consumi reali e costruzione dell'inventario energetico	-
		8 Calcolo degli indicatori di prestazione energetica effettivi	-
		9 Confronto con gli indicatori di benchmark (se previsto)	<i>In caso gli indicatori siano confrontabili si passa al punto 10, altrimenti si ritorna al punto 3.</i>
		10 Confronto con gli indicatori obiettivo (se previsto in fase di contatto preliminare)	<i>In caso gli indicatori siano già congrui si passa al punto 24, altrimenti si passa al punto 11.</i>
		11 Individuazione degli interventi di incremento dell'efficienza energetica	-
		12 Verifica di interferenza degli interventi	<i>In caso di interventi interferenti si passa al punto 13, altrimenti si passa al punto 18.</i>
	Modello di calcolo	13 Simulazione del sistema edificio-impianto	-
		14 Calcolo degli indicatori di prestazione energetica operativi	-
		15 Confronto con gli indicatori di prestazione energetica effettivi	<i>In caso gli indicatori siano confrontabili si passa al punto 16, altrimenti si ritorna al punto 3.</i>
		16 Validazione del modello	-
		17 Calcolo dei consumi nelle condizioni climatiche normalizzate (se previsto)	<i>In caso si desideri effettuare la simulazione degli interventi migliorativi in condizioni climatiche standard.</i>
	Interventi migliorativi	18 Simulazione degli interventi (singoli/singoli e combinati)	<i>Solo singolarmente (in caso di interventi non interferenti) o anche mediante il raggruppamento in scenari (in caso di interventi interferenti).</i>
		19 Stima dei risparmi energetici	-
		20 Impatto sulla classe energetica	-
		21 Analisi costi-benefici	-
		22 Definizione della priorità degli interventi	-
		23 Simulazione dell'APE ante/post intervento	-
	Attività finali		24 Rapporto di diagnosi energetica
		25 Incontro finale	-

Prospetto 4. Procedura di diagnosi energetica (tabella riepilogativa dei singoli passaggi e delle relative note)

4. Attività iniziali

La diagnosi energetica si apre con alcune attività preliminari, dirette a due scopi principali: l'impostazione del lavoro e la raccolta della documentazione necessaria.

4.1 Contatto preliminare

Attraverso il contatto preliminare si pongono le basi per tutte le successive valutazioni. In tale sede occorre pertanto provvedere, da parte del REDE, a:

- individuare gli **operatori coinvolti** e assicurare la loro informazione e cooperazione reciproca;
- concordare con il committente i **confini** della diagnosi, vale a dire il suo scopo, il suo ambito di applicazione e il suo livello di approfondimento, articolabili in differenti gradi (ciò non implica la definizione di tipologie di diagnosi distinte, ma è da intendersi quale valutazione necessaria ai fini della pianificazione delle successive attività);
- effettuare una **pianificazione** delle attività di diagnosi, ai fini di soddisfare le esigenze concordate;
- definire lo **scostamento massimo** o **marginale di incertezza**, ai fini della validazione del modello;
- definire un eventuale **indicatore di prestazione energetica obiettivo**, a cui l'organizzazione ritiene di poter tendere (indicatori tipici sono il consumo specifico e le emissioni in atmosfera specifiche).

Variabile	Casistiche/parametri di valutazione
Finalità	<ul style="list-style-type: none"> ● Riduzione dei costi/dei consumi energetici. ● Riduzione dell'impatto ambientale. ● Adeguamento alla legislazione vigente o conseguimento di obiettivi volontari.
Scopo/ambito di intervento	<ul style="list-style-type: none"> ● Edifici o parti di edifici. ● Servizi energetici/sistemi tecnici dell'edificio. ● Aree/sistemi esterni all'edificio.
Accuratezza	<ul style="list-style-type: none"> ● Tempo del sopralluogo. ● Ambito di intervento. ● Livello della modellazione. ● Requisiti delle misure. ● Livello di misurazione/contabilizzazione. ● Livello di approfondimento degli interventi. ● Competenze del REDE.

Prospetto 5. Riepilogo dei confini della diagnosi energetica

4.2 Incontro di avvio

Scopo dell'incontro di avvio è quello di condividere le informazioni e di definire gli aspetti operativi, finalizzati all'esecuzione della diagnosi energetica. Il REDE deve pertanto provvedere a:

- ragguagliare gli operatori coinvolti in merito alle **decisioni assunte** (obiettivi, confini, ambito di intervento);
- concordare con l'organizzazione le **modalità operative**, secondo cui si svolgeranno le varie attività (regole di accesso al sistema energetico, modalità di verifica della documentazione tecnica esistente, dati necessari, programma di esecuzione della diagnosi, pianificazione dei sopralluoghi).

4.3 Raccolta della documentazione tecnica

Segue quindi una fase, di rilevanza essenziale, finalizzata al reperimento di tutte le **informazioni tecniche** necessarie per l'analisi (documentazione tecnica relativa all'edificio, caratteristiche del fabbricato e degli impianti, profili di utilizzo, fattori incidenti sui consumi, disponibilità e allocazione dei punti di misura). Il REDE deve quindi provvedere, con il contributo dell'organizzazione, all'identificazione di una serie di dati, relative all'edificio, al suo utilizzo e ai vettori energetici impiegati.

Tipologia di documentazione	Dettaglio della documentazione
Documentazione relativa all'edificio	<ul style="list-style-type: none"> • Documenti tecnici esistenti in merito all'edificio e agli impianti (es. planimetrie, schemi di impianto). • Relazione tecnica di progetto e APE (se disponibili). • Documentazione relativa ad eventuali interventi di manutenzione/riqualificazione precedentemente eseguiti.
Documentazione relativa all'utilizzo dell'edificio	<ul style="list-style-type: none"> • Impostazione stagionale dei parametri ambientali interni (temperature, ricambi d'aria, illuminazione). • Profili di occupazione per le differenti tipologie di attività. • Eventuali cambiamenti verificatisi durante i tre anni precedenti o comunque durante il periodo oggetto di analisi.
Documentazione relativa ai singoli vettori energetici	<ul style="list-style-type: none"> • Consumi effettivi, da contatori o bollette (preferibilmente dati mensili degli ultimi tre anni). • Energia consegnata ed esportata. • Inventario dei consumi elettrici (potenze, tempi di attivazione, fattore di carico). • Eventuali fattori incidenti sui consumi energetici (es. temperature, gradi giorno).

Prospetto 6. Riepilogo della documentazione tecnica necessaria

4.4 Piano di misurazione e metodi di campionamento

Alle attività sopra descritte si aggiungono due step supplementari, relativi alla definizione del piano di misurazione e dei metodi di campionamento. Tali aspetti non sono tuttavia formalmente esplicitati dal rapporto tecnico UNI/TR 11775, essendo stati successivamente introdotti dalla UNI CEI EN 16247-1:2022. Il **piano di misurazione**, da concordarsi tra il REDE e l'organizzazione, deve contenere una serie di informazioni, inerenti ai punti, ai processi e alle apparecchiature di misura. Ai **metodi di campionamento** è invece possibile ricorrere, identificando campioni significativi, anche questi ultimi concordati con l'organizzazione, in caso l'analisi della totalità delle informazioni disponibili appaia non agevole o conveniente.

4.5 Attività in campo e verifica dell'analisi condotta

I passaggi iniziali si concludono con una fase di attività in campo, costituita da sopralluoghi e da indagini in sito, attraverso i quali occorre provvedere, da parte del REDE, alla **verifica di rispondenza** delle informazioni acquisite e all'eventuale **integrazione** dei dati mancanti. A tale scopo, è opportuno accertare il reperimento di una serie di dati, relativi al fabbricato, agli impianti e all'edificio nel suo complesso.

In caso determinate informazioni non siano ricavabili dalla documentazione disponibile (es. trasmittanze pacchetti murari), le attività possono includere misure in campo con apposita strumentazione (es. termocamera, termoflussimetro). In caso inoltre si siano verificate, nel triennio precedente al rilievo, una o più variazioni dei parametri in gioco (es. cambio di destinazione d'uso dell'edificio, variazione delle superfici riscaldate, sostituzione del generatore), tali aspetti vanno tenuti in debito conto durante la successiva fase di analisi.

Se le informazioni raccolte risultano soddisfacenti, si procede agli step successivi, altrimenti si integra la fase di documentazione.

Tipologia	Dettaglio
Dati generali	<ul style="list-style-type: none"> • Caratteristiche dimensionali dell'edificio. • Servizi energetici presenti. • Zonizzazione dell'edificio (locali climatizzati, locali non climatizzati, impianti correlati). • Parametri delle apparecchiature.
Dati relativi al fabbricato	<ul style="list-style-type: none"> • Caratteristiche dell'involucro edilizio. • Destinazioni d'uso degli ambienti. • Condizioni di utilizzo interne (temperatura, umidità, illuminazione, profili di occupazione). • Ombreggiamenti.
Dati relativi agli impianti	<ul style="list-style-type: none"> • Specifiche dei sistemi tecnici. • Fattori di utilizzo effettivi dei servizi presenti. • Regime di funzionamento degli impianti.

Prospetto 7. Riepilogo dei principali dati necessari

5. Costruzione dell'inventario energetico

Per **inventario energetico** si intende, con riferimento ai singoli vettori energetici e ai singoli servizi, un'analisi dettagliata dei **consumi reali dell'edificio**, ossia un **censimento** dei consumi energetici presenti e una loro **suddivisione tra i differenti servizi** (determinazione dei consumi disaggregati, per vettore energetico e per servizio). L'inventario energetico deve essere rappresentativo dell'energia in ingresso al sistema edificio-impianto, così come del suo utilizzo.

L'obiettivo è quello di definire, per ciascun vettore energetico/servizio, un **consumo effettivo di riferimento**, da utilizzarsi sia per l'identificazione dei possibili servizi efficientabili e dei relativi interventi migliorativi (baseline) sia, ove del caso, per la validazione del modello di calcolo.

La costruzione dell'inventario energetico si articola quindi attraverso le seguenti fasi:

- mappatura dei vari impianti e utilizzatori presenti nell'edificio;
- rilevazione dei consumi effettivi, suddivisione tra i differenti servizi e scorporo di eventuali servizi non pertinenti (per ciascun vettore energetico e periodo di valutazione);
- applicazione dei fattori di aggiustamento dei consumi effettivi (per ciascun vettore energetico, periodo di valutazione e servizio);
- determinazione del consumo complessivo e dell'incidenza dei singoli servizi (per ciascun vettore energetico e per ciascuna stagione);
- definizione del consumo effettivo di riferimento (per ciascun vettore energetico e servizio).

5.1 Rilevazione dei consumi

Una volta identificati gli impianti presenti e le singole utenze a questi collegate, si procede, in relazione ai singoli vettori energetici, alla rilevazione dei consumi, da bollette o misure.

Affinché l'analisi possa considerarsi attendibile, è opportuno reperire i consumi con riferimento ad **almeno tre stagioni** e con un **dettaglio mensile**, così da valutarne la coerenza e identificare le cause di eventuali anomalie.

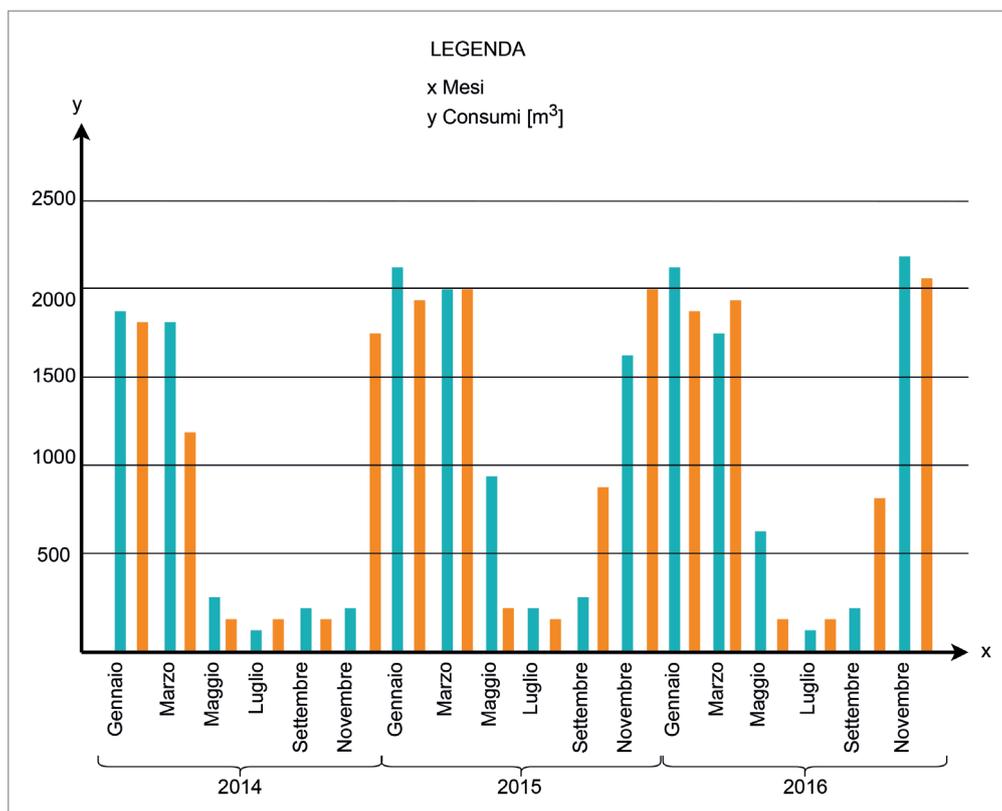


Figura 5. Esempio di rilievo mensile dei consumi di metano

5.2 Ripartizione tra i servizi

La ripartizione del consumo globale tra i differenti servizi può essere effettuata, in funzione della tipologia di vettore, attraverso differenti criteri (es. rilievi o misure in campo).

Nel caso dei **combustibili** occorre dotarsi di appositi contatori, posti a monte (in ingresso) o a valle (in uscita) dei sistemi di generazione, i quali possono essere separati (dedicati a un unico servizio) o combinati (dedicati a più servizi).

Nel caso dell'**energia elettrica** è invece possibile procedere a un "inventario elettrico", quantificando cioè i consumi relativi ai vari servizi in base ai parametri raccolti in campo (potenze elettriche installate, tempi di attivazione, fattori di utilizzo). In tale caso il consumo globale viene così suddiviso tra i differenti servizi in proporzione ai relativi consumi rilevati. Affinché l'inventario risulti affidabile, occorre che la totalità dei consumi rilevati copra almeno il **95%** del consumo globale.

Uno strumento pragmatico per la suddivisione del consumo globale tra i differenti servizi può essere inoltre costituito dalla **firma energetica**, grazie alla quale è possibile distinguere in maniera immediata i punti (potenze) corrispondenti ai periodi di attivazione o meno dei servizi di riscaldamento/raffrescamento. Si individua in tale modo, graficamente, la quota parte del consumo attribuibile ai servizi NHC, così come, per differenza, la restante quota parte riconducibile ai servizi HC.

5.3 Fattori di aggiustamento

In caso i consumi reali siano influenzati da aspetti particolari (legati ad esempio all'occupazione dell'edificio o a malfunzionamenti dell'impianto), tali da renderli anomali o comunque non rappresentativi delle condizioni tipiche dell'edificio in esame, si ricorre ai cosiddetti fattori di aggiustamento, ossia a fattori correttivi volti a ricondurre i consumi a valori maggiormente significativi, utilizzabili per l'analisi.

Per **fattori di aggiustamento** si intendono, secondo la definizione generale fornita dalla **UNI CEI EN 16247-1**, "parametri quantificabili in grado di influenzare il consumo energetico", tra i quali, a titolo di esempio: le condizioni climatiche, i parametri comportamentali (temperatura interna, livello di illuminamento), le ore di lavoro, il livello produttivo, ecc.

Va tuttavia rimarcato come i fattori di aggiustamento debbano essere utilizzati con cautela e adeguatamente motivati, sulla base di criteri oggettivi, tenuto conto della sensibilità e dell'esperienza del REDE.

Differente valenza hanno invece i cosiddetti fattori di stagionalizzazione, da applicarsi ai consumi operativi, se riferiti ai dati climatici convenzionali, ai fini di renderli confrontabili con quelli effettivi.

5.4 Consumo complessivo e incidenza dei singoli servizi

Una volta determinati, per ciascun periodo di osservazione, i consumi distinti per servizio e comprensivi degli eventuali fattori di aggiustamento, si può quindi pervenire, per ciascuna stagione, alla determinazione del **consumo complessivo** e alla rappresentazione, ad esempio mediante diagrammi a torta, dell'**incidenza percentuale dei singoli servizi**.

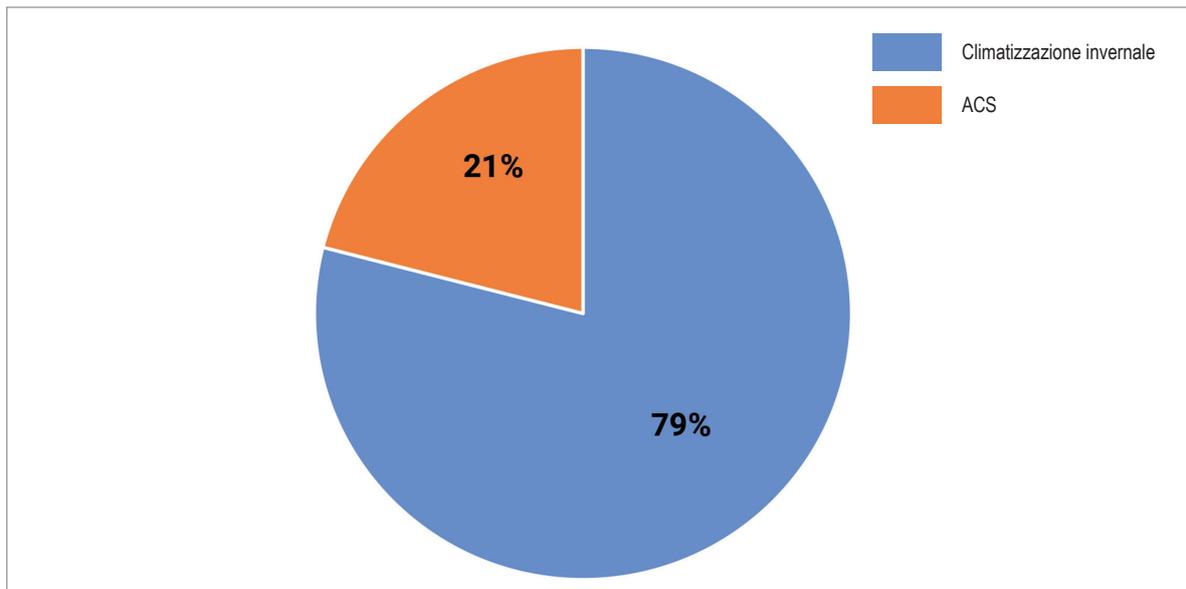


Figura 6. Esempio di suddivisione del consumo di metano

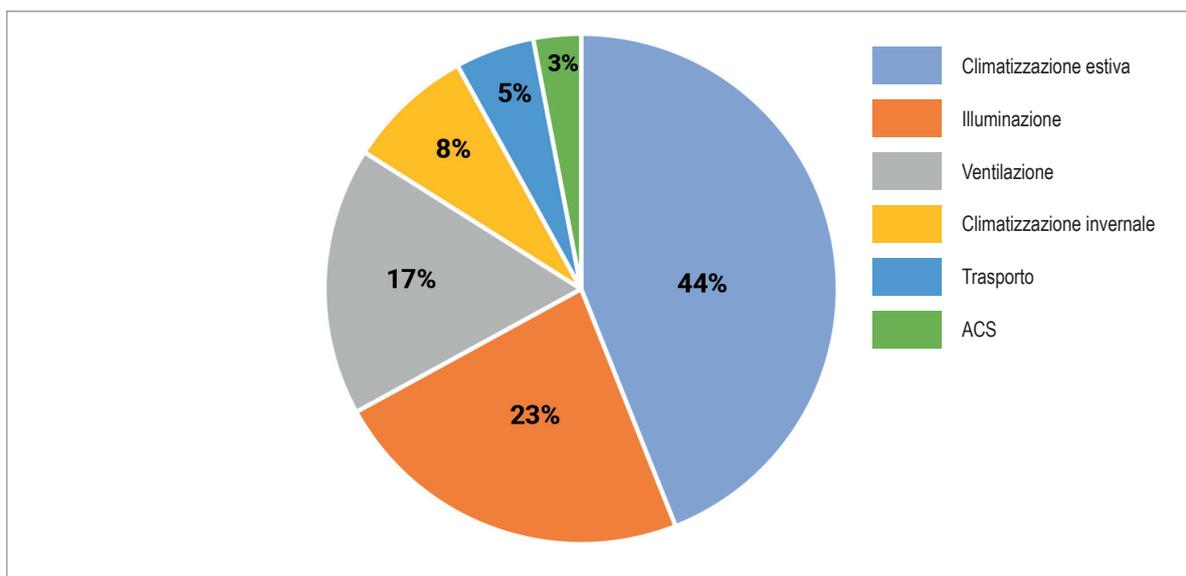


Figura 7. Esempio di suddivisione del consumo di energia elettrica

5.5 Consumo effettivo di riferimento e indicatori di prestazione energetica effettivi

Si determina a questo punto, per ciascun vettore energetico e per ciascun servizio, il **consumo effettivo di riferimento** (baseline), operando una media tra i consumi relativi alle due stagioni tra loro più simili.

Gli **indicatori di prestazione energetica effettivi** si ottengono quindi, in relazione ai singoli vettori energetici e ai singoli servizi, esprimendo il consumo effettivo di riferimento (o altri parametri a questo correlati) per unità di superficie o volume.

Gli indicatori di prestazione energetica effettivi possono essere confrontati, se stabilito in fase di contatto preliminare, con i corrispondenti parametri di riferimento (**indicatori di benchmark/obiettivo**), allo scopo di valutarne l'entità e il possibile margine di ottimizzazione.

In caso gli indicatori effettivi risultino già congruenti con quelli di riferimento, la diagnosi può ritenersi conclusa, senza necessità di individuare interventi di efficientamento energetico, oppure, se si ritiene opportuno, può comunque proseguire, ai fini di ulteriori approfondimenti.

5.6 Identificazione dei possibili interventi

Una volta effettuato l'inventario energetico e individuati i servizi efficientabili, si procede all'identificazione dei possibili interventi migliorativi. A tale scopo occorre effettuare uno studio delle caratteristiche dell'edificio (involucro e impianti), così da individuarne gli aspetti più critici e i punti deboli, sui quali è opportuno intervenire ai fini di migliorare la prestazione energetica.

Gli interventi possono essere classificati in funzione di molteplici aspetti, di natura tecnica ed economica.

Una volta identificati i possibili interventi, è essenziale verificarne la reciproca **interferenza**. In caso gli interventi siano tra loro interferenti, si deve procedere alla costruzione e alla validazione del modello di calcolo. In caso contrario, si può procedere direttamente alla simulazione dei singoli interventi.

Critero	Tipologie di interventi
Aspetti tecnici	Interventi sull'involucro
	Interventi sugli impianti meccanici
	Interventi sugli impianti elettrici
	Interventi sull'uso del sistema edificio-impianto
	Utilizzo di fonti rinnovabili
	Sistemi di monitoraggio dei consumi
Aspetti economici	Zero capital
	Low capital
	Capital intensive
Interferenza	Interferenti
	Non interferenti

Prospetto 8. Classificazione degli interventi

6. Costruzione e validazione del modello di calcolo

In caso di interventi tra loro interferenti (ipotesi tipica) occorre procedere alla costruzione di un modello di calcolo, il quale simuli nel modo più realistico possibile il comportamento dell'edificio, inteso come comprensivo di fabbricato e di impianti, così da poterne valutare le possibili opportunità di risparmio energetico.

Ai fini della costruzione del modello si adottano, in base allo scopo e all'oggetto della simulazione, **differenti impostazioni**, con riguardo ad esempio alla modalità di valutazione, al metodo di calcolo e alla tipologia dei dati climatici. Si perviene così, in generale, all'elaborazione di molteplici modelli, i quali sono comunque agevolmente ricavabili tramite copia/modifica di quello originario.

Scopo	Oggetto	Modalità di valutazione	Metodo di calcolo	Edificio	Dati climatici	Dati di utenza
Validazione	Stato di fatto	A3	Mensile/orario	Reale	Reali	Reali
Interventi migliorativi	Stato di fatto	A3/A3+A2	Mensile/orario	Reale	Convenzionali/reali	Reali
	Singolo scenario	A3/A3+A1	Mensile/orario	Di progetto	Convenzionali/reali	Reali
Impatto sulla classe energetica	Stato di fatto	A2	Mensile	Reale	Convenzionali	Convenzionali
	Singolo scenario	A1	Mensile	Di progetto	Convenzionali	Convenzionali

Prospetto 9. Riepilogo dei modelli e delle impostazioni

6.1 Modalità di valutazione

Con riguardo alla modalità di valutazione (impostazione dei dati di ingresso e delle opzioni di calcolo), occorre adottare:

- ai fini della **validazione del modello**, la modalità di valutazione **A3** (adattata all'utenza);
- ai fini della **simulazione degli interventi migliorativi**, la modalità di valutazione **A3** (adattata all'utenza) o mista, comprensiva cioè di eventuali parametri **A2** (standard), per lo stato di fatto, o **A1** (di progetto), per i singoli scenari;
- ai fini del calcolo delle **classi energetiche**, la modalità di valutazione **A2** (standard) o **A1** (di progetto), a seconda che ci si riferisca allo stato di fatto o ai singoli scenari.

Allo scopo di garantire una trasparente e immediata individuazione delle condizioni al contorno (fonti dei dati, modalità di elaborazione dei risultati, ipotesi di lavoro assunte), la relazione di diagnosi deve contenere un'**esplicita indicazione** di quali parametri siano stati modificati, nella valutazione A3, rispetto alle condizioni standard della valutazione A1/A2, per adattare il modello alle condizioni effettive.

Approfondimento 1: differenza tra diagnosi energetica e APE

Va rimarcato come sia l'attestato di prestazione energetica (APE) sia la diagnosi energetica (DE) costituiscano strumenti volti alla caratterizzazione energetica del sistema edificio-impianto. Tali strumenti differiscono tuttavia profondamente tra loro non solo per le competenze/condizioni al contorno richieste, ma anche per gli obiettivi perseguiti.

L'**APE** rappresenta infatti la **qualità del sistema edificio-impianto in condizioni standard normalizzate**. Lo scopo è, in tale caso, quello di definire la prestazione energetica secondo una metodologia standardizzata, così da conseguire un duplice risultato: da un lato, consentire la classificazione/confrontabilità degli edifici, dall'altro, permettere di valutare se la performance dell'edificio è soddisfacente o richiede una riqualificazione. Solo secondariamente vengono forniti, al riguardo, suggerimenti di massima circa le possibili opportunità di risparmio energetico (raccomandazioni).

La **diagnosi energetica** è invece volta ad esaminare il **comportamento reale dell'edificio** con il preciso scopo di identificarne i possibili interventi migliorativi. Tali interventi vengono valutati secondo differenti criteri (energetici, economici e ambientali), il peso dei quali viene definito tenendo conto delle esigenze della committenza. Si tratta pertanto di una procedura ben più complessa, nella quale entrano in gioco molteplici aspetti (es. consumi storici, profili di utilizzo, condizioni climatiche). La metodologia di calcolo non è, in tale caso, standardizzata, bensì rispondente alle specifiche condizioni al contorno caratterizzanti l'edificio in esame e al grado di approfondimento concordato.

6.2 Metodo di calcolo

Con riguardo al metodo di calcolo (fabbisogni di energia utile e primaria), occorre adottare:

- ai fini della **validazione del modello** e della **simulazione degli interventi migliorativi**, il metodo mensile quasi stazionario, dinamico orario semplificato o dinamico orario dettagliato (a discrezione del REDE, in base allo scopo della diagnosi, alle caratteristiche dell'edificio e alla qualità dei dati di ingresso);
- ai fini del calcolo delle **classi energetiche**, il metodo mensile quasi stazionario (trattandosi di un calcolo regolamentare, disciplinato cioè da disposizioni legislative).

Requisito essenziale della diagnosi energetica, comunque garantito da ciascuno dei tre metodi sopra citati, deve essere la **tracciabilità** del metodo di calcolo utilizzato.

6.3 Dati climatici

Con riguardo all'impostazione dei dati climatici (temperature esterne, irradiazioni, giorni di riscaldamento/raffrescamento, condizioni termoisometriche esterne), occorre adottare:

- ai fini della **validazione del modello**, i dati climatici reali (prassi normata);
- ai fini della **simulazione degli interventi migliorativi**, i dati climatici convenzionali o reali (a discrezione del REDE);
- ai fini del **calcolo delle classi energetiche**, i dati climatici convenzionali.

In funzione della tipologia dei dati climatici (convenzionali o reali) si attinge alla normativa tecnica o alla rilevazione in campo. I dati climatici reali devono essere riferiti alla stagione media.

Parametro	Origine	
	Dati climatici convenzionali	Dati climatici reali
Temperature esterne, condizioni termoisometriche e irradiazioni	Secondo UNI 10349 e UNI EN ISO 13788	Reperite in campo (attraverso misure) o ricavate da stazioni meteorologiche/database meteo di enti pubblici locali (es. dati Arpa)
Giorni di riscaldamento/raffrescamento	Secondo UNI/TS 11300-1 e D.P.R. 412/93	Secondo la specifica gestione dell'impianto adottata

Prospetto 10. Origine dei dati climatici

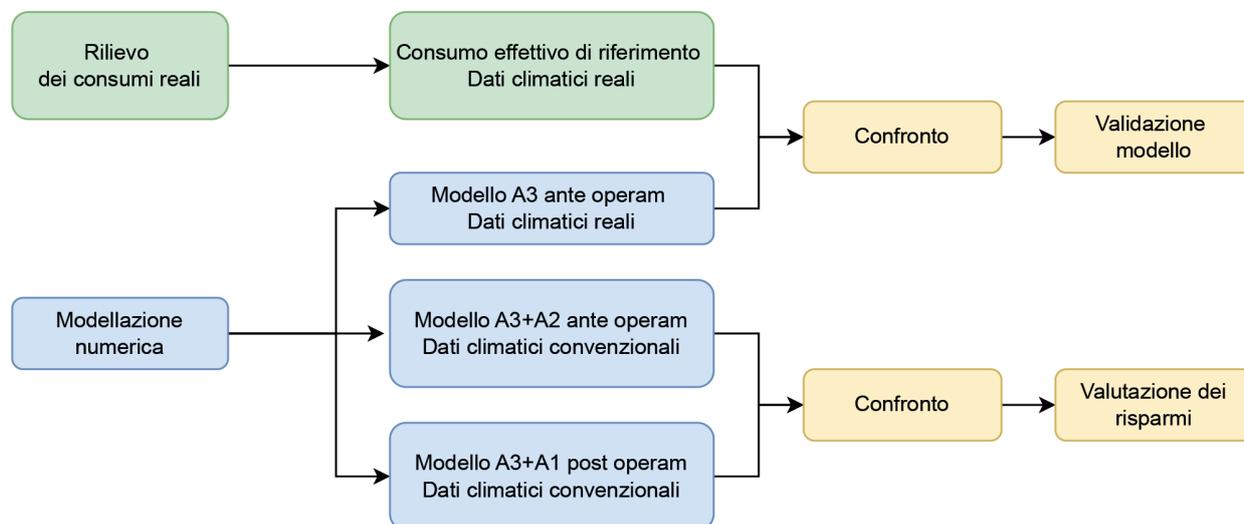


Figura 8. Riepilogo dei differenti modelli in funzione della modalità di valutazione e della tipologia dei dati climatici

Approfondimento 2: criteri di scelta e di utilizzo dei dati climatici

Ai fini della **validazione del modello**, la prassi normata, definita dal rapporto tecnico UNI/TR 11775, è quella di adottare i **dati climatici reali medi**. In caso si utilizzino, in luogo dei dati climatici reali, quelli convenzionali (prassi in uso precedentemente all'entrata in vigore del rapporto tecnico UNI/TR 11775), occorrerà quindi ricondurre i consumi di riscaldamento/raffrescamento alle condizioni climatiche effettive, ricorrendo, a tale scopo, a un apposito fattore di correzione, basato sui gradi giorno.

Con riguardo invece alla simulazione degli **interventi migliorativi**, si ricorre, di regola, ai **dati climatici convenzionali**, in modo da depurare i consumi dalle particolari condizioni climatiche, caratterizzanti le specifiche stagioni prese in esame. Il calcolo dei consumi in condizioni climatiche normalizzate non fornisce, tuttavia, la garanzia di stime più realistiche, rispetto a quello effettuato in condizioni climatiche reali. Il REDE può pertanto valutare, in funzione del caso specifico, a quale tipologia di dati climatici ricorrere, precisando tale valutazione in fase di contrattualizzazione dell'attività. È inoltre possibile effettuare il calcolo in **entrambe le modalità**, in modo da confrontare i risultati ottenuti.

6.4 Zonizzazione e caratterizzazione dell'edificio

L'edificio deve essere modellato, ai sensi della **UNI EN ISO 52000-1**, secondo una precisa **zonizzazione**, comprendente i seguenti elementi fondamentali:

- unità immobiliari, a loro volta articolati in spazi climatizzati (unità minima di calcolo);
- zone di fabbisogno (aggregazioni di spazi condividenti i dati necessari per il calcolo dei fabbisogni delle portate);
- aree servite (aggregazioni di spazi condividenti i dati necessari per la simulazione degli impianti);
- ambienti non climatizzati.

Una volta definita la zonizzazione dell'edificio, occorre quindi delimitarne i **confini**, caratterizzandone cioè l'involucro edilizio (finestrato e opaco). Per **involucro edilizio** o **fabbricato** si intende, ai sensi della **UNI/TS 11300-1**, un sistema costituito dalle strutture edilizie esterne, le quali delimitano uno spazio di volume definito, e interne, le quali ripartiscono il predetto volume, indipendentemente dai sistemi tecnologici e dagli impianti presenti. L'involucro edilizio ricomprende sia gli ambienti climatizzati sia quelli non climatizzati. Per **superficie disperdente** dell'edificio si intende invece l'insieme degli elementi edilizi delimitanti l'ambiente climatizzato (verso l'ambiente esterno, il terreno e gli ambienti non climatizzati).

Una volta caratterizzato l'involucro edilizio, occorre identificare i **servizi energetici** presenti, oltreché modellare gli **impianti** a questi ultimi connessi. Tali impianti, asserviti a una o più unità immobiliari, sono a loro volta articolati in differenti sottosistemi impiantistici, ciascuno avente una specifica funzione (emissione, regolazione, distribuzione di utenza, distribuzione comune, accumulo, distribuzione primaria, circuiti di generazione, generazione). Il REDE può valutare, a propria discrezione, se includere o meno determinati servizi nella simulazione in funzione dello scopo della diagnosi energetica. Fondamentale è inoltre la corretta caratterizzazione di aspetti quali i **profili di utilizzo** dell'edificio, soprattutto per le utenze non residenziali, e la presenza di **fonti rinnovabili**, di cui vanno valutati gli effettivi contributi (energia autoconsumata ed esportata).

6.5 Indicatori di prestazione energetica operativi e confronto con quelli effettivi

A partire dai risultati della simulazione è possibile ricavare, in relazione ai singoli vettori energetici, servizi e periodi di osservazione, gli indicatori di prestazione energetica operativi, i quali devono essere confrontati, ai fini della **verifica di attendibilità** e della **calibrazione (taratura)** del modello, con quelli effettivi.

In caso gli indicatori siano tra loro confrontabili, si passa al successivo punto della procedura di diagnosi energetica (validazione), altrimenti si riesamina la documentazione raccolta.

Il confronto tra i consumi operativi ed effettivi può essere effettuato, oltreché in forma numerica, anche in forma grafica, mediante la **firma energetica**. In tale caso si riportano, sul medesimo piano cartesiano, la firma energetica operativa, basata sui consumi operativi mensili, e quella effettiva, basata sui consumi effettivi dei singoli periodi di osservazione.

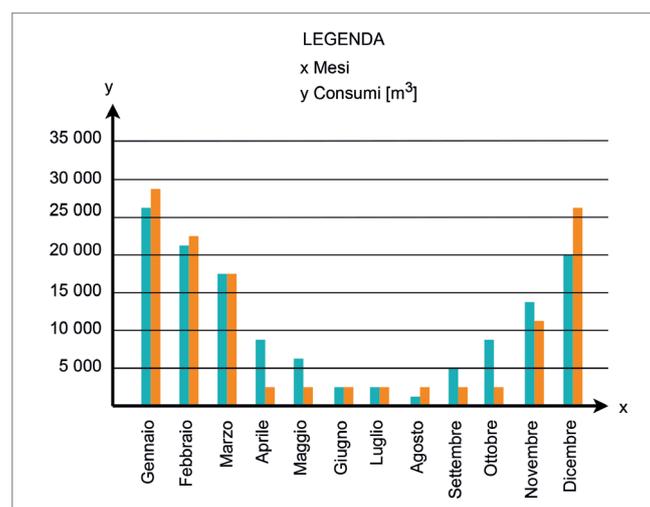


Figura 9. Esempio di confronto tra i consumi operativi ed effettivi di metano

6.6 Validazione

La validazione del modello, condotta a partire dal confronto tra gli indicatori di prestazione energetica (operativi ed effettivi) relativi ai singoli periodi, è volta a verificare la correttezza e l'affidabilità di quest'ultimo, quale presupposto essenziale per la successiva simulazione delle opere migliorative. Affinché il modello risulti validato, occorre che lo scostamento complessivo, valutato su base annua (sommatoria degli scostamenti relativi ai singoli periodi), risulti non superiore a quello massimo accettabile:

$$-\Delta_{\max} \leq \Delta \leq \Delta_{\max}$$

dove:

$$\Delta = (\text{ENPI}_{\text{op}} - \text{ENPI}_{\text{eff}}) / \text{ENPI}_{\text{eff}}$$

La validazione del modello va condotta con riguardo alla **stagione media** e in relazione ai singoli vettori energetici/servizi.

Lo **scostamento massimo** o **marginale di incertezza** deve essere definito, in relazione ai singoli vettori energetici e ai singoli servizi, in fase di contatto preliminare, in base ai dati disponibili e al livello di approfondimento richiesto. Tale scostamento massimo deve essere non superiore al **5%** o al più, qualora la caratterizzazione dell'edificio si basi su dati non certi (stratigrafie ipotizzate, assenza di misurazioni), al **10%**.

In caso non si disponga di determinate misure e occorra effettuare delle stime, ciò deve essere precisato. In tale caso, è necessario dichiarare, in funzione della variabilità dei parametri in gioco, il conseguente margine di tolleranza nella valutazione dello scostamento, seppur sempre nel rispetto dello scostamento massimo.

In caso si superi lo scostamento massimo, occorre verificare la correttezza dell'analisi condotta (modello di calcolo, fattori di aggiustamento) e apportare le necessarie modifiche.

Finché il modello non risulta validato, non è possibile procedere alle successive fasi della diagnosi energetica. Una volta conseguita la validazione del modello, è invece possibile procedere alla simulazione delle opere di risparmio energetico.

6.7 Calcolo dei consumi nelle condizioni climatiche normalizzate

Una volta effettuata la validazione si procede, ove previsto, ai fini della simulazione degli interventi migliorativi in condizioni climatiche normalizzate (standard), alla costruzione del modello e alla determinazione dei consumi nelle predette condizioni.

Tali consumi, rappresentativi dell'edificio nella sua configurazione iniziale (stato di fatto), costituiranno il riferimento per la valutazione dei possibili miglioramenti, conseguibili attraverso le opere di risparmio energetico (scenari).

Il medesimo modello verrà utilizzato in fase di simulazione degli interventi migliorativi.

7. Simulazione degli interventi migliorativi

La simulazione degli interventi, così come il calcolo dei relativi risparmi, si effettua in modo differente in funzione della loro tipologia (interferenti o meno).

In caso di **interventi non interferenti**, è possibile simulare separatamente le singole opere, effettuando una sommatoria dei risparmi conseguibili.

In caso di **interventi tra loro interferenti**, occorre invece simulare le opere sia separatamente, al fine di una prima valutazione/selezione, sia contemporaneamente, ricorrendo alla costruzione del modello e al raggruppamento in scenari, al fine di considerare le reciproche influenze.

Con riguardo ad esempio agli interventi sulle fonti rinnovabili, aventi impatto sull'energia in uscita dagli impianti, occorre sempre valutarne l'interferenza con altri interventi.

Il report di diagnosi deve inoltre contenere una descrizione dettagliata di tutti gli interventi, considerati sia singolarmente sia raggruppati in scenari.

7.1 Stima dei risparmi energetici

Il risparmio correlato ai singoli interventi o scenari si ottiene quindi confrontando, in termini percentuali, il consumo ante e post operam:

$$\Delta = [(Co_{in} - Co_{m}) / Co_{in}] \times 100 [\%]$$

In caso il consumo globale ricomprenda anche servizi non oggetto di efficientamento (es. apparecchiature, usi cottura), occorre valutare il risparmio percentuale sia rispetto al **consumo complessivo**, comprensivo di tutti i servizi, sia rispetto alla **solita quota parte rappresentativa dei servizi efficientati**, così da non sottostimare l'efficacia delle soluzioni proposte.

Il confronto tra le prestazioni energetiche dell'edificio a monte e a valle degli interventi può essere effettuato, oltretutto in forma numerica, anche in forma grafica, attraverso il ricorso alla **firma energetica**. In tale caso si riportano, sul medesimo piano cartesiano, le firme energetiche corrispondenti, rispettivamente, allo stato di fatto e ai singoli scenari.

7.2 Impatto sulla classe energetica

Oltre alla quantificazione dei risparmi (valutazione A3), è rilevante verificare l'impatto degli interventi sulla classificazione energetica (**classe energetica raggiungibile**). A tale scopo, si effettua un calcolo della prestazione energetica a monte (valutazione A2) e a valle (valutazione A1) degli interventi, pervenendo così alla determinazione delle rispettive classi. Va rimarcato come la classe energetica costituisca, da un lato, un indicatore del comportamento dell'edificio in condizioni standard, dall'altro, un criterio di confrontabilità tra edifici.

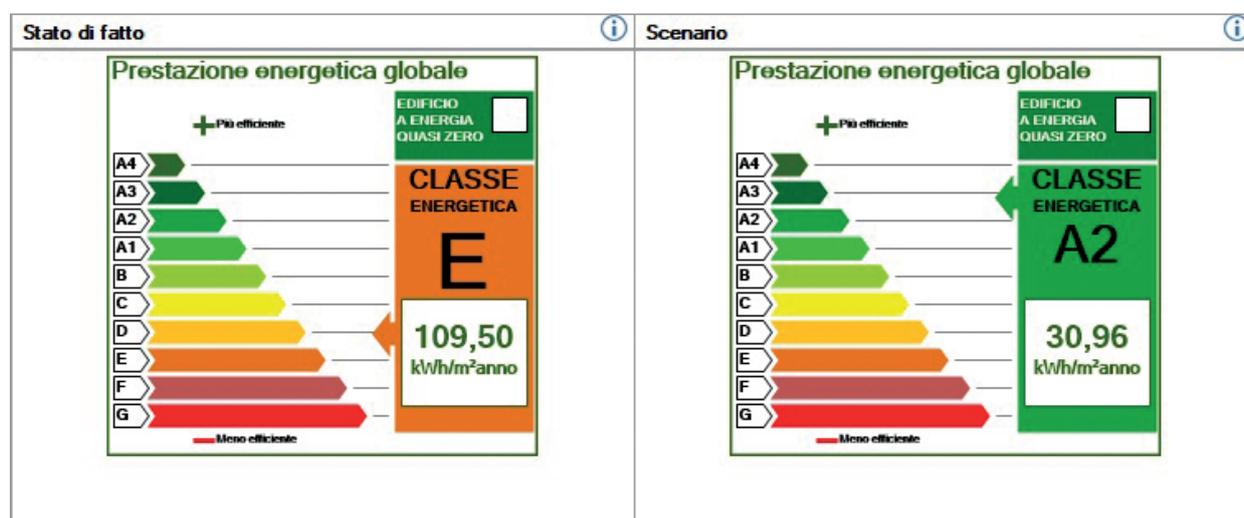


Figura 10. Esempio di impatto sulla classe energetica

7.3 Analisi costi-benefici

Dopo aver completato la simulazione dei possibili interventi e il calcolo dei relativi risparmi energetici, si procede a una valutazione di carattere economico, al fine di identificare la soluzione più favorevole sotto il profilo dei costi-benefici.

A tale scopo, sussistono differenti approcci: un'analisi semplificata, basata sulla determinazione del tempo di ritorno semplice, o un'analisi dettagliata, basata su valutazioni finanziarie o metodi di attualizzazione del capitale.

Per **tempo di ritorno semplice** (T_R) o **simple payback** si intende un indicatore sintetico, che consente di classificare le opere migliorative in base alla redditività del relativo investimento (numero di anni necessari per recuperare il capitale investito). Tale parametro è dato dal rapporto tra l'investimento iniziale e il flusso di cassa previsto (fornito, a sua volta, dal prodotto tra il costo unitario del vettore energetico e il relativo risparmio).

In caso invece si propenda per analisi più dettagliate, il tipo di valutazione dovrebbe essere concordato con il committente, in conformità alle normative vigenti. Il riferimento normativo è costituito, ad oggi, dalla norma **UNI EN 15459**. Tale norma fornisce un metodo di calcolo attualizzato per la valutazione economica degli interventi, diretto alla determinazione del **VAN** (valore attuale netto dell'operazione).

Alla predetta norma si aggiunge la **UNI CEI EN 17463** "Valuation of Energy Related Investments" (VALERI), finalizzata invece a un'analisi di sensibilità, ossia a uno studio dei parametri maggiormente incidenti sulle variazioni del VAN (quest'ultima norma non viene tuttavia espressamente richiamata dal rapporto tecnico UNI/TR 11775, essendo di pubblicazione successiva).

In caso si propenda per un approccio dettagliato, gli indicatori minimi forniti dovrebbero essere, in ordine crescente per complessità e informazione resa, i seguenti: tempo di ritorno semplice, valore attuale netto, tasso interno di redditività, costo del ciclo di vita. Con riguardo in particolare al tempo di ritorno semplice, è opportuno verificare, in ogni caso, che tale parametro sia inferiore o uguale alla vita utile dei componenti coinvolti, valutata secondo l'**appendice A** della **UNI EN 15459**.

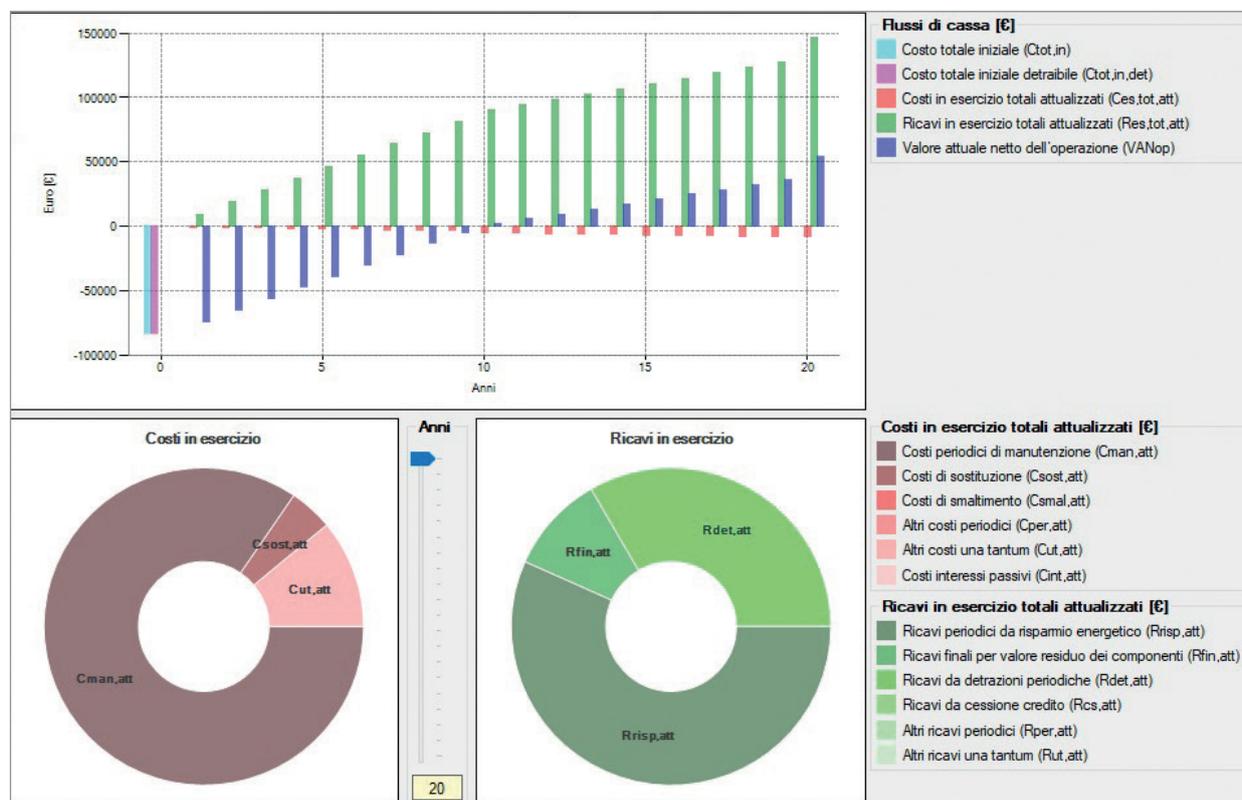


Figura 11. Esempio di valutazione economica dettagliata

Approfondimento 3: aspetti incidenti sulla valutazione economica

Nella valutazione economica è opportuno tenere conto dei **meccanismi di incentivazione** disponibili per gli interventi di efficienza energetica (es. detrazioni fiscali, conto termico), i quali consentono di recuperare parte dell'investimento iniziale. A tale scopo il REDE deve valutare gli strumenti disponibili e identificare quelli più convenienti per la casistica in esame.

Ai fini dell'identificazione dei meccanismi di incentivazione disponibili, occorre verificare la sussistenza di determinati **requisiti**, conformemente alle prescrizioni ENEA e alla legislazione vigente.

È tuttavia fondamentale che la valutazione economica venga effettuata **sia in presenza che in assenza di incentivi**. Un ulteriore elemento significativo è costituito dall'**impatto degli interventi sulla classificazione energetica**, influenzando tale aspetto sul valore dell'immobile.

È inoltre possibile che alcune opere, seppur non economicamente convenienti, risultino comunque necessarie (si pensi alla sostituzione di infissi in condizioni compromesse): tale evenienza deve essere giustificata dal REDE.

7.4 Definizione dell'ordine di priorità degli interventi

Una volta simulati i singoli interventi ed effettuato il calcolo dei rispettivi costi-benefici, si definisce un ordine di priorità delle opere, tenuto conto dei seguenti aspetti:

- ordine logico di esecuzione (installazione di termoregolazione e contabilizzazione, interventi sul fabbricato, interventi sugli impianti);
- costi ipotizzati;
- risparmi energetici ed economici conseguibili.

Approfondimento 4: criteri aggiuntivi di valutazione degli interventi

Va rimarcato come debbano essere tenuti in considerazione, nonché adeguatamente presentati al committente, non solo gli **interventi impattanti sulla classificazione energetica** (coinvolti cioè nel calcolo regolamentare delle prestazioni energetiche, secondo UNI/TS 11300), ma anche **eventuali altri interventi**, i quali, pur non impattando sulla classificazione energetica, abbiano rilevanza sotto il profilo dei costi-benefici. Tra tali interventi si annovera, ad esempio, la building automation.

È inoltre opportuno segnalare al committente eventuali **benefici aggiuntivi**, di carattere non strettamente energetico, connessi agli interventi (comfort acustico/termoigrometrico, incremento del valore dell'immobile, riduzione delle emissioni climalteranti, riduzione degli infortuni o disagi legati alla manutenzione). Tali benefici, sebbene non sempre agevolmente valorizzabili, possono infatti contribuire a orientare il committente nella realizzazione delle opere.

7.5 APE ante e post intervento

Al termine della diagnosi il REDE deve, conformemente alla **UNI CEI EN 16247-2**, esplicitare al committente l'impatto potenziale degli interventi sulla classificazione dell'edificio nell'ambito della certificazione energetica (classe energetica raggiungibile). A tale scopo si effettua una **simulazione di APE** a monte (valutazione standard A2) e a valle (valutazione di progetto A1) degli interventi. È facoltà del REDE selezionare gli scenari per i quali si intende informare il committente in merito al sopracitato aspetto.

8. Attività finali

La attività finali sono dirette a due scopi principali: l'elaborazione della reportistica necessaria (rapporto di diagnosi energetica) e la presentazione dei risultati ottenuti (incontro finale).

8.1 Rapporto di diagnosi energetica

Passaggio fondamentale della procedura di diagnosi energetica è la redazione del **rapporto finale**, una relazione riassuntiva riportante tutte le varie valutazioni effettuate: dall'analisi dei consumi alla modellazione dell'edificio, fino a giungere alla simulazione degli interventi migliorativi e alla loro valutazione economica. Tale relazione costituisce il documento finale, destinato al committente: requisiti essenziali dell'elaborato devono pertanto essere non solo la chiarezza espositiva e l'eshaustività, ma anche la consequenzialità logica e il corretto grado di sintesi.

Il rapporto tecnico UNI/TR 11775 riporta, all'**appendice B**, un sommario "tipo" del rapporto di diagnosi energetica. Tale sommario può tuttavia essere modificato in base alla casistica considerata e alla tipologia di diagnosi condotta.

1 Premessa	
1.1	Descrizione generale del sistema edificio-impianto e della diagnosi
1.2	Descrizione del metodo di lavoro e servizi considerati
1.3	Riferimenti del REDE e dell'eventuale staff/gruppo di lavoro
1.4	Dichiarazione in ordine a possibili conflitti di interesse
2 Descrizione generale del sito - dati di base	
2.1	Informazioni sul sistema edificio-impianto
2.2	Collegamenti alle reti
2.3	Consumo di energia e altri vettori considerati
2.4	Tariffe utilizzate per i calcoli economici
2.5	Modalità di gestione, manutenzione e aspetti legati al facility management
3 Descrizione del sistema edificio-impianto	
3.1	Involucro edilizio
3.2	Sistemi di riscaldamento, raffrescamento, ventilazione ed ACS
3.3	Impianti elettrici
3.4	Impianti solari
3.5	Altri sistemi
4 Analisi dei consumi energetici	
4.1	Combustibili
4.2	Energia elettrica
4.3	Principali indicatori di prestazione energetica
4.4	Valutazione dei costi per l'approvvigionamento energetico e per la gestione
5 Simulazione del sistema edificio-impianto	
5.1	Descrizione dei parametri modificati rispetto alle prestazioni standard
5.2	Risultati simulazione del sistema edificio-impianto
5.3	Validazione modello di calcolo
6 Interventi di riqualificazione energetica	
6.1	Individuazione delle potenziali aree di intervento
6.2	Interventi sull'involucro edilizio
6.3	Interventi sugli impianti meccanici
6.4	Interventi sugli impianti elettrici
6.5	Monitoraggio dei consumi
6.6	Utilizzo delle fonti rinnovabili
6.7	Scenari di intervento simulati e analisi dei risparmi
7 Analisi costi-benefici degli interventi	
7.1	Verifica di sussistenza delle condizioni di accesso ai benefici fiscali
7.2	Analisi costi-benefici degli interventi
7.3	Identificazione degli interventi ritenuti più significativi
7.4	Energia primaria, emissioni e classi energetiche
8 Conclusioni	
8.1	Sintesi dell'attuale livello di consumo
8.2	Sintesi delle principali misure di risparmio
8.3	Tabella riassuntiva (situazione attuale, potenziale risparmio, investimenti)
8.4	Tabella riassuntiva (misure di risparmio, effetto su costi ed energia)
8.5	Tempi di ritorno
9 Appendici	

Figura 12. Esempio di sommario della relazione di diagnosi energetica (secondo UNI/TR 11775, appendice B)

8.2 Incontro finale

Passaggio conclusivo della diagnosi energetica è l'incontro finale, durante il quale occorre, da parte del REDE:

- consegnare al committente il rapporto di diagnosi energetica;
- presentare i risultati della diagnosi condotta, così da agevolare le valutazioni e i processi decisionali correlati alla realizzazione degli interventi;
- identificare i fattori potenzialmente variabili nel tempo in maniera significativa, che potrebbero richiedere un aggiornamento della diagnosi energetica;
- valutare l'effettiva esaustività dei risultati conseguiti e l'eventuale necessità di un supplemento di indagine, così da considerare tutti gli elementi chiave, necessari per l'ottimizzazione della prestazione energetica.

9. Monitoraggio

A valle dell'esecuzione degli interventi, è raccomandabile effettuare un monitoraggio dei consumi reali, al fine di verificare l'effettiva correttezza ed efficacia delle opere effettuate. A tale scopo occorre:

- costruire l'inventario energetico e il modello di calcolo corrispondenti alle condizioni post operam, tenuto conto cioè dell'effettiva realizzazione degli interventi;
- effettuare, stagione per stagione, il confronto tra i consumi operativi ed effettivi (quest'ultimi riferiti alla stagione media), adottando le medesime modalità descritte con riguardo alla calibrazione e alla validazione del modello (indicatori di prestazione energetica, firma energetica).

Conclusioni

Si conferma quindi come la diagnosi energetica degli edifici costituisca un'attività evoluta e ad elevato contenuto tecnico, richiedente professionalità ed esperienza.

La procedura di diagnosi energetica ricomprende infatti, ad esempio, numerosi punti di valutazione/verifica (si pensi al confronto dei consumi effettivi con i corrispondenti valori di benchmark/obiettivo, oltretutto con i consumi operativi), in relazione ai quali i conti non devono "tornare per forza": eventuali scostamenti vanno accettati, analizzati e giustificati.

Assumono pertanto fondamentale rilevanza la sensibilità e il rigore del REDE, non solo nell'esecuzione dell'analisi, ma anche nell'interpretazione dei risultati ottenuti. Notevole rilievo hanno inoltre la chiarezza e l'efficacia nell'esposizione delle valutazioni condotte.

Va infine rimarcato come la diagnosi energetica, in quanto valutazione a trecentosessanta gradi delle prestazioni energetiche dell'edificio, ricomprenda in sé anche una classificazione energetica, prevedendo il calcolo delle classi energetiche ante e post intervento.

AUTORE

Donatella Soma - Supporto tecnico, editoria e normativa Edilclima



Collabora con Edilclima, azienda di famiglia, dal 2005, dedicandosi con passione alle attività editoriali, all'analisi software e all'assistenza tecnica. I suoi temi di maggior interesse sono quelli legati alle discipline termotecniche e al calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, con particolare riguardo alla diagnosi energetica degli edifici e alla contabilizzazione del calore. Fa inoltre parte del Consiglio di Amministrazione di Edilclima ed è Amministratrice della società correlata Città Energia, oltreché Direttore Responsabile della rivista Progetto 2000.

SCOPRI IL SOFTWARE PER LA DIAGNOSI ENERGETICA

EC720

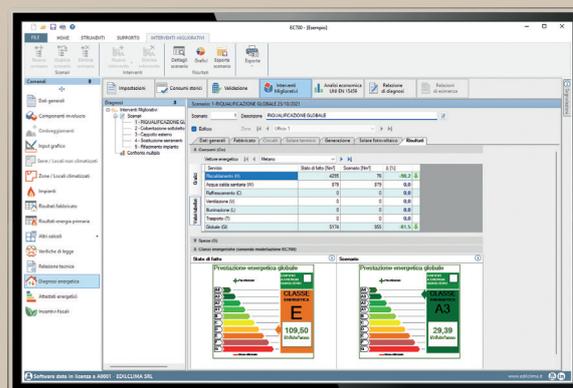
Diagnosi energetica
e interventi migliorativi

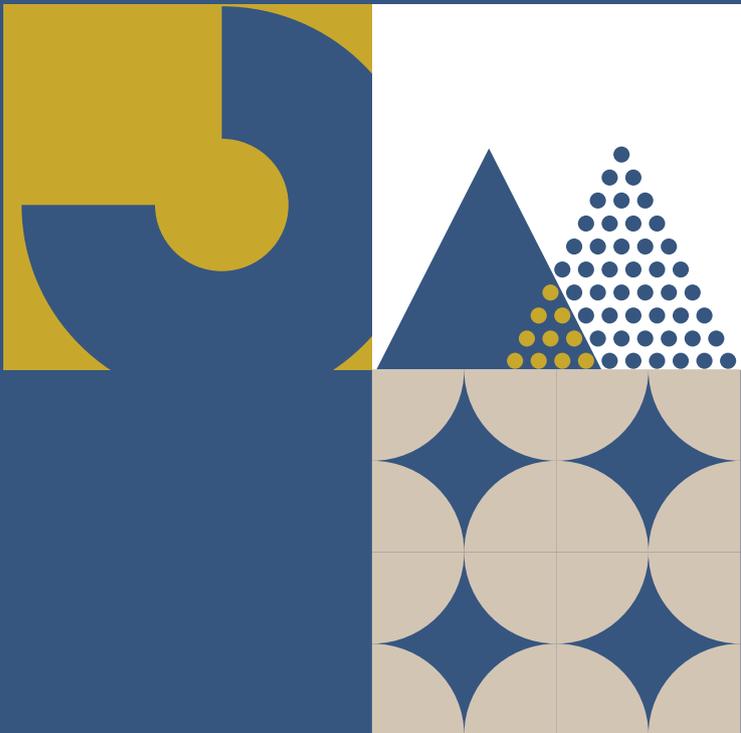
versione 7

UNI CEI EN 16247-1-2:2022 | UNI/TR 11775:2020
UNI EN 15459-1:2018 | UNI CEI EN 17463:2022
UNI/TS 11819:2021



PROVA
LA TRIAL





EDILCLIMA SRL
Via Vivaldi, 7
28021 Borgomanero (NO)

www.edilclima.it

Seguici su:

