Interreg
ALCOTRA
Fondo europeo di sviluppo regionale

UNIONE EUROPEA

ALPI
EFFICIENZA
ENERGETICA

Protocollo ITACA
Regione Piemonte

Edifici Residenziali
in fase di collaudo e in fase di esercizio

REPORT 3.3.1 + 3.3.4 + 3.5.5

CONTRIBUTORI

iiSBE Italia R&D

Regione Piemonte

Arpa Piemonte

INDICE

Introduzione 5

Nota Medologica per la valutazione dei parametri prestazionali dell'area di valutazione B. Consumo di risorse 6

B1.2 - Energia primaria richiesta durante il ciclo di vita dell'edificio 21

B1.3 - Energia primaria totale 25

B3.2 - Energia rinnovabile per usi termici 28

B3.3 - Energia prodotta nel sito per usi termici 30

B5.1 - Acqua potabile per usi irrigazione 34

B5.2 - Acqua potabile per usi indoor 36

B6.1 - Energia termica utile per il riscaldamento 38

B6.2 - Energia termica utile per il raffrescamento 41

C1.2 - Emissioni previste in fase operativa 44

D1.4 - Concentrazione di COV 48

D1.11 - Concentrazione di formaldeide 57

D2.5 - Ventilazione e qualità dell'aria 64

D2.6 - Radon 72

D3.2 - Temperatura operativa nel periodo estivo 77

D3.6 - Temperatura operativa nel periodo invernale 94

D4.1 - Illuminazione naturale 103

D5.6 - Qualità acustica dell'edificio 113

D6.1 - Esposizione al campo magnetico a frequenza industriale 124

D6.2 - Esposizione al campo magnetico a radiofrequenze e microonde 128

E6.5 - Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici 131

Introduzione

Il Protocollo ITACA è uno strumento per misurare il livello di sostenibilità di un edificio. Nasce per iniziativa di ITACA, Istituto per la Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale, organo tecnico di supporto della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome con il supporto scientifico di iiSBE Italia. Il Protocollo risponde all'esigenza di stabilire in maniera oggettiva e verificabile obiettivi e requisiti di sostenibilità nelle politiche, programmi e iniziative regionali. È uno strumento che funge da punto di riferimento per gli attori del settore delle costruzioni, definendo in maniera chiara e trasparente le prestazioni di riferimento di una costruzione sostenibile. Le origini del Protocollo ITACA sono internazionali. Il sistema di valutazione è basato su una metodologia, l'SBTool, sviluppata attraverso il processo di ricerca "Green Building Challenge", coordinato dall'organizzazione no profit iiSBE (international initiative for a Sustainable Built Environment). Venticinque paesi hanno contribuito nel tempo allo sviluppo dell'SBTool attraverso team di ricerca nazionali formati da organizzazioni pubbliche e private di elevato profilo.

La prima applicazione in regione Piemonte del Protocollo ITACA risale al 2003 e riguarda gli edifici residenziali, nell'ambito dei Contratti di Quartiere II. Successivamente il Protocollo viene utilizzato a supporto del "Programma Casa 10.000 alloggi entro il 2012" e della Legge Regionale 20/2009 (Piano Casa). Nel 2007 viene vede la luce la versione per gli edifici scolastici, impiegata nei bandi triennali per la concessione di contributi volti al miglioramento della qualità delle scuole.

Nel 2009 viene approvata la versione del Protocollo per gli Edifici Commerciali, adottata a supporto di tutte le fasi di autorizzazione delle grandi strutture di vendita eccedenti i 4.500 mq. La Regione Piemonte è quella che in Italia ha applicato il Protocollo ITACA in maniera più estesa ed integrata. A partire dal 2004, sono stati attestati centinaia gli edifici di diverse destinazioni d'uso.

Nel tempo, le varie versioni del Protocollo ITACA sono state aggiornate in riferimento all'evoluzione legislativa e normativa. La versione più recente è stata pubblicata con la DGR 16 novembre 2018, n. 42-7890, "Approvazione e aggiornamento del sistema di valutazione della sostenibilità degli edifici denominato Protocollo ITACA - Regione Piemonte - Edifici". Questo Protocollo è stato utilizzato nell'ambito del bando POR/FESR 2014-2020 per l'efficientamento energetico degli edifici pubblici ed è un riferimento tecnico citato nella Legge Regionale dell'ottobre 2018, n. 16 "Misure per il riuso, la riqualificazione dell'edificato e la rigenerazione urbana".

La Regione Piemonte è stata la prima a sviluppare svariate versioni del Protocollo ITACA (es. scuole, commercio, uffici), successivamente trasferite ad ITACA che ha provveduto ad adottarle in versione "nazionale". È questo anche il caso del primo Protocollo applicabile agli edifici in esercizio e a collaudo, sviluppato nell'ambito del progetto Interreg Alcotra A2E.

Attualmente, il processo di certificazione Protocollo ITACA è articolato in due Fasi consecutive ed integrate: Progetto e Costruzione. La prima prevede l'applicazione del Protocollo al progetto esecutivo dell'edificio. La seconda consiste in una analisi di conformità della costruzione realizzata al progetto esecutivo. Il progetto A2E ha costruito le basi per l'attivazione di una terza ed ultima Fase, quella di Esercizio, e ha introdotto delle procedure di verifica strumentali per migliorare la qualità delle attività di ispezione condotte nella Fase di Costruzione (edifici a collaudo).

Attraverso una collaborazione con ARPA Piemonte, iiSBE Italia ha infatti predisposto le schede necessarie per verificare la prestazione di un edificio in fase d'uso e a collaudo. Le schede prevedono la misurazione del valore di indicatori di prestazione e non più la loro caratterizzazione attraverso un calcolo come nella Fase di Progetto. I metodi di misura sono conformi al quadro normativo vigente e prevedono l'impiego di strumentazione a basso costo e procedure semplificate.

Lo sviluppo delle schede per la verifica delle prestazioni in fase di esercizio e collaudo è stato condotto tenendo presenti alcune esigenze:

- praticità: definire metodi di verifica in situ dei criteri energetici e ambientali facilmente attuabili da professionisti non specializzati nell'ambito dell'analisi fisico-tecnica in edilizia, pur garantendo l'attendibilità dei risultati di monitoraggio;
- continuità: mantenere continuità tra Protocollo di Progetto e Protocolli di Collaudo/ Esercizio nella definizione dei criteri ambientali e nell'assegnazione dei punteggi, per ottenere risultati di verifica confrontabili;
- economicità: limitare i costi della certificazione di un edificio in esercizio, definendo metodi di verifica che richiedano risorse economiche sostenibili in termini di tempo per lo svolgimento dei monitoraggi e di acquisto della strumentazione di misura.

L'applicazione delle schede per la valutazione dell'edificio a collaudo costituirà il momento conclusivo della Fase di Costruzione. Attraverso la misurazione di parametri chiave, sarà possibile ottenere la conferma oggettiva del raggiungimento delle prestazioni attese, come indicate in Fase di Progetto.

L'applicazione delle schede per la valutazione dell'edificio in uso consentirà di attivare la Fase di Esercizio nell'ambito del processo di certificazione Protocollo ITACA con la finalità di individuare possibili criticità emerse durante l'uso dell'edificio e di attivare eventuali analisi diagnostiche di maggior dettaglio. La Fase di Esercizio non è quindi da intendere come una ulteriore verifica di conformità rispetto alla Fase di Progetto. Risulta infatti impossibile confrontare il valore di indicatori calcolati con quello di indicatori misurati. Da un lato i metodi di calcolo hanno dei limiti per quanto riguarda la modellizzazione del reale uso della costruzione, dall'altro interviene un nuovo attore, l'utenza, che con il suo comportamento può incidere significativamente sulla prestazione.

In Fase di Esercizio risulta inoltre possibile misurare parametri non calcolabili in fase di progetto, come ad esempio la concentrazione di inquinanti nell'aria, il livello di esposizione all'ambiente elettromagnetico artificiale, la concentrazione di radon. Pertanto, le schede per il Protocollo ITACA in Fase di Esercizio e di quello per la Fase di Progetto non coincidono come numero e parametri verificati.

Il presente documento non deve essere inteso come un Protocollo completo ed operativo ma piuttosto come una base per lo sviluppo del Protocollo ITACA Edifici in Esercizio e per l'integrazione delle verifiche a collaudo nella Fase di Costruzione. Sarà cura di un successivo tavolo di lavoro attivato dalla Regione Piemonte la predisposizione, sulla base di questo documento, di un Protocollo operativo e la definizione delle sue modalità di impiego nelle prossime politiche e programmi a favore di un ambiente costruito sostenibile.

Nota metodologica per la valutazione dei parametri prestazionali dell'area di valutazione B. Consumo di risorse.

1. Premessa

L'applicazione del presente Protocollo nelle fasi di Collaudo ed Esercizio, si differenzia per le seguenti caratteristiche:

- Fase di Collaudo. Il valore dei principali parametri è determinato da un A.P.E. e dal suo modello di calcolo predisposto sulla base della documentazione As-Built, dei certificati di collaudo e di garanzia rilasciati, nonché da rilievi strumentali volti ad attestare le prestazioni del sistema costruttivo e il corretto funzionamento in opera degli impianti installati;

- Fase di Esercizio. Il valore dei principali parametri è determinato da un A.P.E. e dal suo modello di calcolo predisposto sulla base del progetto As-Built (quando disponibile), dei certificati di collaudo e di garanzia rilasciati (quando disponibili), dei rilievi strumentali volti ad attestare le prestazioni del sistema costruttivo e il corretto funzionamento in opera degli impianti installati, ed è validato dal confronto con i dati di monitoraggio estesi su un periodo di almeno un anno di esercizio.

Per quanto riguarda la fase di esercizio occorre osservare che consumi energetici di un edificio non sono esclusivamente connessi alle caratteristiche intrinseche dell'edificio, come le prestazioni dell'involucro e l'efficienza dei sistemi impiantistici o il relativo stato manutentivo, ma sono correlati anche al comportamento dell'occupante e alle sue abitudini, in grado di determinare importanti differenze fra i consumi reali e quelli previsti.

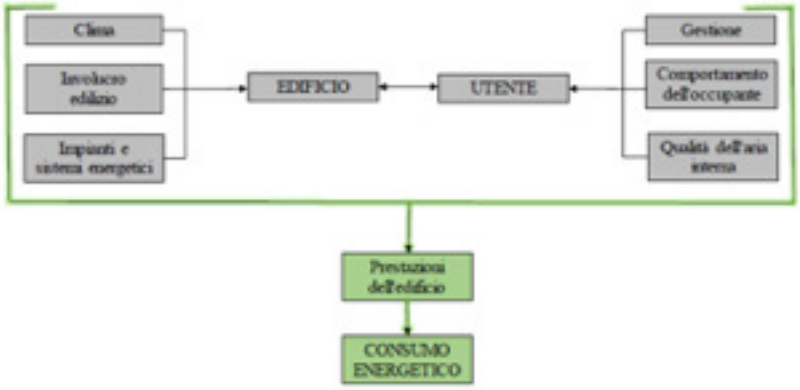


Figura 1
I sei fattori che influenzano i consumi energetici secondo lo IEA – Annex 53

La metodologia di calcolo dei parametri prestazionali dell'area di valutazione B. Consumo di risorse in fase di esercizio, cerca di rendere indipendente la valutazione delle prestazioni energetiche dell'edificio rispetto all'utente, ma richiede la raccolta di dati e il monitoraggio dei consumi e di alcune grandezze termofisiche al fine di validare il modello di calcolo e consentire delle riflessioni in merito al comportamento dell'utente, che risulta essere fondamentale ai fini del raggiungimento di elevati standard di efficienza energetica in esercizio.

Il calcolo degli indicatori di ciascuna scheda, salvo diversa indicazione, fa riferimento agli indici di prestazione energetica desumibili da un Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E., redatto in modo conforme a quanto riportato nelle Linee Guida Nazionali di cui al DM 26.06.2015 smi, e quindi facendo riferimento ad una valutazione definita "Standard – Asset Rating", di tipo A2 delle UNI TS 11300 (che considera come parametri di ingresso un uso standard, un clima standard e un edificio reale); è richiesto tuttavia, la validazione del modello di calcolo attraverso una parallela valutazione definita "Adattata all'utenza – Tailored Rating", di tipo A3 delle UNI TS 11300 che considera come parametri di ingresso un uso reale, un clima reale e un edificio reale). Nel caso di incoerenza tra i risultati del modello di calcolo di tipo A3 rispetto ai consumi reali, il professionista dovrà indagare le criticità del modello di calcolo e riconsiderare le caratteristiche descrittive dell'edificio (che non sono state desunte da un rilievo in campo, ma sono derivate da documentazione non direttamente verificata o dalla letteratura) prima di emettere l'A.P.E.. La registrazione presso la Regione dell'A.P.E. è un passaggio previsto, anche per rendere il professionista responsabile delle conseguenti dichiarazioni.

Le fasi previste sono schematizzate nel seguente diagramma di flusso e nel dettaglio sono descritte nei paragrafi successivi.

1 **consultazione della documentazione tecnica disponibile e dei risultati delle prove strumentali**
2 (solo x fase di esercizio) **raccolta dei dati di monitoraggio: consumi energetici e modalità di gestione dell'edificio**
3 (solo x fase di esercizio) **calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio in modalità "diagnosi energetica- A3" e confronto con i consumi reali – validazione del modello**
4 **calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e redazione APE**
5 **calcolo dell'indicatore di prestazione e assegnazione del punteggio**
6 (solo x fase di esercizio) **valutazione del comportamento dell'utente rispetto all'utente standard**

Tabella 1 Fasi di valutazione indicatori area B – Protocollo di esercizio

In modo conforme al quadro legislativo che disciplina i Requisiti Minimi, i servizi energetici da considerare in ambito residenziale sono: climatizzazione invernale, produzione acqua calda sanitaria e, quando presenti, climatizzazione estiva e ventilazione meccanica controllata; non si considerano i servizi di illuminazione artificiale e quelli di mobilità interna (scale, ascensori, montacarichi, …).

1. Consultazione della documentazione tecnica disponibile e dei risultati delle prove strumentali

Reperire e consultare la seguente documentazione (elenco esemplificativo e non esaustivo):

- Il progetto As-Built e la documentazione di cantiere (se disponibile) o in alternativa procedere con un rilievo di dettaglio;
- I certificati di collaudo e garanzia di tutti gli impianti, F.E.R. e non, (se disponibili);
- Il Libretto impianto termico e i report di efficienza energetica aggiornati;
- I report di eventuali rilievi strumentali volti ad attestare le prestazioni del sistema costruttivo e il corretto funzionamento in opera degli impianti installati.

Se non già disponibili, eseguire le seguenti verifiche strumentali:

> Termografia interna ed esterna dell'edificio, eseguita ai sensi della UNI EN ISO 6781 e UNI EN 13187, da un operatore termografico riconosciuto secondo la UNI EN ISO 9712, con evidenza di tutti i nodi costruttivi; i termogrammi dovranno essere catalogati per tipologia di ponte termico e confrontati con i profili di temperatura calcolati con l'analisi agli elementi finiti (per edifici sia mono che plurifamiliari);

In sintesi l'attività prevede di:

a. Analizzare i disegni esecutivi / As built e individuare i ponti termici (creare l'abaco completo);

b. Individuare le unità immobiliari significative, tali da poter ritrovare tutti i ponti termici dell'abaco;

c. Verificare l'assenza di umidità di cantiere residua, dovuta alle lavorazioni umide eseguite sulle chiusure esterne (qualora i valori di umidità dei materiali fossero superiori a quelli "normali", i rilievi termici potrebbero essere fortemente condizionati);

d. Verificare le condizioni idonee per la visura termografica e programmare tempi e orari anche in relazione alle previsioni meteo (presenza radiazione solare o cielo coperto); programmare l'accensione dell'impianto di riscaldamento, a temperatura di progetto (residenziale: 20 °C) e ventilazione nel caso di VMC, per almeno le 48 ore precedenti il sopralluogo;

e. In loco, 24 ore prima del sopralluogo programmato, installare negli ambienti interni significativi dei datalogger per la misura della temperatura (e umidità), e un datalogger per la misura della temperatura (e umidità) dell'aria esterna;

f. In loco, nel giorno del sopralluogo programmato, analizzare l'involucro con la termocamera, sul lato interno ed esterno, individuando i ponti termici dell'abaco (ricognizione globale) - è auspicabile che le condizioni ambientali siano approssimabili a quelle di un regime stazionario (in particolare la temperatura dell'aria interna rilevata nelle 12 ore precedenti deve avere una variazione non superiore al 5% - ad es. Tset point = 20 °C, oscillazione $\Delta T = \pm 1°C$);

g. In loco, nelle UI selezionate, scattare uno o più termogrammi sul lato interno (e se possibile sul lato esterno) per mappare tutti i ponti termici dell'abaco; i ponti termici ricorrenti nelle diverse unità immobiliari verranno comunque analizzati e i termogrammi confrontati nella fase di elaborazione; appuntare tipologia di materiale in superficie, temperatura dell'aria interna ed esterna nel momento dello scatto;

h. Selezionare i termogrammi, elaborarli e confrontare l'andamento delle temperature superficiali con quelle determinate mediante la modellazione a elementi finiti - FEM dei ponti termici, impostando quali condizioni al contorno le temperature rilevate mediante i datalogger;

i. L'esito del collaudo sarà positivo nel momento in cui si dimostra la similitudine tra i profili di temperatura superficiali (termogramma / FEM); tale similitudine si può dimostrare sovrapponendo i profili di temperatura superficiale e verificando, a parità di temperatura superficiale interna nella zona indisturbata dell'elemento di involucro ($T_{sup_i,\ IR} = T_{sup_i}$, FEM), lo scostamento ($T_{min_IR} - T_{sup_i}$, IR) ≈ ($T_{min_FEM}$ - Tsup_i, FEM);

j. I valori di trasmittanza termica lineica definiti dalla modellazione FEM, validata dall'analisi termografica, saranno impiegati nel calcolo delle prestazioni Energetiche ai fini dell'emissione dell'APE.

Si rimanda alla sezione CRITERI DI ESECUZIONE DELLA VISURA TERMOGRAFICA, per maggiori informazioni di dettaglio.

NOTA: Qualora non si raggiunga la condizione di similitudine tra i profili di temperatura FEM e IR, occorrerà indagarne le cause: il modello geometrico o termofisico non sono rappresentativi del nodo reale (così come realizzato in cantiere), oppure le visure termografiche non sono state condotte in modo corretto (avendo cura di scattare i termogrammi in condizioni approssimabili a quelle stazionarie). Nel primo caso occorrerà rivedere la modellazione, nel secondo replicare la campagna di misure.

> Misura in opera della trasmittanza termica ai sensi della UNI EN ISO 9869, in almeno 3 punti significativi nel caso di edilizia plurifamiliare (una parete, un solaio di pavimento e un solaio di copertura);

In sintesi l'attività prevede di:

a. Analizzare i disegni esecutivi / As-built e individuare le strutture disperdenti (creare l'abaco completo), distinguendo quelle con area maggiore; selezionare 3-4 strutture significative per la misura in opera della trasmittanza termica (almeno una per tipologia di chiusura esterna opaca);

b. Individuare le unità immobiliari significative, tali da poter ritrovare le strutture selezionate per la misura in opera della trasmittanza termica;

c. Verificare l'assenza di umidità di cantiere residua, dovuta alle lavorazioni umide eseguite sulle chiusure esterne (qualora i valori di umidità dei materiali fossero superiori a quelli "normali", i rilievi termici potrebbero essere fortemente condizionati);

d. Verificare le condizioni idonee per la misura della trasmittanza termica e programmare tempi e orari anche in relazione alle previsioni meteo (tendenza della temperatura); programmare l'accensione dell'impianto di riscaldamento, a temperatura di progetto (residenziale: 20 °C) e ventilazione nel caso di VMC, per almeno le 48 ore precedenti il sopralluogo;

e. In loco, 24 ore prima del sopralluogo programmato, installare negli ambienti interni significativi dei datalogger per la misura della temperatura (e umidità), e un datalogger per la misura della temperatura (e umidità) dell'aria esterna;

f. In loco, nel giorno del sopralluogo programmato, analizzare l'involucro con la termocamera, sul lato interno ed esterno, individuando i ponti termici e individuare i punti di misura in aree centrali delle strutture (distanti dalle interferenze dei ponti termici e/o passaggi impiantistici); la scelta dei punti di misura dovrà essere dimostrata con l'analisi termografica (Temperatura superficiale uniforme in un'area di almeno 1x1 m^2);

g. Installare la strumentazione di misura (minimo: temperatura superficiale interna, temperatura superficiale esterna e flusso termico superficiale interno); acquisire i dati in continuo per almeno 72 ore (o osservando le disposizioni normative). Se si dispone di un unico set di strumenti i punti non potranno essere rilevati in contemporanea, occorrerà quindi estendere il periodo di misura;

h. Elaborare i dati rilevati, determinare in modo conforme alla normativa i valori di conduttanza termica e, in modo indiretto, quelli di trasmittanza termica;

i. L'esito del collaudo sarà positivo nel momento in cui si dimostra la similitudine tra i valori di trasmittanza termica misurati e quelli calcolati; tale similitudine si può dimostrare verificando uno scostamento tra la trasmittanza termica rilevata e la trasmittanza termica di calcolo non superiore al 10% della trasmittanza termica di calcolo;

j. I valori di trasmittanza termica delle strutture, validati dalla misura in opera, saranno impiegati nel calcolo delle prestazioni Energetiche ai fini dell'emissione dell'APE.

NOTA: Qualora non si raggiunga la condizione di similitudine tra il valore di trasmittanza termica misurato e quello calcolato, è richiesto un approfondimento e una ulteriore attività di analisi. L'approccio suggerito è quello riportato nel flow-chart seguente, che prevede la replica della misura in opera, la verifica dell'umidità dei materiali (con il calcolo della U secondo la UNI 10456 ai fini giustificativi dei valori misurati) e/o la verifica della stratigrafia mediante carotaggio.

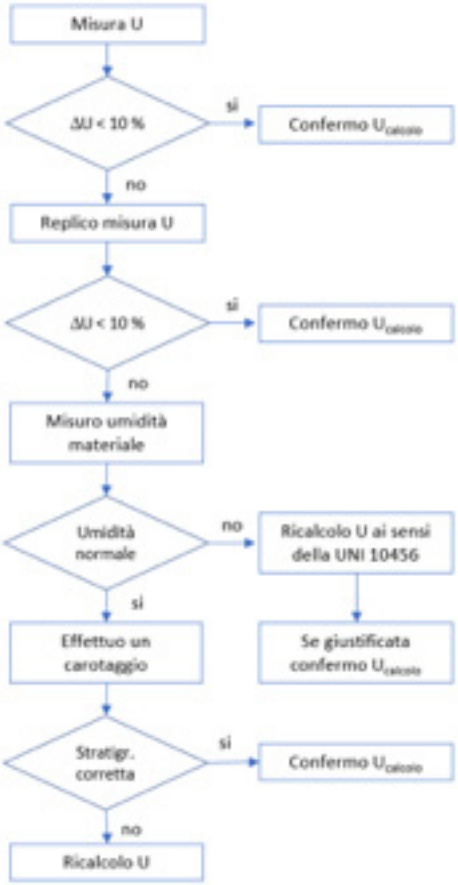


Figura 2
Approccio suggerito nel caso di eccessivo scostamento tra il valore della U misurata e quello della U calcolata

> Blower Door Test ai sensi della UNI EN 13829:2002 – Metodo A (mono e plurifamiliare).
Attività attualmente non prevista.

2. Raccogliere i dati di consumo e descrittivi delle modalità di gestione dei servizi energetici presenti nell'edificio (solo x fase di esercizio)

I consumi energetici presi in considerazione devono riferirsi ad almeno un intero anno di esercizio, essere disaggregati per singolo servizio ed essere rilevabili attraverso un contatore fiscale (lettura ufficiale riportata nelle fatture) o mediante contatori non fiscali, appositamente installati al fine del monitoraggio energetico dell'edificio e di cui si dispone di letture periodiche documentate. Il progetto e l'installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi energetici disaggregati per singolo servizio e delle condizioni ambientali costituisce un prerequisito ai fini di una corretta valutazione dei criteri dell'area B.2, oltre che condizione essenziale per la corretta suddivisione delle spese tra i diversi condomini nel caso di impianti di tipo centralizzato (applicazione della UNI 10200, in attuazione del D.Lgs 102/14 smi). Per i soli edifici dotati di impianto termoautonomo, è consentito fare riferimento ai consumi fatturati e provvedere, attraverso un modello di calcolo, alla relativa disaggregazione per singolo servizio.

Il progetto e lo schema del sistema di monitoraggio deve essere allegato alla relazione di valutazione ai sensi del presente Protocollo, e dovrà contemplare anche il contributo delle F.E.R. (ad esempio solare termico).

I consumi corrispondenti ai singoli servizi energetici dovranno essere raccolti con una frequenza minima mensile o bimestrale, distinguendo per vettori energetici; dovranno essere rappresentati attraverso grafici in grado di consentire il confronto tra i diversi periodi e la correlazione con le principali grandezze climatiche da cui dipendono (ad es. profili di temperatura medi mensili della località, gradi giorno, …), quindi sintetizzati nella seguente tabella; quando disponibili dovranno poter essere confrontati con i consumi degli anni pregressi.

E' necessario il monitoraggio dell'energia termica ed elettrica prodotta per mezzo delle F.E.R.; i misuratori devono essere installati in linea di principio adottando lo stesso criterio definito dal DLgs 28/11 Allegato 1 e dalle norme UNI/TS 11300 per la definizione della quota di energia da fonte rinnovabile. A titolo indicativo e non esaustivo, per il solare termico sarebbe opportuno misurare l'energia termica utile in ingresso all'accumulo (portata, Δt), per una pompa di calore aria-acqua l'energia termica utile in uscita e l'energia elettrica assorbita nello stesso periodo (se il periodo è la stagione, si può quindi quantificare il valore di SCOP e determinare la QR secondo la formula del DLgs 28/11 – Allegato 1).

	Temperatura media esterna	RISCALDAMENTO Q_H		ACQUA CALDA SANITARIA Q_W		RAFFRESCAMENTO Q_C	VENTILAZIONE Q_V
vettore		a	b	a	b	a	a
U.M.		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
mese 1							
mese 2							
mese …							
somma	-						

Tabella 2 Consumi energetici rilevati distinti per servizio e vettore

	Gradi giorno	RISCALDAMENTO Q_H		ACQUA CALDA SANITARIA Q_W		RAFFRESCAMENTO Q_C	VENTILAZIONE Q_V
vettore		a	b	a	b	a	a
U.M.		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
anno 1							
anno 2							
anno …							
media	-						

Tabella 3 Confronto tra i consumi energetici rilevati nei diversi anni, distinti per servizio e vettore

Nel caso di edifici provvisti di impianti centralizzati di recente realizzazione, si disporrà anche dei consumi di energia termica utile distinti per singola unità immobiliare, contabilizzati attraverso dispositivi diretti ai fini della suddivisione delle spese ai sensi del D.Lgs 102/14 smi; nel caso invece di impianti centralizzati meno recenti, è possibile che si disponga di grandezze rappresentative dei prelievi energetici delle singole unità immobiliari, contabilizzate attraverso dispositivi di tipo indiretto (ad es. ripartitori di calore installati sui radiatori, …). In entrambi i casi tali dati dovranno essere elaborati in modo analogo ai consumi energetici complessivi dell'edificio, adattando le precedenti tabelle.

Nota:

Nel caso di impianti termoautonomi, se non si dispone di un contatore dedicato, i consumi fatturati per vettori energetici dedicati a più servizi, potranno essere disaggregati per servizio in modo coerente con le indicazioni riportate per gli impianti centralizzati nel paragrafo 8 della UNI 10200:2018 (o s.m.i.). Nel caso in cui il vettore energetico per più servizi sia l'energia elettrica, al fine di scorporare i consumi elettrici delle utenze domestiche rispetto a quelli oggetto di analisi nelle schede di valutazione, è necessario installare un contatore di energia non fiscale sulla linea che alimenta i servizi di riscaldamento e/o acs e/o climatizzazione estiva e/o ventilazione.

Nello stesso periodo dovrà essere rilevata la temperatura e l'umidità relativa in un ambiente significativo di ciascuna unità abitativa, al fine di caratterizzare le modalità di uso e gestione degli impianti da parte dell'utenza, l'occupazione dei locali e, quindi, valutarne le ricadute sui consumi energetici. Queste due grandezze dovranno essere raccolte con una frequenza minima di tipo orario e rappresentate con grafici, nonché riassunte in tabelle.

Per ciascuna unità immobiliare dovrà essere definito:

- Profilo orario di occupazione e funzionamento degli impianti, identificando i giorni di una settimana tipo per ciascuna stagione dell'anno (o di ciascun mese nel caso di un utilizzo molto diversificato);
- Profili di temperatura e umidità relativa degli ambienti interni, identificando i giorni di una settimana tipo per ciascuna stagione dell'anno (o di ciascun mese nel caso di un utilizzo molto diversificato).

La finalità di tali elaborazioni è quella di consentire la definizione di profili di uso reali, interfacciabili con i software di calcolo dinamico orario conformi alla UNI EN ISO 52016, il cui utilizzo è richiesto nella modellazione energetica dell'edificio ai fini del Protocollo.

3. Calcolare le prestazioni energetiche dell'edificio in modalità "diagnosi energetica – A3" (solo x fase di esercizio)

Creare un modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "diagnosi", ovvero considerando le impostazioni di calcolo di tipo A3 delle UNI TS 11300 - valutazione definita "Adattata all'utenza – Tailored Rating", che considera come parametri di ingresso un uso reale, un clima reale e un edificio reale, e un risolutore di calcolo di tipo dinamico orario, conforme alla UNI EN ISO 52016, o di livello superiore.

La descrizione dell'edificio dovrà essere fatta considerando i seguenti dati di input:

- Uso, considerando i profili di uso di ciascuna unità immobiliare, definiti nel punto precedente, ovvero descrivendo in modo orario le modalità di attivazione e gestione dei diversi servizi energetici e le

abitudini dell'utente;

- Clima, interno ed esterno, considerando i profili di temperatura dell'aria interna di ciascuna unità immobiliare, definiti nel punto precedente, e i profili climatici esterni che possono essere forniti da una stazione meteorologica prossima a quella del sito (ad es. stazione meteo Arpa) e riferiti allo stesso periodo; si fa presente che i profili climatici dovranno essere completi di tutte le grandezze richieste ai fini del calcolo (temperatura, irraggiamento solare, umidità relativa, …) e che, qualora si disponga di profili con dettaglio non orario, è possibile creare l'anno tipo di riferimento attraverso appositi software;
- Edificio, considerando la documentazione di progetto As-Built, quella di collaudo, le certificazioni dei componenti e le misure in opera eseguite sul sistema edificio-impianto (ad esempio visura termografica, misura in opera della trasmittanza termica, blower door test, …); è possibile tenere in conto la perdita di prestazione dei componenti in relazione alla loro vetustà.

Confrontare quindi i risultati di calcolo del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "diagnosi energetica – A3" con i consumi reali e le quote di energia da fonte rinnovabile; valutarne lo scostamento. Nel caso in cui quest'ultimo sia superiore al 5%, occorre rivedere lo stesso modello di calcolo, agendo sui dati di input non rilevati in opera.

	RISCALDAMENTO Q_H		ACQUA CALDA SANITARIA Q_W		RAFFRESCAMENTO Q_C	VENTILAZIONE Q_V
vettore	a	b	a	b	a	a
U.M.	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Consumi rilevati (reali)						
Consumi simulati						
Scostamento %						
QR rilevata						-
QR simulata						-
Scostamento %						-

Tabella 4 Confronto tra i consumi energetici rilevati e i risultati del modello di simulazione

4. Calcolare le prestazioni energetiche dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e redazione APE

Nel caso di valutazione di collaudo, procedere con la redazione dell'APE, in modo conforme al quadro Legislativo vigente e tenendo conto delle attività descritte nel punto 1 del presente paragrafo (in particolare gli accertamenti strumentali).

Nel caso di valutazione di esercizio, convertire il modello di simulazione energetica dell'edificio creato secondo le indicazioni del punto precedente (modalità "diagnosi energetica – A3") in modalità

“certificazione energetica – A2”, ovvero considerando le impostazioni di calcolo di tipo A2 delle UNI TS 11300 - valutazione definita “Standard – Asset Rating”, che considera come parametri di ingresso un uso standard, un clima standard e un edificio reale, e un risolutore di calcolo di tipo quasi stazionario, conforme alla UNI TS 11300.

Si ricorda che la differenza tra i due modelli di calcolo riguarda solo i dati di ingresso descrittivi dell’uso e del clima: nel modello di tipo A2 si considera un utente “tipo”, mentre nel modello A3 si considera l’utente “reale”; la descrizione dell’edificio, ovvero le caratteristiche dell’involucro edilizio e quelle dei sistemi impiantistici presenti è (e deve) rimanere la stessa.

Nel caso di valutazione di esercizio, confrontare i risultati del modello di simulazione energetica dell’edificio in modalità “certificazione energetica – A2” con quelli del modello di simulazione energetica dell’edificio in modalità “diagnosi energetica – A3”; riportare i risultati nella seguente tabella e motivare eventuali rilevanti scostamenti.

	RISCALDAMENTO Q_H		ACQUA CALDA SANITARIA Q_W		RAFFRESCAMENTO Q_C	VENTILAZIONE Q_V
vettore	a	b	a	b	a	a
U.M.	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Consumi simulati – A2						
Consumi simulati – A3						
Scostamento %						

Tabella 5 Confronto tra i consumi energetici simulati in modalità “diagnosi energetica – A3” e “certificazione energetica - A2”

In modo conforme al quadro Legislativo vigente, si procede quindi alla redazione e alla registrazione dell’Attestato di Prestazione Energetica.

Nel caso di edifici plurifamiliari, essendo l’A.P.E. redatto per singola unità immobiliare, è necessario provvedere a calcolare i parametri per ciascuna unità immobiliare e, in seguito, calcolare gli stessi per l’intero edificio, attraverso una media pesata in funzione della superficie.

Si procede pertanto come segue:

a. Compilare, per ciascuna unità immobiliare, la tabella seguente riportando i valori degli indici di prestazione energetica espressi in energia primaria, rinnovabile e non rinnovabile, per i singoli servizi energetici; calcolare quindi l’indice di prestazione energetica primaria totale, come somma tra la componente rinnovabile e non rinnovabile [kWh/(m²anno)];

b. Calcolare, per ciascuna unità immobiliare, l’indice di prestazione energetica globale espresso in energia primaria rinnovabile, non rinnovabile e totale, facendo la somma degli indici di prestazione

energetica di tutti i servizi energetici presenti [kWh/(m²anno)];

c. Calcolare, per l'intero edificio, l'indice di prestazione energetica primaria globale espresso in energia primaria rinnovabile, non rinnovabile e totale, facendo la media pesata (in funzione della superficie utile di pavimento) dei corrispondenti indici di prestazione energetica delle singole unità immobiliari [kWh/(m²anno)];

d. Compilare, per ciascuna unità immobiliare, la tabella seguente riportando la quota di energia da fonte rinnovabile [%];

e. Calcolare, per l'intero edificio, la quota di energia da fonte rinnovabile, facendo la media pesata (in funzione della superficie utile di pavimento) del valore delle singole unità immobiliari [%].

	RISCALDAMENTO EP_H	ACQUA CALDA SANITARIA EP_W	RAFFRESCAMENTO EP_C	VENTILAZIONE EP_V
	kWh/(m²anno)	kWh/(m²anno)	kWh/(m²anno)	kWh/(m²anno)
Unità immobiliare 1:				
$EP_{x,ren,1}$				
$EP_{x,nren,1}$				
$EP_{x,tot,1}$				
$QR_{x,1}$				-
$EP_{gl,ren,1}$				
$EP_{gl,nren,1}$				
$EP_{gl,tot,1}$				
$S_{u,1}$ [m²]				
Unità immobiliare 2:				
$EP_{x,ren,2}$				
$EP_{x,nren,2}$				
$EP_{x,tot,2}$				
$QR_{x,2}$				-
$EP_{gl,ren,2}$				
$EP_{gl,nren,2}$				
$EP_{gl,tot,2}$				
$S_{u,2}$ [m²]				
Unità immobiliare "n":				
$EP_{x,ren,i}$				
$EP_{x,nren,i}$				
$EP_{x,tot,i}$				
$QR_{x,i}$				-
$EP_{gl,ren,i}$				
$EP_{gl,nren,i}$				
$EP_{gl,tot,n}$				
$S_{u,i}$ [m²]				
Intero edificio				
$EP_{gl,ren,edificio}$				
$EP_{gl,nren,edificio}$				
$EP_{gl,tot,edificio}$				
$QR_{x,edificio}$				-

In modo analogo a quanto descritto poco sopra, nel caso di edifici plurifamiliari, compilando la tabella seguente calcolare

i parametri dell'edificio di riferimento (così come definito dal DM 26.06.2015) per ciascuna unità immobiliare e, in seguito, calcolare gli stessi per l'intero edificio, attraverso una media pesata in funzione della superficie.

	RISCALDAMENTO EP_H	ACQUA CALDA SANITARIA EP_W	RAFFRESCAMENTO EP_C	VENTILAZIONE EP_V
	kWh/(m²anno)	kWh/(m²anno)	kWh/(m²anno)	kWh/(m²anno)
Unità immobiliare 1: ……				
$EP_{x,ren,rif,1}$				
$EP_{x,nren,rif,1}$				
$EP_{x,tot,rif,1}$				
$EP_{gl,ren,rif,1}$				
$EP_{gl,nren,rif,1}$				
$EP_{gl,tot,rif,1}$				
$EP_{x,nren,rif_standard(19-21),1}$				
$EP_{gl,nren,rif_standard(19-21),1}$				
$S_{u,1}$ [m²]				
Unità immobiliare 2: ……				
$EP_{x,ren,rif,2}$				
$EP_{x,nren,rif,2}$				
$EP_{x,tot,rif,2}$				
$EP_{gl,ren,rif,2}$				
$EP_{gl,nren,rif,2}$				
$EP_{gl,tot,rif,2}$				
$EP_{x,nren,rif_standard(19-21),2}$				
$EP_{gl,nren,rif_standard(19-21),2}$				
$S_{u,2}$ [m²]				
Unità immobiliare "n": ……				
$EP_{x,ren,rif,i}$				
$EP_{x,nren,rif,i}$				
$EP_{x,tot,rif,i}$				
$EP_{gl,ren,rif,i}$				
$EP_{gl,nren,rif,i}$				
$EP_{gl,tot,rif,i}$				
$EP_{x,nren,rif_standard(19-21),i}$				
$EP_{gl,nren,rif_standard(19-21),i}$				
$S_{u,i}$ [m²]				
Intero edificio				
$EP_{gl,ren,rif,edificio}$				
$EP_{gl,nren,rif,edificio}$				
$EP_{gl,tot,rif,edificio}$				
$EP_{gl,nren,rif_standard(19-21),edificio}$				

5. Calcolo dell'indicatore di prestazione e assegnazione del punteggio

Seguire le indicazioni riportate in ciascuna delle schede di valutazione dell'area B. Consumo di risorse, al fine di individuare il valore dei parametri necessari al calcolo dell'indicatore di prestazione e assegnare il punteggio corrispondente.

6. Valutazione del comportamento dell'utente rispetto all'utente standard

Seguire le indicazioni riportate in ciascuna delle schede di valutazione dell'area B. Consumo di risorse, al fine di confrontare i risultati del modello di calcolo di tipo A3 (validato sulla base dei consumi storici e che riflettono le condizioni di uso dell'edificio) con quelli calcolati mediante il modello di calcolo di tipo A2, rappresentativi del comportamento di un utente "standard" (così come definito dalla norma UNI TS 11300). Esprimere quindi il giudizio in merito al comportamento dell'utente, indicando se più o meno virtuoso rispetto al riferimento standard; si distinguono le seguenti possibilità:

- Consumo reale inferiore di almeno il 15% rispetto al consumo standard – UTENTE VIRTUOSO
- Consumo reale compreso entro il ±15% rispetto al consumo standard – UTENTE STANDARD
- Consumo reale superiore di almeno il 15% rispetto al consumo standard – UTENTE ENERGIVORO

Tale giudizio non compromette la valutazione di sostenibilità ambientale dell'edificio (e quindi il punteggio finale), ma consente di intraprendere politiche e attività volte a sensibilizzare o a premiare l'utente.

Criteri di esecuzione della visura termografica

Metodo di rilievo

Rilievo dei termogrammi significativi per la dimostrazione del livello di risoluzione dei ponti termici, in condizioni invernali. Il rilievo segue una attenta analisi della documentazione di progetto e quella di cantiere disponibile, che ha permesso di elencare i ponti termici presenti nell'edificio e i relativi archetipi di calcolo, nonché identificarli in pianta e nelle sezioni del fabbricato (è richiesta la codifica dei ponti termici, la corrispondenza tra l'abaco e i disegni dell'edificio).

Campionamento degli ambienti da rilevare

È richiesta una selezione del campione di ambienti tale da consentire il rilievo di ciascun archetipo di ponte termico, almeno in un caso, e comunque non inferiore al 20 % delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio.

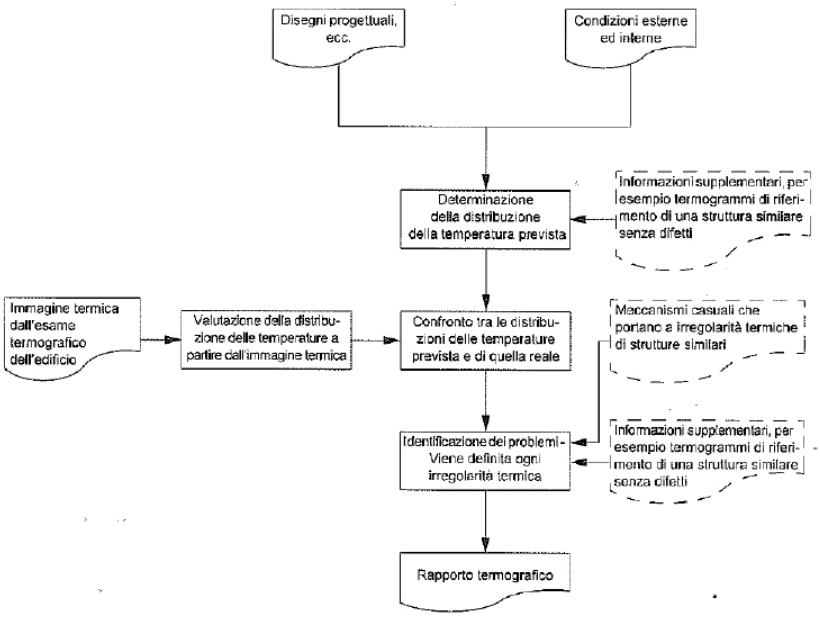
Individuare le unità immobiliari rappresentative per ogni tipologia di volume riscaldato e superfici disperdenti (strutture e ponti termici), selezionando in particolare le unità in relazione a:

- tipologia di chiusure esterne disperdenti (solai di pavimento, pareti verticali e solai di copertura);
- esposizione degli ambienti e coerenze (adiacenza a vani non riscaldati – solai su cantine, …);
- tipologia di strutture interessate e relative caratteristiche termofisiche dei componenti opachi.

Condizioni di rilievo

Le condizioni di rilievo devono essere definite in accordo con la normativa tecnica di settore; in

particolare si richiama la UNI EN 13187:2000 – Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all'infrarosso. I termogrammi ottenuti dovranno poter essere confrontati con la distribuzione prevista della temperatura sulla superficie, determinata dalle caratteristiche progettuali dell'involucro edilizio e dai parametri ambientali al momento dell'esame, secondo la procedura definita dalla figura 1 della norma stessa e sotto richiamata.



Procedura generale per l'interpretazione di immagini termiche negli esami termografici

Il tecnico che esegue il rilievo deve essere un operatore termografico riconosciuto secondo la UNI EN ISO 9712:2012 -Prove non distruttive - Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive, ed utilizzare una apparecchiatura idonea all'edificio oggetto di analisi.

I principali requisiti di prova sono indicati nell'Appendice D della norma UNI EN 13187:2000, ovvero devono essere tali per cui si riescono a garantire condizioni approssimabili a quelle stazionarie. Per le strutture leggere occorre:

a) avere una temperatura dell'aria esterna stabile nelle precedenti 24 ore rispetto all'inizio della prova (variazione di non oltre 10 °C rispetto alla temperatura di inizio della prova);

b) avere una differenza di temperatura tra l'ambiente interno e quello esterno significativa e costante nelle precedenti 24 ore rispetto all'inizio della prova (la differenza di temperatura dell'aria attraverso l'involucro edilizio non deve essere minore del valore numerico di 3/U, dove U rappresenta il valore teorico di trasmittanza termica della parete espresso in W/m2K, e comunque mai minore di 5°C);

c) verificare l'assenza di interferenze dovute a irraggiamento solare nelle precedenti 12 ore rispetto all'inizio della prova e durante la prova;

d) avere una costanza nella temperatura dell'aria interna ed esterna durante la prova (la temperatura dell'aria non deve variare di oltre +- 5 °C all'esterno e +- 2°C all'interno).

L'andamento della temperatura interna ed esterna deve essere monitorato in continuo con una frequenza di almeno 15', attraverso l'installazione di datalogger nelle 24 ore precedenti l'inizio della prova.

Disposizione dei punti di rilievo

Per il monitoraggio della temperatura e dell'umidità relativa interna seguire le indicazioni riportate nel criterio D 3.2; qualora il rilievo venga eseguito non in contemporanea con quello di altri criteri, si può limitare il monitoraggio ad 1-2 punti di misura, individuati in prossimità degli ambienti principali, posizionando il datalogger ad un'altezza dal pavimento compresa tra 0.6 m e 1.1 m al centro del locale o in un punto a distanza superiore a 1 m da pareti, finestre, griglie di aerazione.

Per il monitoraggio della temperatura e dell'umidità relativa esterna seguire le indicazioni riportate nel criterio D 3.2; la sonda di temperatura deve essere posta sulla copertura dell'edificio o in una zona non a ridosso degli elementi di facciata. Nel caso sia possibile il posizionamento esterno solo in corrispondenza di balconi o aggetti, privilegiare l'esposizione a nord. Evitare posizioni vicine a sorgenti di calore o espulsione di aria calda.

Per il rilievo dei termogrammi, definire i punti di scatto in modo tale da avere un termogramma significativo per ogni archetipo e condurre l'indagine in modo metodico, annotando:

- data/ora e condizioni ambientali dell'ambiente interno ed esterno al momento dello scatto (temperatura dell'aria, umidità relativa, nuvolosità, precipitazioni, condizioni di vento);
- assenza di sorgenti di calore interferenti;
- la posizione di scatto, misurando la distanza dalle chiusure esterne inquadrate e la quota, sulla documentazione di progetto;
- la temperatura riflessa, ovvero la temperatura media apparente degli oggetti/superfici della scena termica circostante l'area da misurare, con particolare attenzione alle superfici riflettenti (quali metalli, pavimentazioni semilucide, …);
- la tipologia dei materiali inquadrati e la relativa emissività (desunta da tabelle o da rilievo diretto con superfici di riferimento);

Si consiglia di scattare almeno due termogrammi con differente angolazione, mantenendo la stessa distanza dalle chiusure.

Requisiti degli strumenti di misura

Per il monitoraggio in continuo nel tempo delle grandezze microclimatiche è necessario un sistema di acquisizione e registrazione dati (datalogger), preferibilmente con alimentazione elettrica autonoma (stand-alone) e con idonea capacita di memoria (almeno 10000 letture per canale). Per le specifiche indicazioni degli strumenti di misura si faccia riferimento a quanto riportato nel criterio D 3.2.

Per il rilievo termografico si richiede l'impiego di termocamere con i seguenti requisiti minimi:

- Lunghezza d'onda rilevabile: 7.5-13 mm (LW)
- NEDT ≤ 0.1 °C
- Risoluzione: 120x120 pixel

Considerando un oggetto minimo da rilevare di dimensioni pari a 15 mm, in relazione alle caratteristiche ottiche della termocamera dovrà essere preliminarmente definita la distanza massima di ripresa.

CONSUMO DI RISORSE	COLLAUDO	B1.2
	ESERCIZIO	

Energia primaria richiesta durante il ciclo di vita dell'edificio

Energia primaria richiesta durante il ciclo di vita dell'edificio

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA
B. Consumo di risorse	B1 Energia primaria richiesta durante il ciclo di vita dell'edificio
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**
Migliorare la prestazione energetica dell'edificio con la riduzione dell'energia primaria non rinnovabile durante la fase operativa dell'edificio.	nella categoria / nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**
Rapporto percentuale tra l'indice di energia primaria globale non rinnovabile dell'edificio e il corrispondente valore dell'edificio di riferimento dotato di tecnologie standard.	%

SCALA DI PRESTAZIONE

	%	PUN
NEGATIVO	>100	-1
SUFFICIENTE	100	0
BUONO	64	3
OTTIMO	40	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Seguire le indicazioni metodologiche per la valutazione dei parametri prestazionali dell'area di valutazione B. Consumo di risorse e predisporre l'APE dell'edificio

2. Determinare il valore dell'indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria non rinnovabile, (B).

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del quadro Legislativo vigente.

Desumere dall'A.P.E. il valore del parametro $EP_{gl,nren,}$ indice di prestazione energetica globale dell'edificio espresso in energia primaria non rinnovabile [kWh/m²], ai sensi di quanto previsto dal DM 26/06/2015.

L'indice EPgl,nren tiene conto del fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale ed estiva, per la produzione di acqua calda sanitaria e per la ventilazione:

$$EP_{gl,nren} = EP_{H,nren} + EP_{W,nren} + EP_{V,nren} + EP_{C,nren}$$

dove:

$EP_{H,nren}$ = indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in energia primaria non rinnovabile, [kWh/m²];

$EP_{W,nren}$ = indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria espresso in energia primaria non rinnovabile, [kWh/m²];

$EP_{V,nren}$ = indice di prestazione energetica per la ventilazione espresso in energia primaria non rinnovabile, [kWh/m²];

$EP_{C,nren}$ = indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva espresso in energia primaria non rinnovabile, [kWh/m²].

Nota 1: i servizi energetici di climatizzazione invernale e di produzione dell'acqua calda sanitaria sono da considerare sempre presenti; i servizi di ventilazione e di climatizzazione estiva devono essere considerati solamente se effettivamente presenti nell'edificio.

3. Determinare il valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi e impianti standard, (A).

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del quadro Legislativo vigente.

Determinare il valore del parametro $EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$ [kWh/m²], ovvero l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento calcolato secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del DM 26/06/2015 (requisiti minimi), ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi e impianti standard dell'edificio di riferimento (di cui alla Tabella 1 del DM 26/06/2015 Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici), dotati dei requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri.

Nota 2: si faccia attenzione a non confondere l'edificio di riferimento nel quale si ipotizzano installati elementi edilizi e impianti standard (da ora chiamato "edificio di riferimento standard"), con l'edificio di riferimento come definito dal DM requisiti minimi, i cui parametri sono determinati rispetto all'installazione in esso degli stessi impianti dell'edificio di progetto. Per la verifica dei soli criteri B1.2 e C1.2 il termine di confronto della prestazione (il denominatore nella formula dell'indicatore) è rappresentato da un parametro determinato per l'edificio di riferimento standard.

Operativamente, per la determinazione del parametro $EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$ si esegua la stampa della relazione di calcolo (relazione accompagnatoria della relazione tecnica ex Legge10/91) o la stampa in bozza dell'attestato di prestazione energetica dell'edificio di riferimento, in entrambi i casi dopo aver impostato nel software di calcolo: a) i limiti normativi dell'involucro al 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e al 1° gennaio 2021 per tutti gli altri; b) gli impianti di tipo standard, le cui tipologie sono reperibili nella Tabella 1 del DM 26/06/2015 Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici) pag.83.

Il valore dell'indice di energia primaria non rinnovabile globale si troverà quindi nella prima pagina dell'Attestato di Prestazione Energetica dell'edificio di riferimenti simulato (dove il valore caratterizzerà la classe energetica), oppure nella sezione finale della relazione di calcolo, nel riepilogo dei valori di energia primaria per tutti i servizi presenti e attivi nell'edificio.

4. Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra il valore di EPgl,nren (B), e il valore di $EP_{gl,nren,rif,standard(2019/21)}$ (A), calcolati nei punti precedenti:

$$Indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{EP_{gl,nren}}{EP_{gl,nren,rif,standard\,(2019/21)}} \cdot 100$$

Nota 3: nel caso di più unità immobiliari il calcolo è effettuato per singola unità immobiliare; si determini il valore medio dei parametri EPgl,nren e EPgl,nren,rif,standard(2019/21) calcolandone la media ponderata rispetto alla superficie utile climatizzata, Su,i, mediante le seguenti formule:

B= EPgl,nren,edificio = $\sum i(EP_{gl,nren,i} \cdot S_{u,i}) / \sum i(S_{u,i})$

A= $EP_{gl,nren,rif,standard(2019/21),edificio} = \sum i(EP_{gl,nren,rif,standard(2019/21),i} \cdot S_{u,i}) / \sum i(S_{u,i})$

1. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

2. Valutazione del comportamento dell'utente rispetto all'utente standard (solo per fase in esercizio)

Dopo aver determinato il punteggio secondo le indicazioni dei punti 1-5 della presente scheda, confrontare i seguenti indici:

$EP_{gl,nren,edificio}$ desunto dagli APE - calcolato secondo il modello di calcolo di tipo A2;

$EP_{gl,nren,edificio\ (A3)}$ desunto dai risultati della diagnosi energetica - calcolato secondo il modello di calcolo di tipo A3.

Assegnare i seguenti giudizi:

se

- $EP_{gl,nren,edificio\ (A3)} < 0.85\ EP_{gl,nren,edificio}$, UTENTE VIRTUOSO
- $0.85\ EP_{gl,nren,edificio} < EP_{gl,nren,edificio\ (A3)} < 1.15\ EP_{gl,nren,edificio}$, UTENTE STANDARD
- $EP_{gl,nren,edificio\ (A3)} > 1.15\ EP_{gl,nren,edificio}$, UTENTE ENERGIVORO

Tale giudizio non compromette la valutazione di sostenibilità ambientale dell'edificio (e quindi il punteggio finale), ma consente di intraprendere politiche e attività volte a sensibilizzare o a premiare l'utente.

CONSUMO DI RISORSE	COLLAUDO	B1.3
	ESERCIZIO	

Energia primaria richiesta durante il ciclo di vita dell'edificio

Energia primaria totale

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA
B. Consumo di risorse	B1 Energia primaria richiesta durante il ciclo di vita dell'edificio
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**
Migliorare la prestazione energetica dell'edificio con la riduzione dell'energia primaria totale durante la fase operativa dell'edificio.	nella categoria / nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**
Rapporto percentuale tra il fabbisogno di energia primaria globale totale dell'edificio e il corrispondente valore dell'edificio di riferimento.	%

SCALA DI PRESTAZIONE

	%	PUN
NEGATIVO	>100	-1
SUFFICIENTE	100	0
BUONO	64	3
OTTIMO	40	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Seguire le indicazioni metodologiche per la valutazione dei parametri prestazionali dell'area di valutazione B. Consumo di risorse e predisporre l'APE dell'edificio

2. Determinare il valore dell'indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria totale, (B).

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del quadro Legislativo vigente.

Desumere dall'A.P.E. i valori degli indici di prestazione energetica espressi in energia primaria, rinnovabile e non rinnovabile, per i singoli servizi energetici e determinare il valore del parametro $EP_{gl,tot}$, indice di prestazione energetica globale dell'edificio espresso in energia primaria totale [kWh/(m²anno)], ai sensi di quanto previsto dal DM 26/06/2015 (requisiti minimi).

L'indice EPgl,tot tiene conto del fabbisogno di energia primaria totale per la climatizzazione invernale ed estiva, per la produzione di acqua calda sanitaria e per la ventilazione:

$$EP_{gl,tot} = EP_{H,tot} + EP_{W,tot} + EP_{V,tot} + EP_{C,tot}$$

dove:

$EP_{H,tot}$ = indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in energia primaria totale, [kWh/m²];

$EP_{W,tot}$ = indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria espresso in energia primaria totale [kWh/m²];

$EP_{V,tot}$ = indice di prestazione energetica per la ventilazione espresso in energia primaria totale, [kWh/m²];

$EP_{C,tot}$ = indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva espresso in energia primaria totale, [kWh/m²].

Nota 1: I servizi energetici di climatizzazione invernale e di produzione dell'acqua calda sanitaria sono da considerare sempre presenti; i servizi di ventilazione e di climatizzazione estiva devono essere considerati solamente se effettivamente presenti nell'edificio.

3. Determinare il valore limite dell'indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria totale, (A).

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del quadro Legislativo vigente.

Determinare il valore del parametro $EP_{gl,tot,lim}$ [kWh/(m²anno)], ovvero il valore dell'indice di prestazione energetica globale, espresso in energia primaria totale, calcolato per l'edificio di riferimento come definito alla lettera l-novies), del comma 1, dell'articolo 2, del decreto legislativo 192/2005 e ss.mm. e per il quale i parametri energetici, le caratteristiche termiche e di generazione sono dati nelle pertinenti tabelle del Capitolo 1 dell'Appendice A del Decreto Ministeriale 26/6/2015 (DM requisiti minimi); l'edificio di riferimento è rappresentativo dei requisiti minimi in vigore alla data di redazione della valutazione ai sensi del presente Protocollo.

4. Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra l'indice di prestazione energetica globale totale dell'edificio di progetto ($EP_{gl,tot,edificio}$) e il corrispondente valore determinato per l'edificio di riferimento ($EP_{gl,tot,lim,\ edificio}$):

$$Indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{EP_{gl,tot}}{EP_{gl,tot,\lim}} \cdot 100$$

Nota 2: nel caso di più unità immobiliari il calcolo è effettuato per singola unità immobiliare; si determini il valore medio dei parametri $EP_{gl,tot}$ e $EP_{gl,tot,lim}$ calcolandone la media ponderata rispetto alla superficie utile climatizzata, Si, mediante le seguenti formule:

$B = EP_{gl,tot,edificio} = \sum i(EP_{gl,tot,i} \cdot S_{u,i}) / \sum i(S_{u,i})$

$A = EP_{gl,tot,lim,edificio} = \sum i(EP_{gl,tot,lim,i} \cdot S_{u,i}) / \sum i(S_{u,i})$

1. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

2. Valutazione del comportamento dell'utente rispetto all'utente standard (solo per fase in esercizio)

Dopo aver determinato il punteggio secondo le indicazioni dei punti 1-5 della presente scheda, confrontare i seguenti indici:

$EP_{gl,tot,edificio}$ desunto dagli APE - calcolato secondo il modello di calcolo di tipo A2;

$EP_{gl,tot,edificio\ (A3)}$ desunto dai risultati della diagnosi energetica - calcolato secondo il modello di calcolo di tipo A3.

Assegnare i seguenti giudizi:

se

- $EP_{gl,tot,edificio\ (A3)} < 0.85\ EP_{gl,tot,edificio}$, UTENTE VIRTUOSO
- $0.85\ EP_{gl,tot,edificio} < EP_{gl,tot,edificio\ (A3)} < 1.15\ EP_{gl,tot,edificio}$, UTENTE STANDARD
- $EP_{gl,tot,edificio\ (A3)} > 1.15\ EP_{gl,tot,edificio}$, UTENTE ENERGIVORO

Tale giudizio non compromette la valutazione di sostenibilità ambientale dell'edificio (e quindi il punteggio finale), ma consente di intraprendere politiche e attività volte a sensibilizzare o a premiare l'utente.

CONSUMO DI RISORSE	COLLAUDO	B3.2
	ESERCIZIO	

Energia da fonti rinnovabili

Energia rinnovabile per usi termici

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
B. Consumo di risorse	B3 Energia da fonti rinnovabili	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Favorire la produzione di energia da fonti rinnovabili.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Rapporto percentuale tra la quota di energia da fonte rinnovabile (QR) dell'edificio da valutare e il corrispondente valore limite.	%	

SCALA DI PRESTAZIONE

	%	PUN
NEGATIVO	<100	-1
SUFFICIENTE	100	0
BUONO	112	3
OTTIMO	120	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Seguire le indicazioni metodologiche per la valutazione dei parametri prestazionali dell'area di valutazione B. Consumo di risorse e predisporre l'APE dell'edificio

2. Calcolare la QR quota di energia da fonti rinnovabili per i servizi energetici di riscaldamento, acqua calda sanitaria, e raffrescamento, (B)

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del quadro Legislativo vigente.

Desumere il valore della quota di energia da fonti rinnovabili, QR, per i servizi energetici di riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento, secondo le norme tecniche in vigore e secondo quando indicato nel D.Lgs. 28/2011 e ss.mm.ii (B).

3. Determinare la quota di energia da fonti rinnovabili limite per i servizi energetici di riscaldamento, acqua calda sanitaria, e raffrescamento (QR_{limite}) a seconda che l'edificio sia privato o pubblico seguendo quando indicato nel D.Lgs. 28/2011 e ss.mm.ii. (A)

4. Calcolare l'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra il valore della quota QR dell'edificio di progetto e il corrispondente valore limite (QR_{limite}), secondo la seguente formula:

Indicatore= $B / A \cdot 100 = QR / QR_{limite} \cdot 100$

Nota 1: nel caso di più unità immobiliari il calcolo è effettuato per singola unità immobiliare; si determini il valore medio dei parametri QR e QR_{limite} calcolandone la media ponderata rispetto alla superficie utile climatizzata, Su,i, mediante le seguenti formule:

$QR_{edificio} = \sum i(Q_{Ri} \cdot S_{u,i}) / \sum i(S_{u,i})$
$QR_{lim,edificio} = \sum i(QR_{lim,i} \cdot S_{u,i}) / \sum i(S_{u,i})$

5. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

6. Valutazione del comportamento dell'utente rispetto all'utente standard (solo per fase in esercizio)

Non prevista

CONSUMO DI RISORSE	COLLAUDO	B3.3
	ESERCIZIO	

Energia da fonti rinnovabili

Energia prodotta nel sito per usi elettrici

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
B. Consumo di risorse	B3 Energia da fonti rinnovabili	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Incoraggiare l'uso di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Rapporto percentuale tra l'energia elettrica prodotta dagli impianti a FER installati sopra o all'interno o nelle immediate vicinanze dell'edificio e l'energia elettrica prodotta da un impianto che soddisfa il limite fissato dal D.Lgs 28/2011	%	

SCALA DI PRESTAZIONE

	%	PUN
NEGATIVO	<100	-1
SUFFICIENTE	100	0
BUONO	160	3
OTTIMO	200	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Verificare la presenza di impianti di produzione di energia elettrica da FER (fotovoltaico, mini eolico e mini idraulico), connessi in rete, la cui energia sia utilizzata per coprire parte del fabbisogno per usi elettrici dell'edificio.

Identificare l'impianto descrivendone le caratteristiche, l'anno di installazione, la potenza elettrica in condizioni nominali, la presenza di dispositivi volti a migliorare la quota autoconsumata ed eventuali interventi di manutenzione straordinaria eseguiti.

2. Calcolare l'energia elettrica media prodotta in sito da FER (B) e quella scambiata con la rete elettrica, come segue:

Attenzione: procedura differenziata a seconda che il protocollo sia compilato nella fase di collaudo o di esercizio

Collaudo:

Calcolare l'energia elettrica producibile in condizioni standard dall'impianto installato, attraverso

un software conforme alle norme UNI/TS 11300, Qel,pr,m; la quantità può essere desunta dall'APE dell'Edificio.

Nota: la produzione standard di sistemi diversi dal PV, in assenza di una norma tecnica, dovrà essere calcolata attraverso procedure riportate nella letteratura scientifica di settore.

Esercizio:

a. Recuperare i dati di produzione, prelievo e immissione alla rete, di energia elettrica attraverso il portale del GSE, riferiti agli ultimi tre anni (salvo il caso di edifici più giovani). Gli anni devono essere i più recenti e consecutivi tra di loro, anche nel caso di guasti prolungati;

b. Calcolare il valore medio annuo dell'energia elettrica prodotta, prelevata ed immessa in rete per ciascun anno del periodo campionato, sommando i valori parziali;

c. Calcolare il valore medio annuo del triennio dell'energia elettrica prodotta, prelevata ed immessa in rete, facendo la media aritmetica; ad esempio per l'energia prodotta:

(A) $= Q_{el,pr,m} = \Sigma\ Q_{el,pr,i}) / 3$ [kWh]

anno	Energia prodotta - PR $Q_{el,pr,i}$ [kWh]	Energia prelevata - IN $Q_{el,in,i}$ [kWh]	Energia immessa - OUT $Q_{el,out,i}$ [kWh]
1			
2			
3			
media			

3. Calcolare l'energia elettrica potenzialmente producibile attraverso un impianto che soddisfa il limite fissato dal D.Lgs 28/2011 (A), come segue:

Attenzione: procedura differenziata a seconda che il protocollo sia compilato nella fase di collaudo o di esercizio

a. Definire la potenza elettrica degli impianti alimentati da FER che devono obbligatoriamente essere installati ai sensi del D.Lgs 28/2011 smi;

b. Calcolare l'energia elettrica producibile in condizioni standard attraverso l'impianto di potenza minima definita nel punto precedente, come segue:

- Calcolare la produzione standard attraverso un software conforme alle norme UNI/TS 11300, Qel,DLgs28/11; nota: la produzione standard di sistemi diversi dal PV, in assenza di una norma tecnica, dovrà essere calcolata attraverso procedure riportate nella letteratura scientifica di settore.
- In fase di esercizio, al fine di consentire il confronto con i dati reali di produzione di energia elettrica, considerare una tolleranza operativa pari al 10 % e una perdita di prestazione dovuta all'invecchiamento del sistema installato pari allo 0.6%/anno (tipico per impianti PV) e calcolare la produzione standard operativa:

fase di esercizio:

(B) = $Q_{el,DLgs28/11,operativa}$ = $Q_{el,DLgs28/11}$*0.9*(1- 0.6/100*n);

dove n è l'età dell'impianto rispetto la data di fine del triennio considerato nel punto 2;

Tale passaggio non si esegue nella fase di collaudo, in quanto si assume

(B) = $Q_{el,DLgs28/11}$,operativa = $Q_{el,DLgs28/11}$;

nota: la perdita di prestazione dovuta all'invecchiamento di sistemi diversi dal PV dovrà essere giustificata attraverso dati riportati nella letteratura scientifica di settore.

4. Calcolare la percentuale di energia elettrica prodotta e autoconsumata, media del triennio, come segue:

Attenzione: procedura differenziata a seconda che il protocollo sia compilato nella fase di collaudo o di esercizio

a. Calcolare il valore medio annuo dell'energia elettrica prodotta e autoconsumata, facendo il seguente rapporto:

$\%_{autoconsumo,i}$ = ($Q_{el,pr,i}$ - $Q_{el,out,i}$) / $Q_{el,pr,i}$ [%]

NOTA: I dati di input deriveranno o dagli APE (fase di collaudo) o dai dati forniti dal portale GSE (fase di esercizio)

b. Calcolare il valore medio nel triennio dell'energia elettrica prodotta e autoconsumata, facendo la media aritmetica:

$\%_{autoconsumo,medio}$ = Σ ($\%_{autoconsumo,i}$) / 3 [kWh]

anno	Energia prodotta - PR $Q_{el,pr,i}$ [kWh]	Energia prelevata - IN $Q_{el(in),i}$ [kWh]	Autoconsumo $\%_{autoconsumo,i}$ [%]
1			
2			
3			
media			

NOTA: In fase di collaudo, il valore è desumibile dagli APE, è pertanto già un valore medio annuo.

5. Calcolare l'indicatore di prestazione secondo la seguente formula:

indicatore = 100 * (B) / (A) + (C) = 100 * $Q_{el,pr,m}$ / $Q_{el,DLgs28/11,}$operativa + (C) [%]

dove:

(B) = energia elettrica media prodotta in sito da FER, [kWh]

(A) = elettrica potenzialmente producibile attraverso un impianto che soddisfa il limite fissato dal D.Lgs 28/2011, [kWh]

(C) = bonus per autoconsumo, definito pari a 20 se % autoconsumo,medio > 60%

Nota 1: nel caso di più unità immobiliari il calcolo è effettuato per singola unità immobiliare; si determini il valore medio dei parametri $Q_{el,pr,m}$, $Q_{el,DLgs28/11,operativa}$ e $\%_{autoconsumo,medio}$, calcolandone la media ponderata rispetto alla superficie utile climatizzata, Su,i, mediante le seguenti formule:

$B = Q_{el,pr,m,edificio} = \sum i(Q_{el,pr,m,i} \cdot S_{u,i}) / \sum_i(S_{u,i})$

$A = Q_{el,DLgs28/11,operativa,edificio} = \sum_i(Q_{el,DLgs28/11,operativa,i} \cdot S_i) / \sum_i(S_{u,i})$

$\%\ autoconsumo,medio,edificio = \sum_i(\%_{autoconsumo,medio,i} \cdot Su,_i) / \sum_i(S_{u,i})$

SCHEMA IMPIANTO FOTOVOLTAICO - GRID CONNECTED
utenza privata, potenza nominale Pp= ..... Wp
località .....

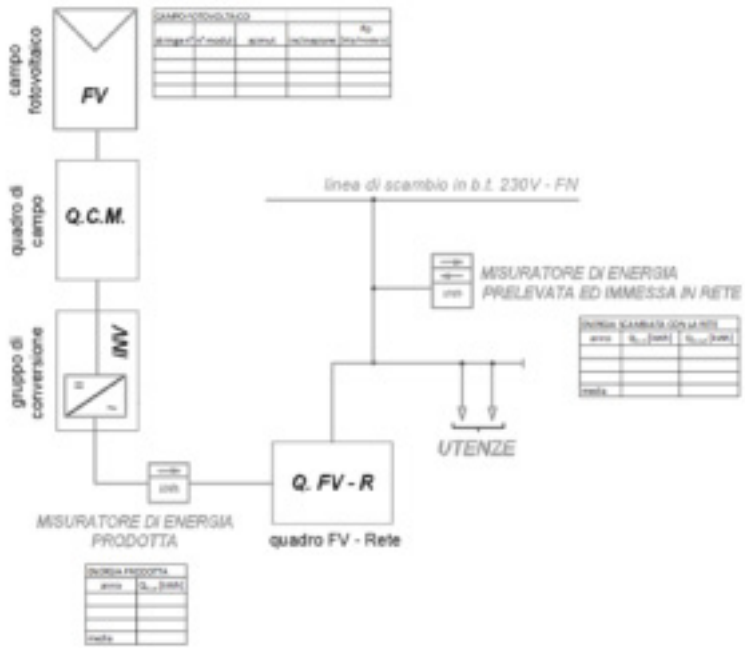


Figura 3
Schema impianto fotovoltaico connesso in rete

CONSUMO DI RISORSE	- ESERCIZIO	B5.1

Acqua potabile

Acqua potabile per usi irrigazione

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
B. Consumo di risorse	B5 Acqua potabile	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Ridurre i consumi di acqua potabile per irrigazione.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITÀ DI MISURA	
Volume di acqua potabile risparmiata rispetto al fabbisogno base calcolato.	%	

SCALA DI PRESTAZIONE		
	%	PUNTI
NEGATIVO	<0	-1
SUFFICIENTE	0	0
BUONO	60	3
OTTIMO	100	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Calcolare il fabbisogno idrico di riferimento per irrigazione considerando un volume d'acqua a metro quadro di area a verde pari a 0,3 m^3/m^2 annui.

Individuare le aree verdi appartenenti al lotto di intervento e misurarne la superficie complessiva, S_v [m^2]. Calcolare il fabbisogno idrico di riferimento (A) per l'irrigazione di tali aree verdi tramite la seguente formula:

$F_{irr,rif} = S_v \cdot F_{std}$

dove:

- $F_{irr,rif}$ = fabbisogno idrico annuale di riferimento per l'irrigazione delle aree verdi [m3/anno];

- S_v = estensione superficiale complessiva delle aree verdi di pertinenza [m2];

- F_{std} = fabbisogno idrico standard per l'irrigazione di un metro quadro di area verde, pari a 0,3 m^3/m^2 anno.

Nota 1: in caso di presenza di aree a verde di pertinenza ed assenza di un impianto di irrigazione si assegni punteggio zero al criterio.

2. Determinare il consumo idrico annuo per irrigazione.

- Determinare il consumo di acqua potabile per l'irrigazione delle aree a verde di pertinenza, mediante un contatore che fornisca il consumo della sola acqua prelevata a tale scopo dalla rete dell'acquedotto (l'eventuale consumo per usi irrigui di acqua piovana, da impianti o da altre fonti diverse dalla rete di distribuzione dell'acqua potabile non deve essere conteggiato). Devono essere raccolti i dati relativi ad almeno due anni di irrigazione del verde, ovvero a due interi periodi di irrigazione.
- Con i dati ottenuti si ricavi il valore del consumo idrico medio annuale per l'irrigazione, C_{irr} [m^3].

3. Determinare il volume di acqua potabile risparmiata rispetto al fabbisogno base calcolato.

Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione, ovvero la quantità di acqua potabile risparmiata rispetto al fabbisogno idrico di riferimento per l'irrigazione, Virr,ris [%], mediante la seguente formula:

Indicatore = $V_{irr,ris} = (F_{irr,rif} – C_{irr}) *100 / F_{irr,rif}$

4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Nota 2: se il valore del consumo idrico medio annuale per l'irrigazione, C_{irr}, risulta superiore al fabbisogno idrico di riferimento per l'irrigazione, $F_{irr,rif}$, occorre assegnare al criterio punteggio negativo (-1).

CONSUMO DI RISORSE	- ESERCIZIO	B5.2

Acqua potabile

Acqua potabile per usi indoor

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
B. Consumo di risorse	B5 Acqua potabile	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Ridurre i consumi di acqua potabile per usi indoor.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Volume di acqua potabile risparmiata rispetto al fabbisogno base calcolato.	%	

SCALA DI PRESTAZIONE

	%	PUN
NEGATIVO	< 0	-1
SUFFICIENTE	0	0
BUONO	30	3
OTTIMO	50	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Calcolare il volume di acqua necessario per soddisfare il fabbisogno idrico di riferimento per usi indoor.

Calcolare il volume di acqua potabile di riferimento $F_{ind,rif}$ [m^3/anno] necessario per soddisfare annualmente il fabbisogno idrico per usi indoor, tramite la formula:

$$F_{ind,rif} = \frac{ab \cdot F_{pc,std} \cdot n_{gg}}{1000}$$

dove:

ab = numero di abitanti, [-];

$F_{pc,std}$ = fabbisogno idrico pro capite standard per usi indoor, pari a 130 litri/gg·ab;

n_{gg} = numero di giorni del periodo di calcolo, pari a 365.

1. Determinare il consumo idrico annuo per usi indoor.

Facendo riferimento al contatore generale per il consumo dell'acqua si ricavi il dato relativo al consumo idrico annuale. Se l'edificio presenta delle aree a verde di pertinenza che vengono irrigate con acqua prelevata dalla rete idrica si determini la quantità di acqua utilizzata a tale scopo mediante l'utilizzo di un apposito contatore e se ne scomputi tale volume dal dato complessivo. Devono essere raccolti i dati di consumi idrici relativi ad un periodo di almeno due anni.

- Con i dati ottenuti si ricavi il valore del consumo idrico medio annuale per usi indoor, C_{ind} [m^3/

anno].

3. Determinare il volume di acqua potabile risparmiata rispetto al fabbisogno base calcolato.

Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione, ovvero la quantità di acqua potabile risparmiata rispetto al fabbisogno idrico di riferimento per usi indoor, $V_{ind,ris}$ [%], mediante la seguente formula:

Indicatore = $V_{ind,ris} = (F_{ind,rif} – C_{ind}) *100 / F_{ind,rif}$

4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Nota 1: se il valore del consumo idrico medio annuale per usi indoor, C_{ind}, risulta superiore al fabbisogno idrico di riferimento per usi indoor, $F_{ind,rif}$, occorre assegnare al criterio punteggio negativo (-1).

CONSUMO DI RISORSE	COLLAUDO ESERCIZIO	B6.1

Prestazioni dell'involucro

Energia termica utile per il riscaldamento

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
B. Consumo di risorse	B6 Prestazioni dell'involucro	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Ridurre il fabbisogno di energia utile per il riscaldamento durante la fase operativa dell'edificio.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Rapporto percentuale tra il fabbisogno di energia utile per il riscaldamento dell'edificio di progetto e quello dell'edificio di riferimento.	%	

SCALA DI PRESTAZIONE

	%	PUNTI
NEGATIVO	>100	-1
SUFFICIENTE	100	0
BUONO	80	3
OTTIMO	66,7	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Seguire le indicazioni metodologiche per la valutazione dei parametri prestazionali dell'area di valutazione B. Consumo di risorse e predisporre l'APE dell'edificio

2. Determinare il valore dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento dell'edificio, (B).

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del quadro Legislativo vigente.

Desumere dall'A.P.E. il valore del parametro $EP_{H,nd}$ [kWh/m²], indice di prestazione termica utile per riscaldamento dell'edificio, ai sensi di quanto previsto dal DM 26/06/2015 (requisiti minimi).

3. Determinare il valore limite dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento dell'edificio, (A).

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del quadro Legislativo vigente.

Determinare il valore del parametro $EP_{H,nd,lim}$ [kWh/m²], ovvero il valore limite dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento, calcolato per l'edificio di riferimento come definito alla lettera l-novies), del comma 1, dell'articolo 2, del decreto legislativo 192/2005 e ss.mm. e per il quale i parametri energetici, le caratteristiche termiche e di generazione sono dati nelle pertinenti tabelle del Capitolo 1 dell'Appendice A del Decreto Ministeriale 26/6/2015 (DM requisiti minimi), per i corrispondenti anni di vigenza.

4. Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra il valore dell'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento dell'edificio, EPH,nd (B), e il corrispondente valore limite per l'edificio, $EP_{H,nd,lim}$ (A)

$$Indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{EP_{H,nd}}{EP_{H,nd,\lim}} \cdot 100$$

Nota 1: nel caso di più unità immobiliari il calcolo è effettuato per singola unità immobiliare; si determini il valore medio dei parametri EPH,nd e EPH,nd,lim calcolandone la media ponderata rispetto alla superficie utile climatizzata, Su,i, mediante le seguenti formule:

B= EPH,nd,edificio = $\sum_i(EP_{H,nd,i} \cdot S_{u,i}) / \sum_i(S_{u,i})$
A= EPH,nd,lim,edificio = $\sum_i(EP_{H,nd,lim,i} \cdot S_{u,i}) / \sum_i(S_{u,i})$

5. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

6. Valutazione del comportamento dell'utente rispetto all'utente standard (solo per fase in esercizio)

Dopo aver determinato il punteggio secondo le indicazioni dei punti 1-5 della presente scheda, confrontare i seguenti indici:

$EP_{H,nd,edificio}$ desunto dagli APE - calcolato secondo il modello di calcolo di tipo A2;
$EP_{H,nd,edificio}$ (A3) desunto dai risultati della diagnosi energetica - calcolato secondo il modello di calcolo di tipo A3.

Assegnare i seguenti giudizi:
se
- $EP_{H,nd,edificio}$ (A3) < 0.85 $EP_{H,nd,edificio}$, UTENTE VIRTUOSO

- $0.85\ EP_{H,nd,edificio} < EP_{H,nd,edificio}\ (A3) < 1.15\ EP_{H,nd,edificio}$, UTENTE STANDARD
- $EP_{H,nd,edificio}\ (A3) > 1.15\ EP_{H,nd,edificio}$, UTENTE ENERGIVORO

Tale giudizio non compromette la valutazione di sostenibilità ambientale dell'edificio (e quindi il punteggio finale), ma consente di intraprendere politiche e attività volte a sensibilizzare o a premiar

CONSUMO DI RISORSE	COLLAUDO ESERCIZIO	B6.2

Prestazioni dell'involucro

Energia termica utile per il raffrescamento

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA
B. Consumo di risorse	B6 Prestazioni dell'involucro
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**
Ridurre il fabbisogno di energia utile per il raffrescamento durante la fase operativa dell'edificio.	nella categoria nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**
Rapporto percentuale tra il fabbisogno di energia utile per il raffrescamento dell'edificio di progetto e quello dell'edificio di riferimento.	%

SCALA DI PRESTAZIONE

	%	PUNTI
NEGATIVO	>100	-1
SUFFICIENTE	100	0
BUONO	80	3
OTTIMO	66,7	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Seguire le indicazioni metodologiche per la valutazione dei parametri prestazionali dell'area di valutazione B. Consumo di risorse e predisporre l'APE dell'edificio

2. Determinare il valore dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento dell'edificio, (B)

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del quadro Legislativo vigente.

Desumere dall'A.P.E. il valore del parametro $EP_{C,nd}$ [kWh/m²], indice di prestazione termica utile per il raffrescamento dell'edificio, ai sensi di quanto previsto dal DM 26/06/2015 (requisiti minimi).

3. Determinare il valore limite dell'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento dell'edificio, (A)

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del quadro Legislativo vigente.

Determinare il valore del parametro $EP_{C,nd,limite}$ [kWh/m²], ovvero il valore limite dell'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento, calcolato per l'edificio di riferimento come definito alla lettera l-novies), del comma 1, dell'articolo 2, del decreto legislativo 192/2005 e ss.mm. e per il quale i parametri energetici, le caratteristiche termiche e di generazione sono dati nelle pertinenti tabelle del Capitolo 1 dell'Appendice A del Decreto Ministeriale 26/6/2015 (DM requisiti minimi), per i corrispondenti anni di vigenza.

4. Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra il valore dell'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento dell'edificio, $EP_{C,nd}$ (B), e il valore limite dell'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento dell'edificio, $EP_{C,nd,rif}$ (A):

$$Indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{EP_{C,nd}}{EP_{C,nd,\lim}} \cdot 100$$

Nota 1: nel caso di più unità immobiliari il calcolo è effettuato per singola unità immobiliare; si determini il valore medio dei parametri $EP_{C,nd}$ e $EP_{C,nd,lim}$ calcolandone la media ponderata rispetto alla superficie utile climatizzata, $S_{u,i}$, mediante le seguenti formule:

$B = EP_{C,nd,edificio} = \sum_i (EP_{C,nd,i} \cdot S_{u,i}) / \sum_i (S_{u,i})$
$A = EP_{C,nd,lim,edificio} = \sum_i (EP_{C,nd,lim,i} \cdot S_{u,i}) / \sum_i (S_{u,i})$

1. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

2. Valutazione del comportamento dell'utente rispetto all'utente standard (solo per fase in esercizio)

Dopo aver determinato il punteggio secondo le indicazioni dei punti 1-5 della presente scheda, confrontare i seguenti indici:

$EP_{C,nd,edificio}$ desunto dagli APE - calcolato secondo il modello di calcolo di tipo A2;
$EP_{C,nd,edificio}$ (A3) desunto dai risultati della diagnosi energetica - calcolato secondo il modello di calcolo di tipo A3.

Assegnare i seguenti giudizi:

se

- $EP_{C,nd,edificio}$ (A3) < 0.85 $EP_{C,nd,edificio}$, UTENTE VIRTUOSO
- 0.85 $EP_{C,nd,edificio}$ < $EP_{C,nd,edificio}$ (A3) < 1.15 EP C,nd,edificio, UTENTE STANDARD
- $EP_{C,nd,edificio}$ (A3) > 1.15 $EP_{C,nd,edificio}$, UTENTE ENERGIVORO

Tale giudizio non compromette la valutazione di sostenibilità ambientale dell'edificio (e quindi il punteggio finale), ma consente di intraprendere politiche e attività volte a sensibilizzare o a premiare l'utente.

CARICHI AMBIENTALI	COLLAUDO ESERCIZIO	C1.2

Emissioni di CO2 equivalente

Emissioni previste in fase operativa

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
C. Carichi ambientali	C1 Emissioni di CO2 equivalente	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Ridurre la quantità di emissioni di CO2 equivalente da energia primaria non rinnovabile impiegata per l'esercizio annuale dell'edificio.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Rapporto percentuale tra la quantità di emissioni di CO2 equivalente annua prodotta per l'esercizio dell'edificio in esame e la quantità di emissioni di CO2 equivalente corrispondente all'edificio di riferimento dotato di tecnologie standard.	%	

SCALA DI PRESTAZIONE

	%	PUNTI
NEGATIVO	> 100	-1
SUFFICIENTE	100	0
BUONO	64	3
OTTIMO	40	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Seguire le indicazioni metodologiche per la valutazione dei parametri prestazionali dell'area di valutazione B. Consumo di risorse e predisporre l'APE dell'edificio

2. Determinare la quantità di emissioni di CO^2 equivalente annua prodotta per l'esercizio dell'edificio, (B).

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del

quadro Legislativo vigente.

Desumere dall'A.P.E. la quantità annua di CO^2 equivalente [kg/m^2] prodotta per l'esercizio dell'edificio reale in uso standard, ai sensi di quanto previsto dal DM 26/06/2015; il valore è riportato sulla seconda pagina del documento.

3. Determinare la quantità di emissioni di CO^2 equivalente annua prodotta per l'esercizio dell'edificio di riferimento ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi e impianti standard, (A).

Consultare i risultati dei calcoli del modello di simulazione energetica dell'edificio in modalità "certificazione energetica – A2" e l'Attestato di Prestazione Energetica – A.P.E. - predisposto ai sensi del quadro Legislativo vigente.

Determinare la quantità di emissioni di CO^2 equivalente [kg/m^2] prodotta per l'esercizio dell'edificio di riferimento, calcolato secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del DM 26/06/2015 (requisiti minimi), ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi e impianti standard dell'edificio di riferimento (di cui alla Tabella 1 del DM 26/06/2015 Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici), dotati dei requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri.

Nota 1: si faccia attenzione a non confondere l'edificio di riferimento nel quale si ipotizzano installati elementi edilizi e impianti standard (da ora chiamato "edificio di riferimento standard"), con l'edificio di riferimento come definito dal DM requisiti minimi, i cui parametri sono determinati rispetto all'installazione in esso degli stessi impianti dell'edificio di progetto. Per la verifica dei soli criteri B1.2 e C1.2 il termine di confronto della prestazione (il denominatore nella formula dell'indicatore) è rappresentato da un parametro determinato per l'edificio di riferimento standard.

Per la determinazione di tale parametro si faccia riferimento al software certificato utilizzato per la redazione dell'APE dell'edificio (è necessario produrre una relazione con i dati relativi all'edificio di riferimento dotato di tecnologie standard). Si esegua quindi la stampa della relazione di calcolo (relazione accompagnatoria della relazione tecnica ex Legge10/91) o la stampa in bozza dell'attestato di prestazione energetica dell'edificio di riferimento, in entrambi i casi dopo aver impostato nel software di calcolo: a) i limiti normativi dell'involucro al 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e al 1° gennaio 2021 per tutti gli altri; b) gli impianti di tipo standard, le cui tipologie sono reperibili nella tabella 1 Tabella 1 del DM 26/06/2015 Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici) pag.83.

Il valore delle emissioni di CO^2 equivalente si troverà nella seconda pagina dell'Attestato di Prestazione Energetica, oppure nella sezione finale della relazione di calcolo, nel riassunto dei valori di emissione di CO^2 per tipologia di combustibile per tutti i servizi presenti e attivi nell'edificio.

In alternativa, e nel caso il software utilizzato non permetta di reperire i dati richiesti, è possibile calcolare la quantità di CO^2 equivalente annua prodotta per l'esercizio dell'edificio di riferimento dotato di tecnologie standard mediante la seguente formula:

$$A = [(Q_{H,nd} / \eta_{H,standard} \cdot P.C.I._{ng} \cdot K_{em,ng}) + (Q_{W,nd} / \eta_{W,standard} \cdot P.C.I._{ng} \cdot K_{em,ng}) + (Q_{C,nd} / \eta_{C,standard} \cdot K_{em,el}) + + (0.25 / 1000 \cdot q_{Ve} \cdot K_{em,el})] / S_u$$

dove:

$Q_{H,nd}$ = fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento dell'edificio di riferimento, [kWh];

ηH,standard = efficienza media stagionale del sistema di riscaldamento dotato di tecnologie standard, [-];

$Q_{w,nd}$ = fabbisogno di energia termica utile per l'acqua calda sanitaria dell'edificio di riferimento, [kWh];

$\eta_{W,standard}$ = efficienza media stagionale del sistema di produzione dell'ACS dotato di tecnologie standard, [-];

$Q_{C,nd}$ = fabbisogno di energia termica utile per il raffrescamento dell'edificio di riferimento, quando presente il sistema di raffrescamento, [kWh];

$\eta_{C,standard}$ = efficienza media stagionale del sistema di produzione di raffrescamento dotato di tecnologie standard, [-];

q_{Ve} = portata d'aria garantita dal sistema di ventilazione meccanica controllata, quando presente, [m3/h];

$P.C.I._{ng}$ = potere calorifico inferiore del gas naturale, [kWh/Sm^3];

$k_{em,ng}$ = fattore di emissione del gas naturale, [kg CO^2 /kWh];

$k_{em,el}$ = fattore di emissione dell'energia elettrica da rete, [kg CO^2 /kWh];

S_u = superficie utile climatizzata, [m²].

Per i fattori di emissione di CO^2 e per il potere calorifico inferiore utilizzare i valori indicati in tabella seguente, che verranno aggiornati periodicamente a cura dell'ENEA, MISE e CTI.

vettori energetici	unità di misura del vettore energetico	P.C.I.		Emissioni di CO_2
		Valore	Unità di misura	kg/kWh energia consegnata
Gas naturale	Sm³	9.45	kWh/Sm³	0.21
Energia elettrica da rete	kWh			0.46

Tabella 6 Fattori di emissione di CO2 equivalente e PCI dei principali vettori energetici

4. Calcolare il valore dell'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra la quantità di emissioni di CO2 equivalente prodotta per l'esercizio dell'edificio, e la quantità di emissioni di CO2 equivalente prodotta per l'esercizio dell'edificio di riferimento con tecnologie standard, secondo la seguente formula:

$$Indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100$$

dove:

B = emissioni di CO^2 equivalente annua prodotta per l'esercizio dell'edificio, [kg CO2/m²];

A = emissioni di CO^2 equivalente annua prodotta per l'esercizio dell'edificio di riferimento dotato di tecnologie standard, [kg CO^2/m²].

Nota 2: nel caso di più unità immobiliari il calcolo è effettuato per singola unità immobiliare; si determini il valore medio dei parametri A e B calcolandone la media ponderata rispetto alla superficie utile climatizzata, Su,i, mediante le seguenti formule:

$$A_{edificio} = \sum_i(A_i \cdot S_{u,i}) / \sum_i(S_{u,i})$$
$$B_{edificio} = \sum_i(B_i \cdot S_{u,i}) / \sum_i(S_{u,i})$$

1. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

2. Valutazione del comportamento dell'utente rispetto all'utente standard (solo per fase in esercizio)

Dopo aver determinato il punteggio secondo le indicazioni dei punti 1-5 della presente scheda, confrontare i seguenti indici:

B edificio desunto dagli APE e aggregato come sopra indicato - calcolato secondo il modello di calcolo di tipo A2;

B edificio (A3) desunto dai risultati della diagnosi energetica - calcolato secondo il modello di calcolo di tipo A3.

Assegnare i seguenti giudizi:

se

- $B_{edificio\ (A3)} < 0.85\ B_{edificio}$, UTENTE VIRTUOSO
- $0.85\ B_{edificio} < B_{edificio\ (A3)} < 1.15\ B_{edificio}$, UTENTE STANDARD
- $B_{edificio\ (A3)} > 1.15\ B_{edificio}$, UTENTE ENERGIVORO

Tale giudizio non compromette la valutazione di sostenibilità ambientale dell'edificio (e quindi il punteggio finale), ma consente di intraprendere politiche e attività volte a sensibilizzare o a premiare l'utente.

QUALITA' AMBIENTALE INDOOR	COLLAUDO ESERCIZIO	D1.4

Qualità dell'aria

Concentrazione di COV

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D1 Qualità dell'aria	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire un livello soddisfacente di qualità dell'aria indoor per quanto riguarda alcuni principali composti organici volatili (COV)	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Indice di categoria della qualità dell'aria interna in grado di pesare i livelli interni di alcuni composti organici volatili.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	< 0,0	-1
SUFFICIENTE	0,0	0
BUONO	3,0	3
OTTIMO	5,0	5

Metodo e strumenti di verifica

FASE DI COLLAUDO

ESIGENZA:

Garantire valori di alcuni COV scelti come traccianti (Benzene, Toluene, Stirene, Tetracloroetilene e Tricloroetilene) entro valori ritenuti accettabili. Questa scheda è applicabile solo in fase di collaudo.

Le concentrazioni di COV sono valutate mettendole anche in relazione ad uno specifico monitoraggio esterno effettuato contestualmente e in prossimità dell'edificio. Per i COV selezionati, sono identificati alcuni valori guida utilizzando le indicazioni definite dalla normativa italiana, dall'OMS o valori guida identificati in altre nazioni.

VG_i = valore guida della i-esima sostanza

Elenco valore guida

Sostanza	VG_i
Benzene	0,005 mg/m3
Toluene	0,260 mg/m3
Stirene	0,260 mg/m3
Tetracloroetilene	0,250 mg/m3
Tricloroetilene	0,002 mg/m3

STRATEGIA DI MONITORAGGIO

la strategia di monitoraggio (scelta del metodo di prelievo e analisi, tempi di campionamento, numero di misure, ecc.), viene definita in coerenza con la necessità di misurare concentrazioni medie a livelli potenzialmente molto contenuti per una esposizione di lungo periodo. In tale contesto, si ritiene da privilegiare il campionamento di tipo passivo, con un tempo di monitoraggio compreso tra una e due settimane (7 - 14 giorni).

MODALITÀ DI SCELTA DEGLI ALLOGGI DA MONITORARE (CAMPIONE RAPPRESENTATIVO)

È richiesta una selezione di un campione rappresentativo non inferiore al 20% delle unità immobiliari da testare che compongono l'intero edificio e comunque non meno di due alloggi. Nel caso ci siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, occorre individuare almeno una unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili le dimensioni degli ambienti, le caratteristiche del sistema di aerazione (p.e. dimensioni e numero di finestre) e, se presente, dell'impianto di ventilazione.

SCELTA DEI LOCALI

Per le unità immobiliari scelte come campione rappresentativo, il monitoraggio verrà effettuato nei locali di minor cubatura e di normale permanenza dei residenti, escludendo quindi i locali ad uso servizio, ripostiglio, eventuali nicchie e le aree di passaggio.

CONDIZIONI DEI LOCALI

Prima dell'effettuazione del monitoraggio, è necessario che l'abitazione raggiunga una situazione "standard" ottenibile aprendo per circa 15 minuti tutte le porte e le finestre (se apribili) per permettere un ricambio d'aria naturale e poi chiudendo porte e finestre dell'alloggio per almeno un giorno, al fine di raggiungere le condizioni massime e a regime. Il successivo monitoraggio va effettuato mantenendo sempre porte e finestre chiuse. Nel caso sia disponibile un sistema di ventilazione, questo deve essere mantenuto in funzione sia nella fase di preparazione del locale, sia in fase di monitoraggio. Nella stagione invernale il riscaldamento dovrebbe essere mantenuto in funzione alla temperatura di normale esercizio durante la durata dei prelievi, almeno nelle ore diurne.

POSIZIONAMENTO, TIPOLOGIA E NUMERO DI MISURE

Il campionamento va effettuato su treppiede o analogo sistema di posizionamento che permetta di posizionare il punto di prelievo possibilmente al centro del locale e ad un'altezza di circa 1,5 metri dal pavimento.

Il metodo di prelievo e di analisi dovrà essere scelto in funzione della necessità di poter quantificare le seguenti concentrazioni minime.

Benzene 0,001 mg/m3

Toluene 0,001 mg/m3

Stirene 0,005 mg/m3

Tetracloroetilene 0,002 mg/m3

Tricloroetilene 0,001 mg/m3

In funzione dei livelli minimi da quantificare e della necessità di individuare concentrazioni medie e non di picco, si ritiene utile l'utilizzo del campionatore passivo con una durata di monitoraggio di diverse giornate (indicativamente comprese tra 7 -14 giorni) e comunque non inferiore ad almeno un giorno se compatibile con i livelli minimi. In alternativa, laddove i livelli di quantificazione strumentale del metodo utilizzato lo permettessero, è possibile l'utilizzo con campionatore attivo con un tempo di prelievo di almeno 4 ore.

Non è necessario che le misure siano effettuate tutte nella stessa giornata. Deve essere sempre fatto almeno un prelievo esterno nello stesso arco di tempo in cui si effettuano i campioni indoor, utilizzando la stessa metodica di prelievo e analisi scelta per il monitoraggio indoor. Nel caso di alloggi posizionati a diversi piani, il prelievo di controllo esterno va effettuato alle diverse altezze, utilizzando eventuali balconcini presenti, o, nel caso non fosse fattibile, il campione esterno va effettuato a livello strada. Se possibile vanno valutate condizioni climatiche differenti, privilegiando condizioni di temperature maggiori in relazione alla temperatura esterna o, nella stagione invernale, con impianti di riscaldamento in funzione.

I campioni per unità immobiliare rappresentativa devono essere almeno 3 e devono essere scelti tre locali differenti, sempre tra quelli a minor cubatura. Se non sono presenti tre locali, le misure verranno ripetute nei locali disponibili.

RIEPILOGO CONDIZIONI DI MONITORAGGIO	**Assenza di ventilazione**	**Presenza di ventilazione**
Condizioni dell'appartamento	Prima dell'effettuazione della misura, l'appartamento deve essere arieggiato per 15 minuti (porte e finestre aperte) e poi rimanere chiuso per almeno 1 giorno. Il campionamento deve essere effettuato con porte e finestre chiuse.	Prima dell'effettuazione della misura, l'appartamento deve essere arieggiato per 15 minuti (porte e finestre aperte) e poi rimanere chiuso per almeno 1 giorno, con il sistema di ventilazione in funzione. Il campionamento deve essere effettuato con porte e finestre chiuse, con ventilazione in funzione.
Numero minimo di postazioni per appartamento	3 postazioni di misura	3 postazioni di misura
Durata dei prelievi	Da 4 ore ad alcuni giorni	Da 4 ore ad alcuni giorni
Posizionamento	Centro del locale, su treppiede a circa 1,5 m di altezza	Centro del locale, su treppiede a circa 1,5 m di altezza

VALUTAZIONE DEI RISULTATI PER BENZENE, TOLUENE, STIRENE E TETRACLOROETILENE

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue.

1. Misurare la concentrazione di ogni inquinante all'interno degli ambienti principali selezionati come campione.

2. Misurare la concentrazione di ogni inquinante all'esterno, con la stessa metodica di prelievo e analisi utilizzata per l'indoor. Il campionamento va effettuato possibilmente in prossimità dell'edificio. Sono da evitare posizioni di misura in corrispondenza dell'espulsione dell'impianto di ventilazione o in prossimità di aree esterne con probabile concentrazione elevata di COV maggiori (ad esempio garage o in prossimità della strada). È importante che la misurazione dei COV all'esterno sia svolta nel medesimo periodo di tempo in cui è effettuato il monitoraggio interno.

3. Per ogni inquinante "i", rilevare per ogni misura l'incremento (ΔCi) dell'aria interna rispetto a quella esterna:

$$\Delta Ci = Cin - Cest \ [mg/m3]$$

con:

Cin = valore del singolo COV dell'aria interna [mg/m3];

Cest = valore del singolo COV dell'aria esterna [mg/m3].

Nel caso la concentrazione esterna fosse uguale o maggiore di quella misurata all'interno, ai fini del calcolo il ΔCi viene assunto pari a 0 "zero".

Nel caso in cui la concentrazione esterna sia inferiore al limite di quantificazione del metodo, nel calcolo si inserisce un valore pari a metà del limite di quantificazione.

Nel caso in cui la concentrazione puntuale interna per un singolo inquinante sia superiore al rispettivo valore guida, analizzare la problematica e rimuovere le cause, ripetendo successivamente la misurazione.

4. Per ogni inquinante "i", calcolare l'incremento medio dell'appartamento (ΔCmi) come media dei risultati dei campioni effettuati all'interno dello stesso appartamento

$$\Delta Cmi = \Sigma(\Delta Ci) / \Sigma ni$$

Con Σ ni = numero totale delle misure.

Calcolare l'indice medio della sostanza "i" (Ki) come rapporto tra la concentrazione media ΔCmi della sostanza "i" e il rispettivo valore guida VG_i.

$K_i = \Delta Cmi/VG_i$

Effettuare la sommatoria degli indici determinati per ogni sostanza per calcolare l'indice dell'appartamento Ka.

$K_a = \Sigma K_i$

Nel caso in cui la sommatoria K_a sia maggiore di 1 identificare le cause, rimuoverle ed effettuare una misurazione successiva.

Indice dell'edificio K_b è pari all'indice dell'abitazione maggiore

Sulla base del risultato della sommatoria è possibile definire la scala di prestazione dell'edificio secondo la seguente tabella:

indice dell'edificio K_b	**Scala di prestazione**
< 0,1	5
0,1 e 0,3	3
0,3 – 0,5	0
0,5 – 1	-1

VALUTAZIONE DEI RISULTATI PER IL TRICLOROETILENE

La concentrazione di tricloroetilene indoor deve essere in tutti i campioni inferiore a 0,001 mg/m3. Nel caso risultassero campioni con concentrazioni superiori a 0,001 mg/3, analizzare la problematica e rimuovere le cause, ripetendo successivamente la misurazione.

FASE DI ESERCIZIO

ESIGENZA:

Garantire valori di alcuni COV scelti come traccianti (Benzene, Toluene, Stirene, Tetracloroetilene e Tricloroetilene) entro valori ritenuti accettabili. Questa scheda è applicabile solo in fase di esercizio.

Le concentrazioni di COV sono pesate attraverso uno specifico monitoraggio esterno effettuato contestualmente e in prossimità dell'edificio. Per i COV selezionati, sono identificati alcuni valori guida utilizzando le indicazioni definite dalla normativa italiana, dall'OMS o valori guida identificati in altre nazioni.

VG_i = valore guida della i-esima sostanza

Elenco valore guida

Sostanza	VG_i
Benzene	0,005 mg/m3
Toluene	0,260 mg/m3
Stirene	0,260 mg/m3
Tetracloroetilene	0,250 mg/m3
Tricloroetilene	0,002 mg/m3

STRATEGIA DI MONITORAGGIO

la strategia di monitoraggio (scelta del metodo di prelievo e analisi, tempi di campionamento, numero di misure, ecc.), viene definita in coerenza con la necessità di misurare concentrazioni medie per una esposizione di lungo periodo. In fase di esecuzione del campionamento, andrà redatta apposita e dettagliata scheda su diversi parametri che possono influenzare i livelli di COV (numero di persone, fumo di sigaretta, arredi, utilizzo di colle e solventi, vernici, ecc.).

MODALITÀ DI SCELTA DEGLI ALLOGGI DA MONITORARE (CAMPIONE RAPPRESENTATIVO)

MONITORAGGIO RAPPRESENTATIVO. È richiesta una selezione di un campione rappresentativo non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio e comunque non meno di due alloggi. Nel caso ci siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, occorre individuare almeno una unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili le dimensioni degli ambienti, le caratteristiche del sistema di aerazione (p.e. dimensioni e numero di finestre) e, se presente, dell'impianto di ventilazione.

MONITORAGGIO SPECIFICO. Laddove il monitoraggio venga eseguito per una analisi specifica relativa ad una o più unità immobiliari, le misure saranno effettuate in tutte le unità per le quali è necessaria una valutazione.

SCELTA DEI LOCALI

Monitoraggio rappresentativo. Il monitoraggio verrà effettuato nei locali di minor cubatura (ad esclusione dei locali ad uso servizi).

Monitoraggio specifico. Il monitoraggio verrò eseguita in tutti i locali e nelle circostanze per i quali è necessaria la valutazione. È possibile effettuare una valutazione della situazione peggiore, se identificabile.

CONDIZIONI DEI LOCALI

Prima dell'effettuazione del monitoraggio, è necessario prevedere una fase di circa 15 minuti di apertura di tutte le porte e le finestre (se apribili) per permettere un ricambio d'aria naturale. Successivamente, i locali devono rimanere chiusi per almeno un giorno, al fine di raggiungere le condizioni massime e a regime. Il successivo monitoraggio va effettuato mantenendo porte e finestre chiuse. Nel caso sia disponibile un sistema di ventilazione, questo deve essere mantenuto in funzione sia nella fase di preparazione del locale, sia in fase di monitoraggio.

POSIZIONAMENTO, TIPOLOGIA E NUMERO DI MISURE

Il campionamento va effettuato su treppiede o analogo sistema di posizionamento che permetta di posizionare il punto di prelievo al centro del locale e ad un'altezza di circa 1,5 metri dal pavimento.

Il metodo di prelievo e di analisi dovrà essere scelto in funzione della necessità di poter quantificare le seguenti concentrazioni minime.

Benzene 0,001 mg/m3

Toluene 0,002 mg/m3

Stirene 0,002 mg/m3

Tetracloroetilene 0,002 mg/m3

Tricloroetilene 0,002 mg/m3

Si ritengono possibili diverse procedure di monitoraggio, quali ad esempio l'utilizzo di campionatori diretti (campionatore tipo "canister" munito di riduttore di flusso), campionatori attivi (con una durata di prelievo di almeno 4 ore) o campionatori di tipo passivo (con una durata di prelievo di almeno un giorno).

Non è necessario che le misure siano effettuate tutte nella stessa giornata. Deve essere sempre fatto almeno un prelievo esterno contemporaneamente ai campioni interni. Se possibile vanno valutate condizioni climatiche differenti, privilegiando condizioni di temperature maggiori in relazione alla temperatura esterna o, nella stagione invernale, con impianti di riscaldamento in funzione. In ogni caso, la temperatura dei locali non deve essere inferiore ai 20°C.

I campioni per unità immobiliare rappresentativa devono essere almeno 3 e devono essere scelti tre locali differenti, sempre tra quelli a minor cubatura. Se non sono presenti tre locali, le misure verranno ripetute nei locali disponibili.

Laddove l'edificio sia costituito da una sola unità immobiliare, verranno effettuati almeno 6 prelievi.

RIEPILOGO CONDIZIONI DI MONITORAGGIO	**Assenza di ventilazione**	**Presenza di ventilazione**
Condizioni dell'appartamento	Prima dell'effettuazione della misura, l'appartamento deve essere arieggiato per 15 minuti (porte e finestre aperte) e poi rimanere chiuso per almeno 1 giorno. Il campionamento deve essere effettuato con porte e finestre chiuse.	Prima dell'effettuazione della misura, l'appartamento deve essere arieggiato per 15 minuti (porte e finestre aperte) e poi rimanere chiuso per almeno 1 giorno, con il sistema di ventilazione in funzione. Il campionamento deve essere effettuato con porte e finestre chiuse, con ventilazione in funzione.
Numero minimo di postazioni per appartamento	3 postazioni di misura	3 postazioni di misura
Durata dei prelievi	Da 4 ore ad alcuni giorni	Da 4 ore ad alcuni giorni
Posizionamento	Centro del locale, su treppiede a circa 1,5 m di altezza	Centro del locale, su treppiede a circa 1,5 m di altezza

VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue.

1. Misurare la concentrazione di ogni inquinante all'interno degli ambienti principali selezionati come campione.

2. Misurare la concentrazione di ogni inquinante all'esterno, con la stessa metodica di prelievo e analisi utilizzata per l'indoor. Il campionamento va effettuato possibilmente in prossimità dell'edificio. Sono da evitare posizioni di misura in corrispondenza dell'espulsione dell'impianto di ventilazione o in prossimità di aree esterne con probabile concentrazione elevata di COV maggiori (ad esempio garage o in prossimità della strada). E' importante che la misurazione dei COV all'esterno sia svolta nel medesimo periodo di tempo in cui è effettuato il monitoraggio interno.

3. Per ogni inquinante "i", rilevare per ogni misura l'incremento (ΔCi) dell'aria interna rispetto a quella esterna:

$$\Delta Ci = Cin - Cest \ [mg/m3]$$

con:

Cin = valore del singolo COV dell'aria interna dell'ambiente [mg/m3];

Cest = valore del singolo COV dell'aria esterna [mg/m3].

Nel caso in cui la concentrazione puntuale interna per un singolo inquinante sia superiore al rispettivo valore guida, analizzare la problematica e rimuovere le cause, ripetendo successivamente la misurazione.

(NOTA1: Nel caso di 6 o più misure per unità immobiliare, il livello per ogni singolo COV si considera non accettabile se la probabilità di superare la concentrazione di riferimento del valore guida è maggiore del 5%. In tale situazione si deve rianalizzare la problematica e rimuovere le cause, ripetendo successivamente la misurazione.).

4. Per ogni inquinante "i", calcolare l'incremento medio dell'intero edificio (ΔCmi) come media dei risultati

$$\Delta Cmi = \Sigma(\Delta Ci\ ) / \Sigma\ ni$$

Con Σ ni = numero totale delle misure.

Calcolare l'indice medio della sostanza "i" (Ki) come rapporto tra la concentrazione media ΔCmi della sostanza "i" e il rispettivo valore guida VGi.

$$Ki = \Delta Cmi/VGi$$

Effettuare la sommatoria degli indici determinati per ogni sostanza per calcolare l'indice dell'edificio Kb.

$Kb = \Sigma Ki$

AVVERTENZA: La sommatoria Kb deve essere inferiore a 1. Nel caso il valore sia maggiore di 1, identificare le cause, rimuoverle ed effettuare un'altra valutazione.

Sulla base del risultato della sommatoria è possibile definire la scala di prestazione secondo la seguente tabella:

(NOTA 2: si tratta di una prima ipotesi, in quanto le varie classi andranno definiti nel dettaglio sulla base dei risultati dei monitoraggi da effettuare in alcune abitazioni in fase di collaudo: validazione).

indice dell'edificio K_b	**Scala di prestazione**
< 0,1	5
0,1 e 0,3	3
0,3 – 0,5	0
0,5 – 1	-1

Bibliografia di riferimento

- EN ISO 16000: 2006. Inquinamento atmosferico interno - strategie di campionamento e specifiche di prova.
- ISS Strategie di monitoraggio dei composti organici volatili (COV) in ambiente indoor.
- UNI EN 689:2018: Esposizione nei luoghi di lavoro - Misurazione dell'esposizione per inalazione agli agenti chimici - Strategia per la verifica della conformità coi valori limite di esposizione occupazionale.
- Le tétrachloroéthylène" a cura di Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail . Edition scientifique • Air et agents chimiques • Janvier 2010
- "Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur Le toluene Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective. Juillet 2018" AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.
- "Le trichloroéthylène" Afsset · RAPPORT « Proposition de VGAI : TCE » a cura di Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail . Edition scientifique • Air et agents chimiques • Septembre 2009.
- WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutant shttp://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf

QUALITA' AMBIENTALE INDOOR	COLLAUDO	D1.11
	ESERCIZIO	

Qualità dell'aria

Concentrazione di formaldeide

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D1 Qualità dell'aria	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire un livello soddisfacente di qualità dell'aria indoor per prevenire effetti irritativi e limitare gli eventuali effetti cancerogeni.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Indice di categoria della qualità dell'aria interna in grado di pesare i livelli interni di formaldeide.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	< 0,0	-1
SUFFICIENTE	0,0	0
BUONO	3,0	3
OTTIMO	5,0	5

Metodo e strumenti di verifica

FASE DI COLLAUDO

ESIGENZA:

Garantire valori di formaldeide entro limiti accettabili. Questa scheda è applicabile solo in fase di collaudo.

Le concentrazioni di formaldeide in aria esterna sono ritenute trascurabili o comunque non significative rispetto ai valori misurabili in ambienti indoor. Viene utilizzato come principale valore guida, la concentrazione definita dall'OMS pari a 0,100 mg/m^3 come valore massimo per ogni intervallo di 30 minuti[1] durante un giorno.

[1]" This value is thus considered valid for short-term (30-minute) duration, and this threshold should not be exceeded at any 30-minute interval during a day. Thus, a short-term (30-minute) guideline of 0.1 mg/m3 is recommended as preventing sensory irritation in the general population". -WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants

Al fine di identificare ulteriori soglie di riferimento, si segnalano i valori francesi di proposti dall'AFSSET di valore guida per l'ambiente indoor per l'esposizione di breve durata (2 ore) di 0,050 mg/m3 e di lungo periodo di 0,010 mg/m3.

STRATEGIA DI MONITORAGGIO

la strategia di monitoraggio (scelta del metodo di prelievo e analisi, tempi di campionamento, numero di misure, ecc.), deve essere definita in funzione della necessità di confronto con un limite definito su un "breve periodo" pari a 30 minuti. Si ritiene che l'utilizzo di tempi di prelievo superiori ai 30 minuti debba essere valutata tenendo conto che potrebbero non evidenziare eventuali oscillazioni della concentrazione di aldeide formica in aria. Tali prelievi attivi o passivi possono essere utilizzati per integrare le concentrazioni misurate con campionamenti di "breve periodo" e non sono in alcun caso sostitutivi alle prove effettuate con misure di 30 minuti.

MODALITÀ DI SCELTA DEGLI ALLOGGI DA MONITORARE (CAMPIONE RAPPRESENTATIVO)

È richiesta una selezione di un campione rappresentativo non inferiore al 20% delle unità immobiliari da testare che compongono l'intero edificio e comunque non meno di due alloggi. Nel caso ci siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, occorre individuare almeno una unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili le dimensioni degli ambienti, le caratteristiche del sistema di aerazione (p.e. dimensioni e numero di finestre) e, se presente, dell'impianto di ventilazione.

SCELTA DEI LOCALI

Per le unità immobiliari scelte come campione rappresentativo, il monitoraggio verrà effettuato nei locali di minor cubatura e di normale permanenza dei residenti, escludendo quindi i locali ad uso servizio, ripostiglio, eventuali nicchie e le aree di passaggio.

CONDIZIONI DEI LOCALI

Prima dell'effettuazione del monitoraggio, è necessario che l'abitazione raggiunga una situazione "standard" ottenibile aprendo per circa 15 minuti tutte le porte e le finestre (se apribili) per permettere un ricambio d'aria naturale e poi chiudendo porte e finestre dell'alloggio per almeno un giorno, al fine di raggiungere le condizioni massime e a regime. Il successivo monitoraggio va effettuato mantenendo sempre porte e finestre chiuse. Nel caso sia disponibile un sistema di ventilazione, questo deve essere mantenuto in funzione sia nella fase di preparazione del locale, sia in fase di monitoraggio.

POSIZIONAMENTO, TIPOLOGIA E NUMERO DI MISURE

Il campionamento va effettuato su treppiede o analogo sistema di posizionamento che permetta di posizionare il punto di prelievo al centro del locale e ad un'altezza di circa 1,5 metri dal pavimento.

Il metodo di prelievo e di analisi dovrà essere scelto in funzione della necessità di poter quantificare concentrazioni minime di formaldeide pari o inferiori a 0,010 mg/m3.

Non è necessario che le misure siano effettuate tutte nella stessa giornata. È consigliabile l'effettuazione di almeno un prelievo esterno contemporaneamente ai campioni interni. Se possibile vanno valutate condizioni climatiche differenti, privilegiando condizioni di temperature maggiori in relazione alla temperatura esterna o, nella stagione invernale, con impianti di riscaldamento in funzione. In ogni caso, la temperatura dei locali non deve essere inferiore ai 20°C.

Nel caso di assenza di ventilazione, i campioni per unità immobiliare rappresentativa devono essere almeno 3 e devono essere scelti tre locali differenti, sempre tra quelli a minor cubatura. Se non sono presenti tre locali, le misure verranno ripetute nei locali disponibili In caso di presenza di ventilazione, si ritiene sufficiente effettuare due campioni per unità immobiliare rappresentativa.

La durata di prelievo deve essere di circa 30 minuti. È possibile effettuare misure di maggior durata e sino ad un massimo di due ore, nel caso sia necessario per poter quantificare concentrazioni inferiori a 0,010 mg/m3. L'utilizzo di campionatori passivi con un monitoraggio di durata comprensiva di più giorni può essere effettuato ad integrazione delle misure di breve durata, ma non è sostitutivo di queste.

RIEPILOGO CONDIZIONI DI MONITORAGGIO	**Assenza di ventilazione**	**Presenza di ventilazione**
Condizioni dell'appartamento	Prima dell'effettuazione della misura, l'appartamento deve essere arieggiato per 15 minuti (porte e finestre aperte) e poi rimanere chiuso per almeno 1 giorno. Il campionamento deve essere effettuato con porte e finestre chiuse.	Prima dell'effettuazione della misura, l'appartamento deve essere arieggiato per 15 minuti (porte e finestre aperte) e poi rimanere chiuso per almeno 1 giorno, con il sistema di ventilazione in funzione. Il campionamento deve essere effettuato con porte e finestre chiuse, con ventilazione in funzione.
Numero minimo di postazioni per appartamento	3 postazioni di misura	2 postazioni di misura
Numero minimo di misure per postazione	Una misura per postazione	Una misura per postazione
Durata dei prelievi	Da trenta minuti a due ore (campionamento attivo). È possibile utilizzare campionamenti di tipo passivo per integrare i risultati.	Da trenta minuti a due ore (campionamento attivo). È possibile utilizzare campionamenti di tipo passivo per integrare i risultati.
Posizionamento	Centro del locale, su treppiede a circa 1,5 m di altezza	Centro del locale, su treppiede a circa 1,5 m di altezza

VALUTAZIONE DEI RISULTATI

1. Per ogni appartamento calcolare la concentrazione media Cma come media delle singole misure Ci espresse in mg/m^3 ed effettuate all'interno dello stesso appartamento.

$$Cma = \frac{\sum (C\,i)}{Ni}$$

C_i = concentrazione di formaldeide dell'i-esimo campione misurata nell'appartamento
C_{ma}= concentrazione media delle misure effettuate in un singolo appartamento
N_i= numero delle misure effettuate nell'appartamento

2. Per ogni appartamento, individuare l'indici di categoria Zi secondo la seguente tabella:

Concentrazione media di formaldeide	Indice di categoria dell'appartamento Z_{ia}
< 0,010	5
0,010 e 0,030	3
0,030 – 0,050	0
0,050 – 0,100	- 1

Tabella D1.11.a Relazione tra concentrazione di formaldeide e indice Z_i

Viene individuato l'indice Il valore Z_m riferito complessivamente all'edificio utilizzando il numero più alto tra gli Z_{ia}.

dove:
Z_{ia} = indice di categoria adimensionato dell'appartamento i-esimo
Z_m= indice di categoria adimensionato dell'edificio

3. Confrontare il valore dell'indice di categoria Z_m con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

4. Nel caso in cui anche una singola misura superi la concentrazione di 0,1 mg/m3 analizzare la problematica, identificare e rimuoverne le cause, ripetendo successivamente la misurazione.

FASE DI ESERCIZIO

ESIGENZA:
Garantire valori di formaldeide entro limiti accettabili. Questa scheda è applicabile solo in fase di esercizio.
Le concentrazioni di formaldeide in aria esterna sono ritenute trascurabili o comunque non significative rispetto ai valori misurabili in ambienti indoor. Viene utilizzato come principale valore guida, la concentrazione definita dall'OMS pari a 0,100 mg/m^3 come valore massimo per ogni intervallo di 30 minuti durante un giorno.
Al fine di identificare ulteriori soglie di riferimento, si segnalano i valori francesi di proposti dall'AFSSET di valore guida per l'ambiente indoor per l'esposizione di breve durata (2 ore) di 0,050 mg/m^3 e di lungo periodo di 0,010 mg/m^3.

STRATEGIA DI MONITORAGGIO

la strategia di monitoraggio (scelta del metodo di prelievo e analisi, tempi di campionamento, numero di misure, ecc.), deve essere definita in funzione della necessità di confronto con un limite definito su un “breve periodo” pari a 30 minuti. In fase di esecuzione del campionamento, andrà redatta apposita e dettagliata scheda su diversi parametri che possono influenzare i livelli di formaldeide (numero di persone, fumo di sigaretta, arredi, ecc.) L’utilizzo di tempi di prelievo superiori ai 30 minuti[2] deve essere valutata con estrema cautela in quanto possono non evidenziare eventuali oscillazioni della concentrazione di aldeide formica in aria.

MODALITÀ DI SCELTA DEGLI ALLOGGI DA MONITORARE (CAMPIONE RAPPRESENTATIVO)

MONITORAGGIO RAPPRESENTATIVO. Nel caso la necessità sia legata ad una valutazione generale dell’edificio in fase di esercizio, è richiesta una selezione di un campione rappresentativo non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l’intero edificio e comunque non meno di due alloggi. Nel caso ci siano tipologie distributive ricorrenti nell’edificio, occorre individuare almeno una unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili le dimensioni degli ambienti, le caratteristiche del sistema di aerazione (p.e. dimensioni e numero di finestre) e, se presente, dell’impianto di ventilazione.

MONITORAGGIO SPECIFICO. Laddove il monitoraggio venga eseguito per una analisi specifica relativa ad una o più unità immobiliari, le misure saranno effettuate in tutte le unità per le quali è necessaria una valutazione.

SCELTA DEI LOCALI

Monitoraggio rappresentativo. Il monitoraggio verrà effettuato nei locali di minor cubatura (ad esclusione dei locali ad uso servizi).

Monitoraggio specifico. Il monitoraggio verrò eseguita in tutti i locali e nelle circostanze per i quali è necessaria la valutazione. È possibile effettuare una valutazione della situazione peggiore, se identificabile.

CONDIZIONI DEI LOCALI

Prima dell’effettuazione del monitoraggio, è necessario prevedere una fase di circa 15 minuti di apertura di tutte le porte e le finestre (se apribili) per permettere un ricambio d’aria naturale. Successivamente, i locali devono rimanere chiusi per almeno un giorno, al fine di raggiungere le condizioni massime e a regime. Il successivo monitoraggio va effettuato mantenendo porte e finestre chiuse. Nel caso sia disponibile un sistema di ventilazione, questo deve essere mantenuto in funzione sia nella fase di preparazione del locale, sia in fase di monitoraggio.

POSIZIONAMENTO, TIPOLOGIA E NUMERO DI MISURE

Il campionamento va effettuato su treppiede o analogo sistema di posizionamento che permetta di posizionare il punto di prelievo ad un’altezza di circa 1,5 metri dal pavimento e, dove possibile, al centro del locale.

Il metodo di prelievo e di analisi dovrà essere scelto in funzione della necessità di poter quantificare concentrazioni minime di formaldeide pari o inferiori a 0,010 mg/m^3. La durata del prelievo andrà valutata in funzione della tipologia di ventilazione disponibile. In assenza di ventilazione, il campionamento dovrà essere necessariamente attivo e con una durata compatibile con un periodo di riferimento di 30 minuti.

2 This value is thus considered valid for short-term (30-minute) duration, and this threshold should not be exceeded at any 30-minute interval during a day. Thus, a short-term (30-minute) guideline of 0.1 mg/m3 is recommended as preventing sensory irritation in the general population”. -WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants

Non è necessario che le misure siano effettuate tutte nella stessa giornata. Se possibile vanno valutate condizioni differenti (per arredo, affollamento, presenza di fumatori) e situazione climatica (nella stagione invernale, con impianti di riscaldamento in funzione). In ogni caso, la temperatura dei locali non deve essere inferiore ai 20°C.

I campioni per unità immobiliare rappresentativa devono essere almeno 3 e devono essere scelti tre locali differenti. Se non disponibili, verranno ripetute le misure nei locali disponibili.

Laddove l'edificio sia costituito da una sola unità immobiliare, verranno effettuati almeno 6 prelievi.

RIEPILOGO CONDIZIONI DI MONITORAGGIO	Monitoraggio rappresentativo	Monitoraggio specifico
Condizioni dell'appartamento	Prima dell'effettuazione della misura, l'appartamento deve essere arieggiato per 15 minuti (porte e finestre aperte) e poi rimanere chiuso per almeno 1 giorno. Il campionamento deve essere effettuato con porte e finestre chiuse.	Prima dell'effettuazione della misura, l'appartamento deve essere arieggiato per 15 minuti (porte e finestre aperte) e poi rimanere chiuso per almeno 1 giorno. Il campionamento deve essere effettuato con porte e finestre chiuse.
Numero minimo di postazioni per appartamento	3 postazioni di misura	3 postazioni di misura
Numero minimo di misure per postazione	Effettuare almeno 3 misure per postazione	Effettuare almeno 3 misure per postazione
Durata dei prelievi	Trenta minuti (campionamento attivo).	Trenta minuti (campionamento attivo).
Posizionamento	Su treppiede a circa 1,5 m di altezza e, se possibile, centro del locale.	Su treppiede a circa 1,5 m di altezza e, se possibile, centro del locale.

VALUTAZIONE DEI RISULTATI

1. Assegnare ad ogni misura l'indice numerico di categoria Zi secondo la seguente tabella:

(NOTA2: si tratta di una prima ipotesi, in quanto le varie classi andranno definiti nel dettaglio sulla base dei risultati dei monitoraggi da effettuare in alcune abitazioni in fase di esercizio: validazione).

Concentrazione di formaldeide [mg/m3]	Indice di categoria Z_i
< 0,010	5
0,010 e 0,030	3
0,030 – 0,050	0
0,050 – 0,100	- 1

Tabella D1.11.b Relazione tra concentrazione di formaldeide e indice Zi per la i esima misura.

Nel caso di un superamento puntuale del valore di 0,100 mg/m3 analizzare la problematica al fine di

identificare possibili soluzioni. Successivamente, si possono ripetere le misure per verificare l'efficacia degli interventi.

(NOTA3: Nel caso di 6 o più misure per unità immobiliare, il livello di formaldeide si considera non accettabile se la probabilità di superare la concentrazione di riferimento di 0,100 mgm^3. In tale situazione si deve analizzare la problematica al fine di identificare possibili soluzioni. Successivamente, si possono ripetere le misure per verificare l'efficacia degli interventi.).

Calcolare il valore Z_m riferito complessivamente all'edificio come media pesata degli indici Z_i per il numero delle misure N_i che ricadono all'interno del singolo indice di categoria Z_i

$$Zm = \frac{\sum (Zi \cdot N\, i)}{\sum Ni}$$

dove:
Z_i = indice di categoria adimensionato della misura i-esima
N_i = numero di misure che ricadono all'interno di ognuno degli indici di categoria Zi

4. Confrontare il valore medio dell'indice di categoria Zm con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Bibliografia di riferimento

- EN ISO 16000: 2006. Inquinamento atmosferico interno - strategie di campionamento e specifiche di prova.
- UNI EN ISO 16000-2:2006. Strategie di campionamento per la formaldeide.
- ISS Strategie di monitoraggio dei composti organici volatili (COV) in ambiente indoor.
- UNI EN 689:2018: Esposizione nei luoghi di lavoro - Misurazione dell'esposizione per inalazione agli agenti chimici - Strategia per la verifica della conformità coi valori limite di esposizione occupazionale.
- Valeurs guides de qualité d'air intérieur. Le formaldehyde. Avis de L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) Juillet 2007.
- WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf

QUALITA' AMBIENTALE INDOOR	COLLAUDO	D2.5
	ESERCIZIO	

Ventilazione

Ventilazione e qualità dell'aria

FASE DI COLLAUDO

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D2 Ventilazione	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire un livello soddisfacente di qualità dell'aria interna.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Categoria di qualità dell'aria in relazione alla portata di ventilazione e al numero di ricambi orari.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	Categoria IV di qualità dell'aria	-1
SUFFICIENTE	Categoria III di qualità dell'aria	0
BUONO	Categoria II di qualità dell'aria	3
OTTIMO	Categoria I di qualità dell'aria	5

Metodo e strumenti di verifica

In relazione alle categorie di qualità dell'aria individuate dalla UNI EN 16798-1, misurare il numero di ricambi d'aria n per gli ambienti principali dell'edificio (camere da letto, soggiorno, studio) dotati di ventilazione naturale e/o meccanica. Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare il numero di ricambi d'aria, n

Definire il numero di ricambi d'aria (n) adottando il metodo di misura con diluizione di gas tracciante secondo la norma UNI EN ISO 12569.

2. Misurare la portata d'aria specifica, Q (metodo alternativo)

In alternativa al punto 1, misurare la portata d'aria specifica (Q) adottando i metodi di misura riportati nella norma UNI EN 12599.

3. Assegnare il punteggio agli ambienti monitorati

Confrontare il numero di ricambi d'aria dell'ambiente i-esimo, oppure la portata di ventilazione, con le categorie di qualità dell'aria definite dalla norma UNI EN 16798-1; individuare la corrispondente categoria di qualità dell'aria e assegnare l'indice di categoria Z secondo la seguente tabella:

Categoria di qualità dell'aria	Numero di ricambi d'aria, n [vol/h]	Portata, Q [l/s x m² superficie utile]	Indice di categoria Z_i
Categoria I	0.7	0.49	5
Categoria II	0.6	0.42	3
Categoria III	0.5	0.35	0
Categoria IV	0.4	0.23	-1

Tabella D2.5.a Relazione tra categoria di qualità dell'aria (UNI EN 16798-1) e indice Z dell'ambiente i-esimo.

4. Assegnare il punteggio all'edificio

Calcolare il valore Zm riferito all'edificio come media pesata degli indici di categoria Zi assegnati agli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

ove:

Z_i = indice di categoria dell'ambiente i-esimo, [-];

$S_{u,i}$ = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m^2].

Confrontare il valore medio dell'indice di categoria Z_m con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Considerazioni sull'assegnazione del punteggio al criterio

Nel calcolo dell'indice Z_m (media pesata sulle superfici utili) il punteggio assegnato all'i-esimo ambiente monitorato viene esteso a tutti gli ambienti con uguali caratteristiche (dimensioni, involucro, esposizione) che si riscontrano nell'edificio ma che non sono stati oggetto di monitoraggio.

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura della velocità dell'aria con anemometro

La norma UNI EN 12599, consente di determinare la portata d'aria immessa dai terminali di un impianto di ventilazione meccanica misurando la velocità dell'aria in uscita mediante differenti metodologie (riassunte nella tabella seguente).

Strumento di misura	Grandezza misurata	Criticità nell'utilizzo in impianti VMC
1 - Anemometro e cono di misura (balometro)	Portata aria in m^3/h	- Non è possibile misurare bocchette di dimensioni superiori a quelle del cono (balometro) - Richiede preparazione specialistica
2 - Anemometro (a ventolina, a filo caldo) su terminale	Velocità aria in m/s	- Richiede calcoli per risalire alla portata - Richiede la rilevazione di più punti per ogni bocchetta - Richiede di conoscere con esattezza la superficie di passaggio della singola bocchetta - Scarsa precisione, dovuta alla ripetizione di più misure - Richiede preparazione specialistica
3 -Anemometro (a ventolino, a filo caldo) in condotto	Velocità aria m/s	- Richiede calcoli per risalire alla portata - Richiede la rilevazione di più punti per ogni condotto - Scarsa precisione, dovuta alla ripetizione di più misure - Richiede preparazione specialistica - Necessario praticare (e richiudere) fori di applicazione nel condotto

Tabella D2.5.b Strumenti e metodi di misura delle portate d'aria (UNI EN 12599).

Si ritiene che il metodo di misura n.2 che prevede la misura della velocità dell'aria sulla superficie dei terminali di mandata rappresenti, in questa fase, un buon compromesso tra semplicità di utilizzo e affidabilità del risultato.

La tecnica di misura n.2 indicata in tabella D2.5.b mediante anemometro (metodo delle aree uguali) consiste nel suddividere la sezione del terminale di mandata (o ripresa) in una serie di aree uguali al centro di ognuna delle quali effettuare la misura di velocità dell'aria, creando quindi un reticolo di punti misura. La velocità media associata alla superficie del terminale si potrà calcolare facendo la media aritmetica delle velocità medie rilevate in ciascuna area (ovvero in ciascun punto del reticolo). Il flusso d'aria in uscita da un diffusore possiede una forte disomogeneità spaziale a prescindere dalla presenza di una griglia di uscita. Ai fini della rappresentatività del risultato finale è pertanto importante controllare questo aspetto. Richiamando un criterio proposto nello Standard ASHRAE 111, la disomogeneità della distribuzione può essere valutata mediante la frazione di punti che forniscono un risultato inferiore ad 1/10 del valore massimo. Tale frazione non può essere superiore al 25% pena l'inaccettabilità della misura e quindi la necessità di incrementare il numero di punti di misura del reticolo.

Per approfondimenti e/o applicazione di metodi alternativi secondi criteri di precisione superiore a quello proposto si rimanda alla UNI EN 12599.

OSSERVAZIONI

La realizzazione di un impianto VMC dovrebbe essere accompagnata da una procedura di collaudo da parte dell'installatore in conformità alla norma UNI EN 12599:2012. La disponibilità del documento di collaudo semplificherebbe l'applicazione del criterio D2.5.

In assenza di un collaudo e in alternativa al metodo descritto si può proporre l'uso di dispositivi quali il misuratore meccanico a turbina da inserire sui condotti di ventilazione di un impianto VMC (solo se centralizzato). Questi dispositivi sono in grado di misurare in tempo reale la portata di ventilazione in (m3/h) e costituiscono parte integrante dell'impianto.

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio. Nel caso ci siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, individuare un'unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili le caratteristiche del sistema di aerazione (dimensioni e numero di finestre, griglie, aperture) e, se presente, le caratteristiche dell'impianto di ventilazione meccanica (portata, orario di funzionamento).

Per le unità immobiliari scelte come campione il monitoraggio può, eventualmente, limitarsi alle camere da letto (limiti più restrittivi secondo la UNI EN 16798-1:2019); nel caso di più camere da letto in una unità immobiliare, ripetere il monitoraggio in ogni camera.

Condizioni di misura

- In presenza di un sistema di ventilazione meccanica (p.e. sistema VMC), il monitoraggio deve essere svolto con l'impianto in funzione.
- Il collaudo del sistema VMC deve avvenire in condizioni di portata massima dell'impianto.
- La verifica deve essere condotta rispetto agli ambienti principali dell'edificio (ambienti abitativi destinati alla permanenza di persone: soggiorno, camere da letto/studio; la scelta della camera da letto rappresenta la più restrittiva).
- Le modalità di misura di portata devono essere conformi alla norma UNI EN 12599; le modalità di misura dei ricambi d'aria devono essere conformi alla norma UNI EN ISO 12569.
- Il valutatore deve prendere nota delle condizioni di misura (p.e. modalità di funzionamento di impianti di ventilazione/climatizzazione).

Requisiti degli strumenti di misura
Nelle tabelle seguenti sono riportate le caratteristiche principali di alcuni strumenti di misura.

Anemometro a filo caldo	
Campo di misura	0,01 ÷ 20 [m/s]
Risoluzione	0,01 [m/s]
Accuratezza	0 ÷ 0,5 [m/s]: ±0,05 [m/s] 0,5 ÷ 1,5 [m/s]: ±0,1 [m/s] >1,5 [m/s]: 4%

Anemometro a ventolino (Ø 16 mm)	
Campo di misura	0,6 ÷ 50 [m/s]
Risoluzione	0,1 [m/s]
Accuratezza	0,6 ÷ 40 [m/s]: (±0,2 [m/s] + 1% del v.l.) 40,1 ÷ 35 [m/s]: (±0,2 [m/s] + 2% del v.l.)

Anemometro a ventolino (Ø 100 mm)	
Campo di misura	0,2 ÷ 35 [m/s]
Risoluzione	0,01 [m/s]
Accuratezza	0,2 ÷ 20 [m/s]: (±0,1 [m/s] + 1,5% del v.l.) 20,01 ÷ 35 [m/s]: (±0,2 [m/s] + 1,5% del v.l.)

Normativa di riferimento

- UNI EN 16798-1:2019

Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6

- UNI CEN/TR 16798-2:2020

Prestazioni energetiche degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 2: Interpretazione dei requisiti della norma EN 16798-1 - Parametri di input ambientale interno per la progettazione e la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica (Modulo M1-6)

- UNI EN 12599:2012

Ventilazione per edifici - Procedure di prova e metodi di misurazione per la presa in consegna di impianti di ventilazione e di condizionamento dell'aria

- ASHRAE Standard 111:1988

Practices for Measurement, Testing, Adjusting and Balancing of Building Heating, Ventilation, Air-Conditioning and Refrigeration Systems.

FASE DI ESERCIZIO

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D2 Ventilazione	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire un livello soddisfacente di qualità dell'aria interna.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Categoria di qualità dell'aria in relazione all'incremento della concentrazione indoor di CO_2 rispetto all'aria esterna.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	Categoria IV di qualità dell'aria	-1
SUFFICIENTE	Categoria III di qualità dell'aria	0
BUONO	Categoria II di qualità dell'aria	3
OTTIMO	Categoria I di qualità dell'aria	5

Metodo e strumenti di verifica

In relazione alle categorie di qualità dell'aria individuate dalla UNI EN 16798-1, misurare la concentrazione di diossido di carbonio (CO^2) per gli ambienti principali dell'edificio (camere da letto, in quanto soggetta a criteri più restrittivi secondo la UNI EN 16798-1) dotati di ventilazione naturale e/o meccanica. Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare la concentrazione interna di CO^2

Misurare la concentrazione di CO^2 all'interno degli ambienti principali selezionati come campione. Calcolare la media dei valori acquisiti durante il monitoraggio.

2. Misurare la concentrazione esterna di CO^2

Misurare la concentrazione di CO^2 all'esterno, assicurandosi che la misurazione sia svolta nel medesimo periodo di tempo in cui è effettuato il monitoraggio interno. Calcolare la media dei valori acquisiti durante il monitoraggio.

3. Valutare l'incremento di CO^2 in ambiente

Per ogni ambiente, valutare l'incremento di CO^2 dell'aria interna rispetto a quella esterna con la seguente formula:

$\Delta C = C_{in} - C_{est}$ [ppm]

con:
ΔC = differenza di CO^2 [ppm];
C_{in} = valore medio di CO^2 dell'aria interna [ppm];
C_{est} = valore medio di CO^2 dell'aria esterna [ppm].

4. Assegnare il punteggio agli ambienti monitorati

Confrontare l'incremento di CO2 dell'ambiente i-esimo con le categorie di qualità dell'aria definite dalla norma UNI EN 16798-1, individuare la corrispondente categoria di qualità dell'aria e assegnare l'indice di categoria Z secondo la seguente tabella:

Categoria di qualità dell'aria	Incremento di CO_2 rispetto all'esterno [ppm]	Indice di categoria Z_i
Categoria I	≤ 380	5
Categoria II	≤ 550	3
Categoria III	≤ 950	0
Categoria IV	> 950	-1

Tabella D2.5.a Relazione tra categoria di qualità dell'aria (UNI EN 16798-1) e indice Z dell'ambiente i-esimo.

5. Assegnare il punteggio all'edificio

Calcolare il valore Zm riferito all'edificio come media pesata degli indici di categoria Zi assegnati agli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:
Z_i = indice di categoria dell'ambiente i-esimo, [-];
$S_{u,i}$ = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m2].

Confrontare il valore medio dell'indice di categoria Z_m con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Considerazioni sull'assegnazione del punteggio al criterio

Nel calcolo dell'indice Z_m (media pesata sulle superfici utili) il punteggio assegnato all'i-esimo ambiente monitorato viene esteso a tutti gli ambienti con uguali caratteristiche (dimensioni, involucro, esposizione) che si riscontrano nell'edificio ma che non sono stati oggetto di monitoraggio.

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura

Misurazione nel tempo della concentrazione di diossido di carbonio (CO_2) in ambienti scelti come campione con l'acquisizione simultanea della concentrazione di CO_2 in ambiente esterno.

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio. Nel caso ci siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, individuare un'unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili le dimensioni degli ambienti, le caratteristiche del sistema di aerazione (p.e. dimensioni e numero di finestre) e, se presente, dell'impianto di ventilazione meccanica.

Per le unità immobiliari scelte come campione il monitoraggio può limitarsi alle camere da letto (limiti più restrittivi secondo la UNI EN 16798-1:2019); nel caso di più camere da letto in una unità immobiliare, ripetere il monitoraggio in ogni camera.

Condizioni di misura

- Il monitoraggio deve essere svolto in un periodo di tempo compreso nella stagione invernale (da dicembre a febbraio) quando l'apertura di finestre è meno frequente (condizione più critica).
- Al fine di valutare in modo corretto lo scostamento della concentrazione interna di CO_2 rispetto all'aria esterna, è importante assicurare che la misurazione in esterno avvenga nel medesimo periodo di tempo in cui è effettuato il monitoraggio interno.
- Il monitoraggio deve avere durata non inferiore a 24 ore con acquisizione in continuo di un campione ogni 10 minuti (frequenza di acquisizione ≤ 600 s); un periodo notturno completo deve essere compreso nel monitoraggio. E' a discrezione del valutatore prolungare la durata del monitoraggio.
- è necessario che l'acquisizione avvenga nelle normali condizioni di utilizzo dell'ambiente pertanto il monitoraggio deve essere preventivamente concordato e pianificato in modo opportuno. Gli utenti devono essere istruiti in quanto il monitoraggio avviene in modalità "non-assistita"; evitare ambienti con un numero di occupanti superiore a quanto previsto in fase di progetto.
- In presenza di un sistema di ventilazione meccanica (p.e. sistema VMC), il monitoraggio deve essere svolto con l'impianto in funzione.
- Il valutatore (utente in quanto il monitoraggio è "non-assistito") deve prendere nota delle condizioni di misura (p.e. comportamento dell'utenza, modalità di funzionamento di impianti di ventilazione/climatizzazione); l'impiego di questionari soggettivi è auspicabile al fine di acquisire informazioni utili sul comportamento degli occupanti. Deve essere inoltre registrato il numero di utenti presenti nell'ambiente oggetto di valutazione durante l'esecuzione della misura.

Disposizione dei punti di misura

- Individuare almeno un punto di misura per ogni ambiente ad un'altezza dal pavimento compresa tra 1.1 m e 1.7 m (breathing zone; 1,5m secondo la UNI EN ISO 16000-26:2012) e a distanza superiore a 1 m da porte, finestre, griglie di ventilazione o di espulsione dell'aria e da ogni occupante se presente durante il test.
- Il punto di misura esterno all'edificio deve essere prossimo all'unità immobiliare in esame; evitare aree esterne che possono avere una concentrazione elevata di CO_2 (p.e. griglie di espulsione aria esausta, cavedi, garage).

Requisiti degli strumenti di misura

Si richiede l'impiego di sensori di CO_2 di tipo ad assorbimento di infrarosso (NDIR), dotati di sistema di acquisizione e registrazione dati (datalogger) per il monitoraggio in continuo nel tempo, con i seguenti requisiti minimi:

- range: 0 ÷ 5000 ppm
- incertezza: 50 ppm + 3% del valore letto
- risoluzione: 1 ppm

I sensori devono essere impiegati secondo le indicazioni fornite con lo strumento (p.e. condizioni ambientali operative, procedure di calibrazione). è richiesta una verifica periodica di taratura/calibrazione in laboratori accreditati (p.e. centri di taratura Accredia).

Il monitoraggio della CO2 deve essere affiancato dal monitoraggio delle condizioni termoigrometriche interne (datalogger con sensori di umidità relativa e temperatura dell'aria) per una maggiore comprensione degli andamenti registrati di CO2 in relazione al comportamento dell'utenza (p.e. apertura di finestre).

Normativa di riferimento

- UNI EN 16798-1:2019

Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6

- UNI CEN/TR 16798-2:2020

Prestazioni energetiche degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 2: Interpretazione dei requisiti della norma EN 16798-1 - Parametri di input ambientale interno per la progettazione e la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica (Modulo M1-6)

- UNI EN ISO 16000-26:2012

Aria in ambienti confinati - Parte 26: Strategia di campionamento per l'anidride carbonica (CO2)

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D2 Ventilazione	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Ridurre i livelli di radon negli ambienti di vita e di lavoro come strategia per ridurre il rischio del tumore polmonare.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Disponibilità della misura della concentrazione di attività *C* di radon.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE

	C (Bq/m³)	PUNTI
NEGATIVO	C ≥ 300	-1
SUFFICIENTE	100 ≤ C< 300	0
BUONO	70 ≤ C< 100	3
OTTIMO	C< 70	5

Metodo e strumenti di verifica

L'indicatore scelto è la concentrazione di attività di radon (come media annuale), che è la grandezza fisica che quantifica la presenza di radon in un determinato ambiente. Nel Sistema Internazionale l'unità di misura di tale grandezza è il Becquerel al metro cubo (Bq/m³). La richiesta di considerare la media annuale e non un valore spot misurato in un dato istante è motivato dal fatto che i livelli di radon sono soggetti ad importanti fluttuazioni sia giornaliere che stagionali. Trattandosi di una media annuale, la misura deve essere eseguita durante tutto il periodo o stimata a partire da misure sperimentali effettuate su periodi di tempo inferiori ma che coprono tutto l'intervallo richiesto. Il criterio della media annuale come riferimento per i valori di parametro indicati è d'altra parte stato seguito in analogia con la normativa vigente (D. Lgs. 230/95, Allegato I bis) che, pur non indicando livelli per la concentrazione del radon nelle abitazioni, ha stabilito un limite per i luoghi di lavoro, chiamato Livello d'Azione, e lo ha fissato in 500 Bq/m³, inteso come media annuale. Anche la Direttiva EURATOM 2013/59, che andrà a breve a modificare la legislazione nazionale prevede sempre che i Livelli di Riferimento siano intesi come media annuale.

Il criterio per l'assegnazione di punteggi fa riferimento ad alcuni ben precisi valori del parametro in questione, cioè il valore medio annuale della concentrazione di attività: 300 Bq/m³, è valore stabilito dalla Direttiva EURATOM 2013/59 come valore di riferimento sia per abitazioni che per i luoghi di lavoro; 100 Bq/m³, è il valore obiettivo suggerito da OMS (WHO) mentre 70 Bq/m³, è il valore medio della concentrazione di radon nelle abitazioni italiane e piemontesi.

Misurazioni effettuate su un periodo più breve possono tuttavia essere prese in considerazione, qualora

per vari motivi si ritenga non praticabile aspettare un anno prima di avere il responso. In tal caso però i valori di riferimento per l'attribuzione dei punteggi devono essere opportunamente ridotti per tener conto della possibilità che, tenendo conto dell'intero anno, vengano superati i valori di riferimento indicati, considerando un'esposizione annuale. Non è però possibile, in questo caso, assegnare tutti punteggi, ma si può comunque dare un criterio per escludere con ragionevole certezza il valore NEGATIVO nel caso di misure effettuate per un periodo di tempo inferiore all'anno, in particolare: misure semestrali, trimestrali e bimestrali. Il valore di concentrazione che assicura comunque un punteggio non NEGATIVO anche per misure brevi viene dunque ottenuto ipotizzando che nel tempo rimanente la concentrazione di attività sia pari a quella del 99-esimo percentile della distribuzione delle concentrazioni di radon delle abitazioni del Piemonte che, in base alla stima della distribuzione dei valori di concentrazione del radon, è valutabile attorno ai 350 Bq/m^3.

Nella seguente tabella sono pertanto riportati i valori di concentrazione di attività di radon misurati con misure brevi (bimestrali, trimestrali e semestrali) che assicurano con ragionevole certezza, anche in caso di misure più brevi di un anno, il rispetto del criterio C< 300 Bq/m3,, corrispondente a un punteggio NON NEGATIVO.

TABELLA I

Tempo di misura	Concentrazione di attività
Bimestrale	*C*< 50 Bq/m^3,
Trimestrale	*C*< 150 Bq/m^3,
Semestrale	*C*< 250 Bq/m^3,
Annuale	*C*< 300 Bq/m^3,

Una particolare criticità deve poi essere tenuta in considerazione quando si valutano le concentrazioni di radon in un'abitazione o in qualunque luogo indoor: il potenziale conflitto con interventi edilizi volti ad ottimizzare il risparmio energetico. La messa in opera di serramenti particolarmente efficienti sotto il profilo della dispersione del calore riducono infatti in modo drastico il tasso di ricambio dell'aria e perciò favoriscono l'accumulo del radon. Tale eventualità può essere limitata se l'abitazione rispetta alcune caratteristiche costruttive nell'interfaccia col suolo: la presenza di un vespaio ben aerato (anche solo naturalmente) è quasi sempre sufficiente a limitare a livelli molto bassi il tasso d'ingresso del radon, consentendo in tal modo di mantenere basse concentrazioni di radon negli ambienti di vita anche in presenza di bassi ricambi d'aria. Diversamente sono possibili alcuni specifici interventi (azioni di risanamento, anche effettuate in modo preventivo) volti a superare le criticità ed ottenere un ragionevole compromesso tra livelli di radon ed efficienza energetica.

In generale, sarebbe comunque una pratica da incoraggiare quella di implementare, per tutte le nuove costruzioni, l'adozione di tecniche costruttive che prevedano la presenza di vespai adeguatamente aerati, già predisposti per un eventuale inserimento, qualora necessario, di dispositivi di ventilazione artificiale.

Misure in fase di collaudo e in fase di esercizio

L'effettuazione di misure di radon, necessarie per la valutazione dell'indicatore di prestazione prescelto, cioè la concentrazione di attività in aria del radon stesso, espressa in Becquerel al metro cubo (Bq/m^3,) devono essere eseguite tenendo presente alcuni semplici accorgimenti. Mentre le modalità e le tecniche da impiegare sono brevemente descritte nel paragrafo successivo si dovranno seguire procedure e criteri

interpretativi leggermente diverse nel caso in cui la misura venga effettuata in fase di collaudo oppure in fase di esercizio.

Fase di collaudo

In questa fase dove l'abitazione è stata completata in tutti i suoi aspetti costruttivi ma non è ancora abitata, la misura dovrà essere eseguita installando i dispositivi di misura nei locali maggiormente significativi per l'esposizione avendo cura che tutti i serramenti siano perfettamente chiusi. In questi casi, la durate delle misure può essere ulteriormente ridotta fino al valore minimo di 1 mese, nel caso in cui si decida di seguire l'approccio della classificazione parziale (assegnazione di un punteggio NON NEGATIVO), mentre saranno sufficienti 6 mesi per dare una classificazione completa.

I criteri da seguire in questo caso sono specificati nella seguente Tabella II.

TABELLA II

Tempo di misura	Concentrazione di attività
Mensile	C< 150 Bq/m^3, - Classificazione parziale
Bimestrale	C< 250 Bq/m^3, - Classificazione parziale
Trimestrale	C< 300 Bq/m^3, - Classificazione parziale
Semestrale	Classificazione completa (vedi scheda)

Fase di esercizio

Si applicano i criteri definiti nella scheda

Linee guida per la misura del radon in ambienti residenziali

Le modalità di misura più idonee per la valutazione delle concentrazioni di radon in ambienti residenziali è la misura integrata effettuata con rivelatori passivi. Si tratta cioè di installare dispositivi passivi (dosimetri), cioè non alimentati con corrente elettrica, che sono in grado di registrare le radiazioni emesse dal radon in un determinato periodo di tempo (tempo di esposizione). Sono disponibili sul mercato diverse tecniche di misura. Una tra le più affidabili (e meno costose) è quella basata su rivelatori a tracce nucleari, che sfrutta la capacità, tipica di determinate tipologie di plastiche, di registrare il passaggio delle particelle alfa emesse dal radon e dai suoi prodotti di decadimento. Di seguito vengono brevemente presentate le modalità di impiego di tale tecnica.

Misure di radon con dosimetri a tracce nucleari - Misure annuali

Nel caso si debba determinare la media di concentrazione di attività radon annua occorre dividere il periodo annuale in due periodi consecutivi di sei mesi ciascuno, utilizzando, quindi, due dosimetri per ogni punto in cui si desidera quantificare la presenza di gas radon. I

I dosimetri necessari per il primo semestre di misura possono essere ritirati dall'interessato presso il laboratorio che fornisce il servizio oppure possono essere spediti al domicilio del cliente. I dosimetri sono confezionati in buste a tenuta, in modo da non essere esposti al radon durante il trasporto e lo stoccaggio. Tali dosimetri dovranno comunque essere esposti entro massimo due settimane dal ricevimento.

Trascorsi sei mesi il cliente deve inviare i dosimetri esposti al laboratorio, sostituendoli con altri, in modo da completare la misura annuale. La spedizione dei dosimetri esposto al laboratorio è a cura del cliente: può essere effettuata anche per posta ma deve essere effettuata nel più breve tempo possibile

(tipicamente 1-2 giorni) e, in ogni caso entro in 1 settimana al massimo dal termine dell'esposizione.

Il laboratorio fornirà il risultato delle analisi in termini di concentrazione media nei due periodi di misura e calcolerà a partire da essi la MEDIA ANNUALE come semplice media aritmetica dei due valori semestrali oppure tramite media pesata nel caso in cui i tempi delle due esposizioni differiscano in modo significativo (> 12 %).

Note tecniche sull'utilizzo dei dosimetri

Occorre verificare che sia assegnato un codice univoco numerico o alfanumerico per ogni locale e riportare il medesimo codice sull'etichetta del dosimetro. I dosimetri radon vengono inviati in un involucro a tenuta di radon, di solito opportunamente termosaldato.

Per l'esposizione procedere come segue:

1. Aprire con cura l'involucro termosaldato che contiene uno o più dosimetri facendo attenzione a non danneggiare i dosimetri ivi contenuti;

2. aprire i dosimetri solo al momento dell'impiego;

3. il dosimetro, una volta rimosso l'involucro protettivo termosaldato, diventa operativo (in figura 1 è mostrato, a titolo esemplificativo il dosimetro sviluppato da ARPA Piemonte):

4. Annotare sull'etichetta negli appositi spazi le date di inizio e fine posizionamento;

5. riportare il codice scelto per il locale sull'etichetta

Figura 1: Esempio di dosimetro a tracce (ARPA Piemonte). Utilizzando questa tipologia di dosimetri occorre fare attenzione che la busta trasparente in cui è contenuto il dosimetro NON venga danneggiata.

Criteri per l'installazione del dosimetro

Il dosimetro va posizionato:

1. ad una altezza dal pavimento di circa 1,5 m eventualmente appeso alle pareti o posato su un mobile o scrivania;
2. lontano dalle finestre e dalle porte;
3. lontano da fonti di calore e dalla luce diretta;
4. non al chiuso dentro armadi o cassetti;
5. prediligendo i locali maggiormente frequentati ed evitando se possibile bagni, corridoi, sottoscala dove la misura è meno significativa.

Linee Guida Relative ad Alcune Tipologie di Azioni di Risanamento

Nel caso in cui i livelli di radon risultassero superiori ai valori di riferimento proposti (in particolare superassero il valore di riferimento stabilito dalla Direttiva EURATOM 59/2013, cioè 300 Bq/m³), è opportuna l'effettuazione di azioni di risanamento atte a contenere i livelli di radon entro limiti più accettabili. Tali interventi sarebbero da considerarsi senz'altro obbligatori in caso di superamento del livello di riferimento di 300 Bq/m³, ma possono anche essere presi in considerazione per livelli inferiori, al fine di migliorare la classificazione dell'abitazione. Un tale approccio è anzi esplicitamente suggerito dall'OMS-WHO, anche per tutte quelle abitazioni che superano i 100 Bq/m³, il valore di riferimento proposto dall'OMS, dal momento che non c'è attualmente evidenza di un effetto soglia al di sotto del quale l'esposizione a una data concentrazione di radon può essere considerata intrinsecamente sicura.

Per il dettaglio di tali interventi si rimanda a pubblicazioni specializzate. La Linea Guida citata in bibliografia (pubblicata da APAT, ora ISPRA, in collaborazione con il sistema nazionale delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente) fornisce alcune indicazioni di massima, individuando le tecniche di risanamento più diffuse.

Riferimenti

- APAT, Linee Guida per le Misure di Radon in Ambienti Residenziali, Pubblicazione RTI CTN_AGF 4/2004
- APAT, Linee Guida Relative ad Alcune Tipologie di Azioni di Risanamento per la Riduzione dell'Inquinamento da Radon, RTI CTN_AGF 4/2005.
- Commissione Europea, Direttiva EURATOM 2013/59.
- ARPA Piemonte, La mappatura del radon in Piemonte, ISBN 978-88-7479-117-0, Rapporto ARPA Piemonte - Regione Piemonte, 2009.
- OMS-WHO, WHO HANDBOOK ON INDOOR RADON – A public health perspective, ISBN 978 92 4 154767 3, WHO, 2009.
- Raccomandazione del Sottocomitato Scientifico del progetto CCM "Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio del tumore polmonare in Italia", CCM-ISS, approvata il 10 novembre 2008.

QUALITA' AMBIENTALE INDOOR	COLLAUDO	D3.2
	ESERCIZIO	

Benessere termoigrometrico

Temperatura operativa nel periodo estivo

FASE DI COLLAUDO

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D3 Benessere termoigrometrico	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire un livello soddisfacente di comfort termico estivo in assenza di impianto di raffrescamento e ventilazione meccanica.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Indice di categoria del comfort termico.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	< 0,0	-1
SUFFICIENTE	0,0	0
BUONO	3,0	3
OTTIMO	5,0	5

Metodo e strumenti di verifica

La presente scheda si basa su criteri di valutazione del comfort termico di tipo adattivo (UNI EN 16798-1:2019), la cui applicazione è prevista in ambienti non dotati di impianti di climatizzazione estiva e ventilazione meccanica. In presenza dei suddetti impianti, si procede alla misurazione della temperatura operativa in ambiente a impianto spento (se è presente un impianto di raffrescamento a pavimento radiante il collaudo deve essere effettuato con impianto in funzione). In condizioni di sola ventilazione naturale la misurazione della temperatura operativa (top) consente di verificare le prestazioni dell'involucro edilizio in regime termico dinamico estivo, indipendentemente dalla presenza di impianti e occupanti.

Le misurazioni devono svolgersi durante il periodo estivo negli ambienti principali dell'edificio (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare la temperatura operativa interna

Misurare la temperatura operativa all'interno degli ambienti principali per un periodo di tempo non inferiore a 7 giorni durante il periodo estivo, con frequenza di campionamento ≤ 15 minuti.

Calcolare la media giornaliera della temperatura operativa per ogni giorno monitorato (top,m) e considerare solo la media con valore più alto (giorno più caldo del periodo esaminato).

In determinate condizioni al contorno, la temperatura operativa può essere approssimata con la misurazione della temperatura dell'aria (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

2. Misurare la temperatura dell'aria esterna

Misurare la temperatura dell'aria esterna, assicurandosi che la misurazione sia svolta nel medesimo periodo di tempo in cui è effettuato il monitoraggio della temperatura operativa per ogni ambiente scelto come campione.

Per l'applicazione del metodo di comfort adattivo, il monitoraggio della temperatura esterna deve precedere di almeno 7 giorni le misurazioni interne; pertanto è necessario acquisire un profilo di temperatura esterna non inferiore a 14 giorni (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

3. Valutare la temperatura di comfort secondo il metodo adattivo

Acquisito il profilo di temperatura esterna dell'aria, determinare la temperatura esterna continua media giornaliera (test,rm) secondo la formula riportata dalla UNI EN 16798-1:

$$test,rm = (test,_{d-1} + 0.8\ _{test,d-2} + 0.6\ _{test,d-3} + 0.5\ _{test,d-4} + + 0.4\ _{test,d-5} + 0.3\ _{test,d-6} + 0.2\ _{test,d-7}) / 3.8$$

dove:

$_{test,rm}$ = temperatura esterna continua media giornaliera [°C]
$_{test,d-1}$ = media giornaliera della temperatura aria esterna per il giorno precedente [°C]
$_{test,d-j}$ = media giornaliera della temperatura aria esterna per il j-esimo giorno precedente [°C]

Definita la temperatura esterna come test,rm , determinare la temperatura operativa ottimale o temperatura di comfort interna (tcomf) secondo la formula riportata dalla UNI EN 16798-1:

$$t_{comf} = 0.33 \bullet t_{est,rm} + 18.8$$

dove:

$_{tcomf}$ = temperatura di comfort interna [°C]
$_{test,rm}$ = temperatura esterna continua media giornaliera [°C]

4. Assegnare il punteggio agli ambienti monitorati

Per ogni ambiente scelto come campione determinare in valore assoluto la differenza di temperatura Δt tra la temperatura operativa dell'ambiente i-esimo misurata nel giorno più caldo (top,m,i) e la temperatura di comfort interna (tcomf) come definita al punto 3:

$$\Delta t_i = | t_{op,m,I} - t_{comf} |$$

dove:

Δt_i = scostamento dalla temperatura di comfort dell'ambiente i-esimo [°C]
t_{comf} = temperatura di comfort interna [°C]
$t_{op,m,i}$ = temperatura operativa dell'ambiente i-esimo [°C]

In relazione al valore di Δt_i calcolato per ciascun ambiente, individuare la corrispondente categoria di comfort termico secondo i limiti superiori e inferiori indicati dalla norma UNI EN 16798-1 e assegnare

Categoria di comfort	Scostamento dalla temperatura di comfort		Indice di categoria Z_i
	con $t_{op,m,i} < t_{comf}$	con $t_{op,m,i} > t_{comf}$	
Categoria I	$\Delta t_i \leq 3$ °C	$\Delta t_i \leq 2$ °C	5
Categoria II	$\Delta t_i \leq 4$ °C	$\Delta t_i \leq 3$ °C	3
Categoria III	$\Delta t_i \leq 5$ °C	$\Delta t_i \leq 4$ °C	0
Non classificato	$\Delta t_i > 5$ °C	$\Delta t_i > 4$ °C	-1

Tabella D3.2.a Relazione tra categoria di comfort termico (UNI EN 16798-1) e indice Z dell'ambiente i-esimo.

5. Assegnare il punteggio all'edificio

Calcolare il valore Z_m riferito all'edificio come media pesata degli indici di categoria Z_i assegnati agli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:
Z_i = indice di categoria dell'ambiente i-esimo, [-];
$S_{u,i}$ = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m²].

Confrontare il valore medio dell'indice di categoria Z_m con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Considerazioni sull'assegnazione del punteggio al criterio

Nel calcolo dell'indice Z_m (media pesata sulle superfici utili) il punteggio assegnato all'i-esimo ambiente monitorato viene esteso a tutti gli ambienti con uguali caratteristiche (dimensioni, involucro, esposizione) che si riscontrano nell'edificio ma che non sono stati oggetto di monitoraggio.

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura

Misurazione nel tempo della temperatura operativa (t_{op}) in ambienti scelti come campione con l'acquisizione

simultanea della temperatura dell'aria esterna ($t_{est,rm}$).

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio.

Per ogni unità immobiliare oggetto di campionamento svolgere il monitoraggio in almeno un ambiente abitativo, considerando destinazioni d'uso quali camere da letto e soggiorno.

Nel caso vi siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, individuare una unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili caratteristiche quali:

- orientamento degli ambienti;
- dimensioni e caratteristiche termofisiche dei componenti trasparenti e opachi;
- sistemi di schermatura mobili o fissi, se presenti;
- ostruzioni esterne, se presenti;
- sistemi o accorgimenti per la ventilazione naturale, se presenti.

Condizioni di misura

- Il monitoraggio della temperatura operativa interna (top) e della temperatura dell'aria esterna (test) deve essere svolto in un periodo di tempo compreso nella stagione estiva (giugno – agosto). Nel caso la fase di collaudo non avvenga in periodo estivo, è consentito il monitoraggio nelle stagioni intermedie (primavera, autunno) con valori registrati di temperatura esterna continua media giornaliera test,rm > 10 °C (UNI EN 16798-1).
- Il monitoraggio della top interna deve avere durata non inferiore a 7 giorni con acquisizione in continuo di un campione ogni 15 minuti (frequenza di acquisizione ≤ 900 s); è a discrezione del valutatore prolungare la durata del monitoraggio.
- Per una corretta valutazione della temperatura esterna continua media giornaliera (test,rm), il monitoraggio della temperatura dell'aria esterna deve precedere di almeno 7 giorni le misurazioni interne della top e coprire l'intera durata del monitoraggio interno. È consentito l'impiego di dati di temperatura esterna acquisiti da stazioni meteorologiche (p.e. stazioni di rilevamento ARPA) purché rappresentativi della località dove sorge l'edificio.
- In presenza di un impianto di ventilazione meccanica (p.e. sistema VMC) o di un impianto di raffrescamento negli ambienti, le misurazioni devono essere svolte a impianto spento per l'intera durata del monitoraggio interno.
- Il monitoraggio delle condizioni termiche interne deve avvenire in assenza di occupanti.
- È consentita la misurazione della sola temperatura dell'aria come approssimazione della temperatura operativa, purché l'ambiente non presenti ampie superfici termicamente eterogenee (p.e. superfici vetrate con scarso isolamento termico) e la velocità dell'aria risulti trascurabile (< 0.10 m/s).
- Si raccomanda di svolgere la misurazione dell'umidità relativa per l'intera durata del monitoraggio di temperatura operativa e/o di temperatura dell'aria, al fine di acquisire un profilo temporale completo delle condizioni termoigrometriche interne.
- Il valutatore deve prendere nota delle condizioni al contorno durante l'impostazione del monitoraggio.

Indicazioni specifiche sulla misurazione della temperatura operativa

La temperatura operativa (top) è un indice di temperatura derivato dalla misurazione diretta della temperatura dell'aria (ta) e della temperatura media radiante (tmr) secondo la relazione definita dalla norma UNI EN ISO 7726:

$$t_{op} = (t_a + t_{mr}) / 2 \qquad [°C]$$

La misurazione della temperatura media radiante (tmr) avviene per mezzo di un globotermometro o di un radiometro. La posizione di misura delle sonde deve corrispondere ai punti di misura individuati per la temperatura dell'aria. Si rimanda alla norma UNI EN ISO 7726 per una descrizione dettagliata sulle procedure di misura con globotermometro e radiometro.

Nel caso di edifici residenziali, una stima attendibile della temperatura operativa è data dalla misurazione della sola temperatura dell'aria, in quanto la velocità dell'aria è trascurabile in assenza di ventilazione meccanica (< 0.10 m/s) e lo scambio per irraggiamento è meno ricorrente rispetto ad altre tipologie di edifici.

Disposizione dei punti di misura

Per il monitoraggio della temperatura interna:

- Individuare almeno un punto di misura per ogni ambiente ad un'altezza dal pavimento compresa tra 0.6 m e 1.1 m (in corrispondenza dell'addome di una persona seduta o in piedi) al centro del locale (o in un punto prossimo al centro) o in un punto a distanza superiore a 1 m da pareti, finestre, griglie di aerazione.
- Nel caso di locali ampi (superficie calpestabile > 30 m²) individuare almeno 2 punti di misura in corrispondenza delle zone che verranno maggiormente utilizzate dall'utenza.
- Durante la misurazione della temperatura dell'aria, evitare di esporre il sensore termico alla radiazione solare o a scambi per irraggiamento (p.e. in prossimità di finestre o radiatori) e garantire un adeguato scambio convettivo tra il sensore e l'aria (p.e. evitare il posizionamento del sensore all'interno di arredi).

Per il monitoraggio della temperatura esterna:

- La sonda di temperatura deve essere posta sulla copertura dell'edificio o in una zona non a ridosso degli elementi di facciata. Nel caso sia possibile il posizionamento esterno solo in corrispondenza di balconi o aggetti, privilegiare l'esposizione a nord. Evitare posizioni vicine a sorgenti di calore o espulsione di aria calda.
- Evitare che il sensore termico sia esposto alla radiazione solare diretta; impiegare appositi schermi da apporre sul sensore, in riferimento alla norma UNI EN ISO 7726 e agli standard WMO (World Meteorological Organization).
- È consigliabile l'acquisizione dell'irradianza solare su piano orizzontale mediante l'impiego di un solarimetro o piranometro per l'intera durata del monitoraggio; è consentito l'impiego di dati climatici esterni acquisiti da stazioni meteorologiche (p.e. stazioni di rilevamento ARPA) purché rappresentativi della località dove sorge l'edificio.

Requisiti degli strumenti di misura

Per il monitoraggio in continuo nel tempo delle grandezze microclimatiche è necessario un sistema di acquisizione e registrazione dati (datalogger), preferibilmente con alimentazione elettrica autonoma (stand-alone) e con idonea capacità di memoria (almeno 10000 letture per canale).

Per la misurazione della temperatura dell'aria si richiede l'impiego di sensori termoelettrici (termoresistenze, termistori) con i seguenti requisiti minimi:

- range: -20 ÷ 60 °C
- incertezza: ±0.5 °C
- risoluzione: 0.1 °C

Per la misurazione dell'umidità relativa dell'aria si richiede l'impiego di sensori igrometrici (di tipo psicrometrico, a punto di rugiada, capacitivo) con i seguenti requisiti minimi:

- range: 10 ÷ 90 %

- incertezza: ±3%
- risoluzione: 0.1%

Per la misurazione della temperatura media radiante (globotermometro, radiometro) e della velocità dell'aria (termoanemometro) si richiede l'impiego di sonde con specifiche conformi a misure di comfort (classe C) indicate dalla UNI EN ISO 7726.

I sensori devono essere impiegati secondo le indicazioni fornite con lo strumento (p.e. condizioni ambientali operative, procedure di calibrazione). È richiesta una verifica periodica di taratura in laboratori accreditati (p.e. centri di taratura Accredia).

Schede tecniche della strumentazione utilizzata e certificati di calibrazione/taratura devono essere allegati alla documentazione del Protocollo di Collaudo.

FASE DI ESERCIZIO

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D3 Benessere termoigrometrico	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire un livello soddisfacente di comfort termico durante il periodo di condizionamento estivo.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Indice di categoria del comfort termico.	-	
SCALA DI PRESTAZIONE		
		PUNTI
NEGATIVO	< 0,0	-1
SUFFICIENTE	0,0	0
BUONO	3,0	3
OTTIMO	5,0	5

Metodo e strumenti di verifica

La presente scheda si basa su criteri di valutazione del comfort termico di tipo adattivo (UNI EN 16798-1:2019), la cui applicazione è prevista in ambienti non dotati di impianti di climatizzazione estiva e ventilazione meccanica. In presenza dei suddetti impianti, si procede alla misurazione della temperatura operativa in ambiente a impianto spento (se è presente un impianto di raffrescamento a pavimento radiante il collaudo deve essere effettuato con impianto in funzione). Le misurazioni devono svolgersi durante il periodo estivo negli ambienti principali dell'edificio (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare la temperatura operativa interna

Misurare la temperatura operativa all'interno degli ambienti principali e calcolare la media oraria per ogni giorno monitorato (top,m).

In determinate condizioni al contorno, la temperatura operativa può essere approssimata con la misurazione della temperatura dell'aria (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

2. Misurare la temperatura dell'aria esterna

Misurare la temperatura dell'aria esterna, assicurandosi che la misurazione sia svolta nel medesimo periodo di tempo in cui è effettuato il monitoraggio della temperatura operativa per ogni ambiente scelto come campione.

Per l'applicazione del metodo di comfort adattivo, il monitoraggio della temperatura esterna deve precedere di almeno 7 giorni le misurazioni interne.

3. Valutare la temperatura di comfort secondo il metodo adattivo

Acquisito il profilo di temperatura esterna dell'aria, determinare la temperatura esterna continua media giornaliera (test,rm) secondo la formula riportata dalla UNI EN 16798-1:

$$t_{est,rm} = (t_{est,d-1} + 0.8\ t_{est,d-2} + 0.6\ t_{est,d-3} + 0.5\ t_{est,d-4} + 0.4\ t_{est,d-5} + 0.3\ t_{est,d-6} + 0.2\ t_{est,d-7}) / 3.8$$

dove:

$t_{est,rm}$ = temperatura esterna continua media giornaliera [°C]
$t_{est,d-1}$ = media giornaliera della temperatura aria esterna per il giorno precedente [°C]
$t_{est,d-j}$ = media giornaliera della temperatura aria esterna per il j-esimo giorno precedente [°C]

Definita la temperatura esterna come $t_{est,rm}$, determinare la temperatura operativa ottimale o temperatura di comfort interna (t_{comf}) secondo la formula riportata dalla UNI EN 16798-1:

$$t_{comf} = 0.33 \bullet t_{est,rm} + 18.8$$

dove:

t_{comf} = temperatura di comfort interna [°C]
$t_{est,rm}$ = temperatura esterna continua media giornaliera [°C]

4. Valutare la percentuale di tempo associata a una determinata categoria di comfort

In relazione ai campioni di temperatura operativa (media oraria, top,m), per ciascun ambiente determinare in valore assoluto la differenza di temperatura Δt tra la temperatura operativa dell'ambiente i-esimo (top,m,i) e la temperatura di comfort interna (tcomf) per tutti i giorni in cui si è svolto il monitoraggio:

$$\Delta t_{i,j} = | t_{op,m,l,j} - tc_{omf,j} |$$

dove:

$\Delta t_{i,j}$ = scostamento dalla temperatura di comfort dell'ambiente i-esimo nel giorno j-esimo [°C]
$t_{comf,j}$ = temperatura di comfort interna nel giorno j-esimo [°C]
$t_{op,m,l,j}$ = temperatura operativa dell'ambiente i-esimo nel giorno j-esimo [°C]

In relazione al valore di Δti,j calcolato per ciascun ambiente, valutare la percentuale di tempo (numero di campioni) in cui le condizioni interne corrispondono a una determinata categoria di comfort termico secondo i limiti superiori e inferiori indicati dalla norma UNI EN 16798-1:

Categoria di comfort	Scostamento dalla temperatura di comfort		Indice di categoria Z_i
	con $t_{op,m,i} < t_{comf}$	con $t_{op,m,i} > t_{comf}$	
Categoria I	$\Delta t_i \leq 3$ °C	$\Delta t_i \leq 2$ °C	5
Categoria II	$\Delta t_i \leq 4$ °C	$\Delta t_i \leq 3$ °C	3
Categoria III	$\Delta t_i \leq 5$ °C	$\Delta t_i \leq 4$ °C	0
Non classificato	$\Delta t_i > 5$ °C	$\Delta t_i > 4$ °C	-1

Tabella D3.2.b Categorie di comfort termico nel periodo estivo (UNI EN 16798-1).

5. Assegnare il punteggio agli ambienti monitorati

In relazione alla percentuale di tempo (numero di campioni) raggiunta in ogni categoria di comfort, assegnare l'indice di categoria Zi a ciascun ambiente secondo la Tab. D3.2.b:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:
Z_i = indice di categoria dell'ambiente i-esimo, [-];
$S_{u,i}$ = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m^2].

Confrontare il valore medio dell'indice di categoria Z_m con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Considerazioni sull'assegnazione del punteggio al criterio

Nel calcolo dell'indice Z_m (media pesata sulle superfici utili) il punteggio assegnato all'i-esimo ambiente monitorato viene esteso a tutti gli ambienti con uguali caratteristiche (dimensioni, involucro, esposizione) che si riscontrano nell'edificio ma che non sono stati oggetto di monitoraggio.

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura

Misurazione nel tempo della temperatura operativa (t_{op}) in ambienti scelti come campione con l'acquisizione simultanea della temperatura dell'aria esterna ($t_{est,rm}$).

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio.

Per ogni unità immobiliare oggetto di campionamento svolgere il monitoraggio in almeno un ambiente abitativo, considerando destinazioni d'uso quali camere da letto e soggiorno.

Nel caso vi siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, individuare una unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili caratteristiche quali:

- orientamento degli ambienti;
- dimensioni e caratteristiche termofisiche dei componenti trasparenti e opachi;
- sistemi di schermatura mobili o fissi, se presenti;
- ostruzioni esterne, se presenti;
- sistemi o accorgimenti per la ventilazione naturale, se presenti.

Condizioni di misura

- Il monitoraggio della temperatura operativa interna (top) e della temperatura dell'aria esterna (test) deve essere svolto in un periodo di tempo compreso nella stagione estiva (giugno – agosto). Nel caso la fase di collaudo non avvenga in periodo estivo, è consentito il monitoraggio nelle stagioni intermedie (primavera, autunno) con valori registrati di temperatura esterna continua media giornaliera test,rm > 10 °C (UNI EN 16798-1).
- Il monitoraggio della top interna deve avere durata non inferiore a 7 giorni con acquisizione in continuo di un campione ogni 15 minuti (frequenza di acquisizione ≤ 900 s); è a discrezione del valutatore prolungare la durata del monitoraggio.
- Per una corretta valutazione della temperatura esterna continua media giornaliera (test,rm), il monitoraggio della temperatura dell'aria esterna deve precedere di almeno 7 giorni le misurazioni interne della top e coprire l'intera durata del monitoraggio interno. È consentito l'impiego di dati di temperatura esterna acquisiti da stazioni meteorologiche (p.e. stazioni di rilevamento ARPA) purché rappresentativi della località dove sorge l'edificio.
- In presenza di un impianto di ventilazione meccanica (p.e. sistema VMC) o di un impianto di raffrescamento negli ambienti, le misurazioni devono essere svolte a impianto spento per l'intera durata del monitoraggio interno.
- Il monitoraggio delle condizioni termiche interne deve avvenire in assenza di occupanti.
- È consentita la misurazione della sola temperatura dell'aria come approssimazione della temperatura operativa, purché l'ambiente non presenti ampie superfici termicamente eterogenee (p.e. superfici vetrate con scarso isolamento termico) e la velocità dell'aria risulti trascurabile (< 0.10 m/s).
- Si raccomanda di svolgere la misurazione dell'umidità relativa per l'intera durata del monitoraggio di temperatura operativa e/o di temperatura dell'aria, al fine di acquisire un profilo temporale completo delle condizioni termoigrometriche interne.
- Il valutatore deve prendere nota delle condizioni al contorno durante l'impostazione del monitoraggio.

Indicazioni specifiche sulla misurazione della temperatura operativa

La temperatura operativa (t_{op}) è un indice di temperatura derivato dalla misurazione diretta della temperatura dell'aria (t_a) e della temperatura media radiante (t_{mr}) secondo la relazione definita dalla norma UNI EN ISO 7726:

$$t_{op} = (t_a + t_{mr}) / 2 \qquad [°C]$$

La misurazione della temperatura media radiante (t_{mr}) avviene per mezzo di un globotermometro o di un radiometro. La posizione di misura delle sonde deve corrispondere ai punti di misura individuati per la temperatura dell'aria. Si rimanda alla norma UNI EN ISO 7726 per una descrizione dettagliata sulle

procedure di misura con globotermometro e radiometro.

Nel caso di edifici residenziali, una stima attendibile della temperatura operativa è data dalla misurazione della sola temperatura dell'aria, in quanto la velocità dell'aria è trascurabile in assenza di ventilazione meccanica (< 0.10 m/s) e lo scambio per irraggiamento è meno ricorrente rispetto ad altre tipologie di edifici.

Disposizione dei punti di misura

Per il monitoraggio della temperatura interna:

- Individuare almeno un punto di misura per ogni ambiente ad un'altezza dal pavimento compresa tra 0.6 m e 1.1 m (in corrispondenza dell'addome di una persona seduta o in piedi) al centro del locale (o in un punto prossimo al centro) o in un punto a distanza superiore a 1 m da pareti, finestre, griglie di aerazione.
- Nel caso di locali ampi (superficie calpestabile > 30 m^2) individuare almeno 2 punti di misura in corrispondenza delle zone che verranno maggiormente utilizzate dall'utenza.
- Durante la misurazione della temperatura dell'aria, evitare di esporre il sensore termico alla radiazione solare o a scambi per irraggiamento (p.e. in prossimità di finestre o radiatori) e garantire un adeguato scambio convettivo tra il sensore e l'aria (p.e. evitare il posizionamento del sensore all'interno di arredi).

Per il monitoraggio della temperatura esterna:

- La sonda di temperatura deve essere posta sulla copertura dell'edificio o in una zona non a ridosso degli elementi di facciata. Nel caso sia possibile il posizionamento esterno solo in corrispondenza di balconi o aggetti, privilegiare l'esposizione a nord. Evitare posizioni vicine a sorgenti di calore o espulsione di aria calda.
- Evitare che il sensore termico sia esposto alla radiazione solare diretta; impiegare appositi schermi da apporre sul sensore, in riferimento alla norma UNI EN ISO 7726 e agli standard WMO (World Meteorological Organization).
- È consigliabile l'acquisizione dell'irradianza solare su piano orizzontale mediante l'impiego di un solarimetro o piranometro per l'intera durata del monitoraggio; è consentito l'impiego di dati climatici esterni acquisiti da stazioni meteorologiche (p.e. stazioni di rilevamento ARPA) purché rappresentativi della località dove sorge l'edificio.

Requisiti degli strumenti di misura

Per il monitoraggio in continuo nel tempo delle grandezze microclimatiche è necessario un sistema di acquisizione e registrazione dati (datalogger), preferibilmente con alimentazione elettrica autonoma (stand-alone) e con idonea capacità di memoria (almeno 10000 letture per canale).

Per la misurazione della temperatura dell'aria si richiede l'impiego di sensori termoelettrici (termoresistenze, termistori) con i seguenti requisiti minimi:

- range: -20 ÷ 60 °C
- incertezza: ±0.5 °C
- risoluzione: 0.1 °C

Per la misurazione dell'umidità relativa dell'aria si richiede l'impiego di sensori igrometrici (di tipo psicrometrico, a punto di rugiada, capacitivo) con i seguenti requisiti minimi:

- range: 10 ÷ 90 %
- incertezza: ±3%
- risoluzione: 0.1%

Per la misurazione della temperatura media radiante (globotermometro, radiometro) e della velocità

dell'aria (termoanemometro) si richiede l'impiego di sonde con specifiche conformi a misure di comfort (classe C) indicate dalla UNI EN ISO 7726.

I sensori devono essere impiegati secondo le indicazioni fornite con lo strumento (p.e. condizioni ambientali operative, procedure di calibrazione). È richiesta una verifica periodica di taratura in laboratori accreditati (p.e. centri di taratura Accredia).

Schede tecniche della strumentazione utilizzata e certificati di calibrazione/taratura devono essere allegati alla documentazione del Protocollo di Collaudo.

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D3 Benessere termoigrometrico	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire un livello soddisfacente di comfort termico durante il periodo di condizionamento estivo.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Indice di categoria del comfort termico.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE		
		PUNTI
NEGATIVO	< 0,0	-1
SUFFICIENTE	0,0	0
BUONO	3,0	3
OTTIMO	5,0	5

Metodo e strumenti di verifica

La presente scheda si basa su criteri di valutazione del comfort termico di tipo adattivo (UNI EN 16798-1:2019), la cui applicazione è prevista in ambienti non dotati di impianti di climatizzazione estiva e ventilazione meccanica. In presenza dei suddetti impianti, si procede alla misurazione della temperatura operativa in ambiente a impianto spento (se è presente un impianto di raffrescamento a pavimento radiante il collaudo deve essere effettuato con impianto in funzione). Le misurazioni devono svolgersi durante il periodo estivo negli ambienti principali dell'edificio (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare la temperatura operativa interna

Misurare la temperatura operativa all'interno degli ambienti principali e calcolare la media oraria per ogni giorno monitorato ($t_{op,m}$).

In determinate condizioni al contorno, la temperatura operativa può essere approssimata con la misurazione della temperatura dell'aria (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

2. Misurare la temperatura dell'aria esterna

Misurare la temperatura dell'aria esterna, assicurandosi che la misurazione sia svolta nel medesimo periodo di tempo in cui è effettuato il monitoraggio della temperatura operativa per ogni ambiente scelto come campione.

Per l'applicazione del metodo di comfort adattivo, il monitoraggio della temperatura esterna deve precedere di almeno 7 giorni le misurazioni interne.

3. Valutare la temperatura di comfort secondo il metodo adattivo

Acquisito il profilo di temperatura esterna dell'aria, determinare la temperatura esterna continua media giornaliera (test,rm) secondo la formula riportata dalla UNI EN 16798-1:

$$t_{est,rm} = (t_{est,d-1} + 0.8\ t_{est,d-2} + 0.6\ t_{est,d-3} + 0.5\ t_{est,d-4} + + 0.4\ t_{est,d-5} + 0.3\ t_{est,d-6} + 0.2\ t_{est,d-7}) / 3.8$$

dove:

$t_{est,rm}$ = temperatura esterna continua media giornaliera [°C]
$t_{est,d-1}$ = media giornaliera della temperatura aria esterna per il giorno precedente [°C]
$t_{est,d-j}$ = media giornaliera della temperatura aria esterna per il j-esimo giorno precedente [°C]

Definita la temperatura esterna come test,rm , determinare la temperatura operativa ottimale o temperatura di comfort interna (tcomf) secondo la formula riportata dalla UNI EN 16798-1:

$$t_{comf} = 0.33 \bullet t_{est,rm} + 18.8$$

dove:

t_{comf} = temperatura di comfort interna [°C]
$t_{est,rm}$ = temperatura esterna continua media giornaliera [°C]

4. Valutare la percentuale di tempo associata a una determinata categoria di comfort

In relazione ai campioni di temperatura operativa (media oraria, $t_{op,m}$), per ciascun ambiente determinare in valore assoluto la differenza di temperatura Δt tra la temperatura operativa dell'ambiente i-esimo ($t_{op,m,i)}$ e la temperatura di comfort interna (t_{comf}) per tutti i giorni in cui si è svolto il monitoraggio:

$$\Delta t_{i,j} = | t_{op,m,l,j} - t_{comf,j} |$$

dove:

Δti,j = scostamento dalla temperatura di comfort dell'ambiente i-esimo nel giorno j-esimo [°C]
$t_{comf,j}$ = temperatura di comfort interna nel giorno j-esimo [°C]
$t_{op,m,l,j}$ = temperatura operativa dell'ambiente i-esimo nel giorno j-esimo [°C]

In relazione al valore di $\Delta t_{i,j}$ calcolato per ciascun ambiente, valutare la percentuale di tempo (numero di campioni) in cui le condizioni interne corrispondono a una determinata categoria di comfort termico secondo i limiti superiori e inferiori indicati dalla norma UNI EN 16798-1:

Categoria di comfort	Scostamento dalla temperatura di comfort	
	con $t_{op,m,i} < t_{comf}$	con $t_{op,m,i} > t_{comf}$
Categoria I	$\Delta t_i \leq 3$ °C	$\Delta t_i \leq 2$ °C
Categoria II	$\Delta t_i \leq 4$ °C	$\Delta t_i \leq 3$ °C
Categoria III	$\Delta t_i \leq 5$ °C	$\Delta t_i \leq 4$ °C
Non classificato	$\Delta t_i > 5$ °C	$\Delta t_i > 4$ °C

Tabella D3.2.b Categorie di comfort termico nel periodo estivo (UNI EN 16798-1).

5. Assegnare il punteggio agli ambienti monitorati

In relazione alla percentuale di tempo (numero di campioni) raggiunta in ogni categoria di comfort, assegnare l'indice di categoria Z_i a ciascun ambiente secondo la Tab. D3.2.b:

Scala di prestazione	Indice di categoria Z_i
L'ambiente raggiunge la categoria I di comfort termico per il 80% del periodo monitorato	5
L'ambiente raggiunge la categoria I di comfort termico per il 50% del periodo monitorato	3
L'ambiente raggiunge la categoria II di comfort termico per il 100% del periodo monitorato	0
L'ambiente NON raggiunge la categoria II di comfort termico per il 100% del periodo monitorato	-1

Tabella D3.2.c Relazione tra categoria di comfort termico e indice Z dell'ambiente i-esimo..

6. Assegnare il punteggio all'edificio

Calcolare il valore Z_m riferito all'edificio come media pesata degli indici di categoria Z_i assegnati agli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:

Z_i = indice di categoria dell'ambiente i-esimo, [-];

$S_{u,i}$ = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m2].

Confrontare il valore medio dell'indice di categoria Zm con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Nel calcolo dell'indice Zm (media pesata sulle superfici utili) il punteggio assegnato all'i-esimo ambiente monitorato viene esteso a tutti gli ambienti con uguali caratteristiche (dimensioni, involucro, esposizione) che si riscontrano nell'edificio ma che non sono stati oggetto di monitoraggio.

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura

Misurazione nel tempo della temperatura operativa (top) in ambienti scelti come campione con l'acquisizione simultanea della temperatura dell'aria esterna (test,rm).

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio. Nel caso vi siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, individuare una unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili caratteristiche quali:

- esposizione e soleggiamento;
- dimensioni e caratteristiche termofisiche dei componenti trasparenti e opachi;
- sistemi di schermatura mobili o fissi, se presenti;
- ostruzioni esterne, se presenti;
- sistemi o accorgimenti per la ventilazione naturale, se presenti.

Per ogni unità immobiliare oggetto di campionamento svolgere il monitoraggio in almeno un ambiente abitativo, considerando principalmente i locali quali le camere da letto e il soggiorno/studio.

Condizioni di misura

- Il monitoraggio della temperatura operativa interna (top) e della temperatura dell'aria esterna (test) deve avere durata non inferiore a 30 giorni nella stagione estiva (giugno – agosto) con acquisizione in continuo di un campione ogni 15 minuti (frequenza di acquisizione ≤ 900 s); è a discrezione del valutatore prolungare la durata del monitoraggio. Nel caso la fase di esercizio non venga valutata in periodo estivo, è consentito il monitoraggio nelle stagioni intermedie (primavera, autunno) con valori registrati di temperatura esterna continua media giornaliera test,rm > 10 °C (UNI EN 16798-1).
- È consentito l'impiego di dati di temperatura esterna acquisiti da stazioni meteorologiche (p.e. centraline ARPA) purché rappresentativi della località dove sorge l'edificio.
- Il monitoraggio delle condizioni termiche interne deve avvenire in presenza degli utenti. È necessario che l'acquisizione avvenga in presenza degli utenti e in normali condizioni di utilizzo dell'ambiente pertanto il monitoraggio deve essere preventivamente concordato e pianificato in modo opportuno. Gli utenti devono essere istruiti in caso di periodi di monitoraggio in modalità "non-assistita".
- È consentita la misurazione della sola temperatura dell'aria come approssimazione della temperatura operativa, purché l'ambiente non presenti ampie superfici termicamente eterogenee (p.e. superfici vetrate) e la velocità dell'aria risulti trascurabile (< 0.10 m/s).
- Si raccomanda di svolgere la misurazione dell'umidità relativa per l'intera durata del monitoraggio

di temperatura operativa e/o di temperatura dell'aria, al fine di acquisire un profilo temporale completo delle condizioni termoigrometriche interne.

- Il valutatore (utente in quanto il monitoraggio è "non-assistito") deve prendere nota delle condizioni al contorno durante il monitoraggio (p.e. condizioni di cielo, apertura di finestre, accensione di impianti, presenza di occupanti); l'impiego di questionari soggettivi è auspicabile al fine di acquisire informazioni utili sul comportamento degli occupanti.

Indicazioni specifiche sulla misurazione della temperatura operativa

La temperatura operativa (t_{op}) è un indice di temperatura derivato dalla misurazione diretta della temperatura dell'aria (t_a) e della temperatura media radiante (tmr) secondo la relazione definita dalla norma UNI EN ISO 7726:

$t_{op} = (t_a + t_{mr}) / 2$ [°C]

La misurazione della temperatura media radiante (t_{mr}) avviene per mezzo di un globotermometro. La posizione di misura delle sonde dve corrispondere ai punti di misura individuati per la temperatura dell'aria. Si rimanda alla norma UNI EN ISO 7726 per una descrizione dettagliata sulle procedure di misura con globotermometro.

Nel caso di edifici residenziali, una stima attendibile della temperatura operativa è data dalla misurazione della sola temperatura dell'aria, in quanto la velocità dell'aria è trascurabile in assenza di ventilazione meccanica (< 0.10 m/s) e lo scambio per irraggiamento dovuto ad ampie superfici vetrate è meno ricorrente rispetto ad altre tipologie di edifici (p.e. uffici, terziario).

Disposizione dei punti di misura

Per il monitoraggio della temperatura interna:

- Individuare almeno un punto di misura per ogni ambiente ad un'altezza dal pavimento compresa tra 0.6 m e 1.1 m (in corrispondenza dell'addome di una persona seduta o in piedi) al centro del locale (o un punto prossimo) o con distanza superiore a 1 m da pareti, finestre, griglie di aerazione.
- Nel caso di locali ampi (superficie calpestabile > 30 m^2) individuare almeno 2 punti di misura in corrispondenza delle zone che verranno maggiormente utilizzate dall'utenza.
- Nel caso di monitoraggio della temperatura dell'aria come approssimazione della temperatura operativa, evitare di esporre il sensore termico alla radiazione solare diretta o ad altri scambi per irraggiamento che possono avvenire tra il sensore e l'ambiente circostante, garantendo al contempo un adeguato scambio convettivo tra il sensore e l'aria (v. UNI EN ISO 7726).

Per il monitoraggio della temperatura esterna:

- La sonda di temperatura deve essere posta sulla copertura dell'edificio o in una zona non a ridosso degli elementi di facciata. Nel caso sia possibile il posizionamento esterno solo in corrispondenza di balconi o aggetti, privilegiare l'esposizione a nord. Evitare posizioni vicine a sorgenti di calore o espulsione di aria calda.
- Evitare che il sensore termico sia esposto alla radiazione solare diretta; impiegare appositi schermi da apporre sul sensore, in riferimento alla norma UNI EN ISO 7726 e agli standard WMO (World Meteorological Organization).
- Si raccomanda l'acquisizione dell'irradianza solare su piano orizzontale mediante l'impiego di un solarimetro/pirometro per l'intera durata del monitoraggio; è consentito l'impiego di dati climatici esterni acquisiti da stazioni meteorologiche (p.e. centraline ARPA) purché rappresentativi della località dove sorge l'edificio.

Requisiti degli strumenti di misura

Per il monitoraggio in continuo nel tempo delle grandezze microclimatiche è necessario un sistema di acquisizione e registrazione dati (datalogger), preferibilmente con alimentazione elettrica autonoma (stand-alone) e con idonea capacita di memoria (almeno 10000 letture per canale).

Per la misurazione della temperatura dell'aria si richiede l'impiego di sensori termoelettrici (termoresistenze, termistori) con i seguenti requisiti minimi:

- range: -10 ÷ 50 °C
- incertezza: ±0.5 °C
- risoluzione: 0.1 °C

Per la misurazione dell'umidità relativa dell'aria si richiede l'impiego di sensori igrometrici (di tipo psicrometrico, a punto di rugiada, capacitivo) con i seguenti requisiti minimi:

- range: 10 ÷ 90 %
- incertezza: ±3%
- risoluzione: 0.1%

Per la misurazione della temperatura media radiante (globo termometro) e si richiede l'impiego di sonde con specifiche conformi a misure di comfort (classe C) indicate dalla UNI EN ISO 7726.

I sensori devono essere impiegati secondo le indicazioni fornite con lo strumento (p.e. condizioni ambientali operative, procedure di calibrazione). È richiesta una verifica periodica di taratura nei centri autorizzati Accredia.

Schede tecniche della strumentazione utilizzata e certificati di calibrazione/taratura devono essere allegati alla documentazione del Protocollo di Collaudo.

Normativa di riferimento

- UNI EN 16798-1:2019

Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6

- UNI CEN/TR 16798-2:2020

Prestazioni energetiche degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 2: Interpretazione dei requisiti della norma EN 16798-1 - Parametri di input ambientale interno per la progettazione e la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica (Modulo M1-6)

- UNI EN ISO 7726:2002

Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche.
Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente

- UNI EN ISO 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.

Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell’ambiente

QUALITA' AMBIENTALE INDOOR	COLLAUDO / ESERCIZIO	D3.6

Benessere termoigrometrico

Temperatura operativa nel periodo invernale

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D3 Benessere termoigrometrico	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire un livello soddisfacente di comfort termico durante il periodo di condizionamento invernale.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Indice di categoria del comfort termico.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	< 0,0	-1
SUFFICIENTE	0,0	0
BUONO	3,0	3
OTTIMO	5,0	5

Metodo e strumenti di verifica

FASE DI COLLAUDO

La presente scheda si basa su criteri di valutazione del comfort termico secondo la UNI EN 16798-1:2019, in presenza di impianti di climatizzazione in funzione. Le misurazioni devono svolgersi durante il periodo invernale negli ambienti principali dell'edificio (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare la temperatura operativa interna

Misurare la temperatura operativa all'interno degli ambienti principali considerando condizioni di variabilità stagionale rappresentative (periodo estivo e invernale).

Calcolare la media giornaliera della temperatura operativa per ogni giorno monitorato ($t_{op,m}$).

In determinate condizioni al contorno, la temperatura operativa può essere approssimata con la misurazione della temperatura dell'aria (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

2. Misurare la temperatura dell'aria esterna

Misurare la temperatura dell'aria esterna, assicurandosi che la misurazione sia svolta nel medesimo periodo di tempo in cui è effettuato il monitoraggio della temperatura operativa per ogni ambiente scelto

come campione.

3. Assegnare il punteggio agli ambienti monitorati

Per ogni ambiente scelto come campione individuare il valore di temperatura operativa minima registrato durante il monitoraggio e confrontarlo con i limiti di comfort riportati in Tab. D3.6.a (ambienti residenziali durante il periodo di condizionamento invernale - UNI EN 16798-1), per definire l'indice di categoria Zi dell'ambiente i-esimo.

Categoria di comfort	Temperatura operativa minima durante il periodo di condizionamento invernale (1.0 clo)	Indice di categoria Z_i
Categoria I	21 °C	5
Categoria II	20 °C	3
Categoria III	18 °C	0
Non classificato	16 °C	-1

Tabella D3.6.a Categorie di comfort termico nel periodo invernale (UNI EN 16798-1)

4. Assegnare il punteggio all'edificio

Calcolare il valore Zm riferito all'edificio come media pesata degli indici di categoria Zi assegnati agli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:
Z_i = indice di categoria dell'ambiente i-esimo, [-];
$S_{u,i}$ = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m^2].

Confrontare il valore medio dell'indice di categoria Zm con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Nel calcolo dell'indice Z_m (media pesata sulle superfici utili) il punteggio assegnato all'i-esimo ambiente monitorato viene esteso a tutti gli ambienti con uguali caratteristiche (dimensioni, involucro, esposizione) che si riscontrano nell'edificio ma che non sono stati oggetto di monitoraggio.

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura

Misurazione nel tempo della temperatura operativa (top) in ambienti scelti come campione con l'acquisizione simultanea della temperatura dell'aria esterna (test,rm).

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio. Nel caso vi siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, individuare una unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili caratteristiche quali:

- esposizione e soleggiamento;
- dimensioni e caratteristiche termofisiche dei componenti trasparenti e opachi;
- sistemi di schermatura mobili o fissi, se presenti;
- ostruzioni esterne, se presenti;
- sistemi o accorgimenti per la ventilazione naturale, se presenti.

Per ogni unità immobiliare oggetto di campionamento svolgere il monitoraggio in almeno un ambiente abitativo, considerando principalmente i locali quali le camere da letto e il soggiorno/studio.

Condizioni di misura

- Il monitoraggio della temperatura operativa interna (top) e della temperatura dell'aria esterna (test) deve avere durata non inferiore a 7 giorni con acquisizione in continuo di un campione ogni 15 minuti (frequenza di acquisizione ≤ 900 s); è a discrezione del valutatore prolungare la durata del monitoraggio. Si considerano significativi del periodo invernale i giorni in cui i campioni di temperatura dell'aria esterna risultano test < 10 °C (UNI EN 16798-1).
- È consentito l'impiego di dati di temperatura esterna acquisiti da stazioni meteorologiche (p.e. centraline ARPA) purché rappresentativi della località dove sorge l'edificio.
- Il monitoraggio delle condizioni termiche interne deve avvenire in assenza di occupanti e con impianto di climatizzazione invernale in funzione.
- È consentita la misurazione della sola temperatura dell'aria come approssimazione della temperatura operativa, purché l'ambiente non presenti ampie superfici termicamente eterogenee (p.e. superfici vetrate) e la velocità dell'aria risulti trascurabile (< 0.10 m/s).
- Si raccomanda di svolgere la misurazione dell'umidità relativa per l'intera durata del monitoraggio di temperatura operativa e/o di temperatura dell'aria, al fine di acquisire un profilo temporale completo delle condizioni termoigrometriche interne.
- Il valutatore deve prendere nota delle condizioni al contorno durante il monitoraggio (p.e. condizioni di cielo, modalità di accensione di impianti).

Indicazioni specifiche sulla misurazione della temperatura operativa

La temperatura operativa (t_{op}) è un indice di temperatura derivato dalla misurazione diretta della temperatura dell'aria (t_a) e della temperatura media radiante (t_{mr}) secondo la relazione definita dalla norma UNI EN ISO 7726:

$$t_{op} = (t_a + t_{mr}) / 2 \qquad [°C]$$

La misurazione della temperatura media radiante (t_{mr}) avviene per mezzo di un globotermometro. La posizione di misura delle sonde deve corrispondere ai punti di misura individuati per la temperatura dell'aria. Si rimanda alla norma UNI EN ISO 7726 per una descrizione dettagliata sulle procedure di misura con globotermometro.

Nel caso di edifici residenziali, una stima attendibile della temperatura operativa è data dalla misurazione della sola temperatura dell'aria, in quanto la velocità dell'aria è trascurabile in assenza di ventilazione meccanica (< 0.10 m/s) e lo scambio per irraggiamento dovuto ad ampie superfici vetrate è meno ricorrente rispetto ad altre tipologie di edifici (p.e. uffici, terziario).

Disposizione dei punti di misura

Per il monitoraggio della temperatura interna:

- Individuare almeno un punto di misura per ogni ambiente ad un'altezza dal pavimento compresa tra 0.6 m e 1.1 m (in corrispondenza dell'addome di una persona seduta o in piedi) al centro del locale (o un punto prossimo) o con distanza superiore a 1 m da pareti, finestre, griglie di aerazione.
- Nel caso di locali ampi (superficie calpestabile > 30 m^2) individuare almeno 2 punti di misura in corrispondenza delle zone che verranno maggiormente utilizzate dall'utenza.
- Nel caso di monitoraggio della temperatura dell'aria come approssimazione della temperatura operativa, evitare di esporre il sensore termico alla radiazione solare diretta o ad altri scambi per irraggiamento che possono avvenire tra il sensore e l'ambiente circostante, garantendo al contempo un adeguato scambio convettivo tra il sensore e l'aria (v. UNI EN ISO 7726).

Per il monitoraggio della temperatura esterna:

- La sonda di temperatura deve essere posta sulla copertura dell'edificio o in una zona non a ridosso degli elementi di facciata. Nel caso sia possibile il posizionamento esterno solo in corrispondenza di balconi o aggetti, privilegiare l'esposizione a nord. Evitare posizioni vicine a sorgenti di calore o espulsione di aria calda.
- Evitare che il sensore termico sia esposto alla radiazione solare diretta; impiegare appositi schermi da apporre sul sensore, in riferimento alla norma UNI EN ISO 7726 e agli standard WMO (World Meteorological Organization).
- Si raccomanda l'acquisizione dell'irradianza solare su piano orizzontale mediante l'impiego di un solarimetro/pirometro per l'intera durata del monitoraggio; è consentito l'impiego di dati climatici esterni acquisiti da stazioni meteorologiche (p.e. centraline ARPA) purché rappresentativi della località dove sorge l'edificio.

Requisiti degli strumenti di misura

Per il monitoraggio in continuo nel tempo delle grandezze microclimatiche è necessario un sistema di acquisizione e registrazione dati (datalogger), preferibilmente con alimentazione elettrica autonoma (stand-alone) e con idonea capacita di memoria (almeno 10000 letture per canale).

Per la misurazione della temperatura dell'aria si richiede l'impiego di sensori termoelettrici (termoresistenze, termistori) con i seguenti requisiti minimi:

- range: -10 ÷ 50 °C
- incertezza: ±0.5 °C
- risoluzione: 0.1 °C

Per la misurazione dell'umidità relativa dell'aria si richiede l'impiego di sensori igrometrici (di tipo psicrometrico, a punto di rugiada, capacitivo) con i seguenti requisiti minimi:

- range: 10 ÷ 90 %
- incertezza: ±3%
- risoluzione: 0.1%

Per la misurazione della temperatura media radiante (globo termometro) e si richiede l'impiego di sonde con specifiche conformi a misure di comfort (classe C) indicate dalla UNI EN ISO 7726.

I sensori devono essere impiegati secondo le indicazioni fornite con lo strumento (p.e. condizioni ambientali operative, procedure di calibrazione). È richiesta una verifica periodica di taratura nei centri autorizzati Accredia.

Schede tecniche della strumentazione utilizzata e certificati di calibrazione/taratura devono essere

allegati alla documentazione del Protocollo di Collaudo.

FASE DI ESERCIZIO

La presente scheda si basa su criteri di valutazione del comfort termico secondo la UNI EN 16798-1:2019, in presenza di impianti di climatizzazione in funzione. Le misurazioni devono svolgersi durante il periodo invernale negli ambienti principali dell'edificio (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare la temperatura operativa interna

Misurare la temperatura operativa all'interno degli ambienti principali e calcolare la media oraria per ogni giorno monitorato (top,m).

In determinate condizioni al contorno, la temperatura operativa può essere approssimata con la misurazione della temperatura dell'aria (v. punto "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

2. Misurare la temperatura dell'aria esterna

Misurare la temperatura dell'aria esterna, assicurandosi che la misurazione sia svolta nel medesimo periodo di tempo in cui è effettuato il monitoraggio della temperatura operativa per ogni ambiente scelto come campione.

3. Valutare la percentuale di tempo associata a una determinata categoria di comfort

In relazione ai campioni di temperatura operativa (media oraria, top,m), per ciascun ambiente valutare la percentuale di tempo (numero di campioni) in cui le condizioni interne monitorate corrispondono a una determinata categoria di comfort termico secondo i limiti indicati in Tab. D3.6.b (UNI EN 16798-1):

Categoria di comfort	**Temperatura operativa minima durante il periodo di condizionamento invernale (1.0 clo)**
Categoria I	21 °C
Categoria II	20 °C
Categoria III	18 °C
Non classificato	16 °C

Tabella D3.6.b Categorie di comfort termico nel periodo invernale (UNI EN 16798-1).e indice Z dell'ambiente i-esimo.

4. Assegnare il punteggio agli ambienti monitorati

In relazione alla percentuale di tempo (numero di campioni) raggiunta in ogni categoria di comfort, assegnare l'indice di categoria Zi a ciascun ambiente secondo la Tab. D3.6.c:

Scala di prestazione	Indice di categoria Z_i
L'ambiente raggiunge la categoria I di comfort termico per il 80% del periodo monitorato	5
L'ambiente raggiunge la categoria I di comfort termico per il 50% del periodo monitorato	3
L'ambiente raggiunge la categoria II di comfort termico per il 100% del periodo monitorato	0
L'ambiente NON raggiunge la categoria II di comfort termico per il 100% del periodo monitorato	-1

Tabella D3.6.c Relazione tra categoria di comfort termico e indice Z dell'ambiente i-esimo.

5. Assegnare il punteggio all'edificio

Calcolare il valore Zm riferito all'edificio come media pesata degli indici di categoria Zi assegnati agli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:
Z_i = indice di categoria dell'ambiente i-esimo, [-];
$S_{u,i}$ = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m^2].

Confrontare il valore medio dell'indice di categoria Z_m con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Nel calcolo dell'indice Z_m (media pesata sulle superfici utili) il punteggio assegnato all'i-esimo ambiente monitorato viene esteso a tutti gli ambienti con uguali caratteristiche (dimensioni, involucro, esposizione) che si riscontrano nell'edificio ma che non sono stati oggetto di monitoraggio.

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura

Misurazione nel tempo della temperatura operativa (t_{op}) in ambienti scelti come campione con l'acquisizione simultanea della temperatura dell'aria esterna ($t_{est,rm}$).

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio. Nel caso vi siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, individuare una unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili caratteristiche quali:

- esposizione e soleggiamento;
- dimensioni e caratteristiche termofisiche dei componenti trasparenti e opachi;
- sistemi di schermatura mobili o fissi, se presenti;
- ostruzioni esterne, se presenti;
- sistemi o accorgimenti per la ventilazione naturale, se presenti.

Per ogni unità immobiliare oggetto di campionamento svolgere il monitoraggio in almeno un ambiente abitativo, considerando principalmente i locali quali le camere da letto e il soggiorno/studio.

Condizioni di misura

- Il monitoraggio della temperatura operativa interna (t_{op}) e della temperatura dell'aria esterna (test) deve avere durata non inferiore a 30 giorni con acquisizione in continuo di un campione ogni 15 minuti (frequenza di acquisizione ≤ 900 s); è a discrezione del valutatore prolungare la durata del monitoraggio. Si considerano significativi del periodo invernale i giorni in cui i campioni di temperatura dell'aria esterna risultano test < 10 °C (UNI EN 16798-1).
- È consentito l'impiego di dati di temperatura esterna acquisiti da stazioni meteorologiche (p.e. centraline ARPA) purché rappresentativi della località dove sorge l'edificio.
- Il monitoraggio delle condizioni termiche interne deve avvenire in presenza degli utenti. È necessario che l'acquisizione avvenga in presenza degli utenti e in normali condizioni di utilizzo dell'ambiente pertanto il monitoraggio deve essere preventivamente concordato e pianificato in modo opportuno. Gli utenti devono essere istruiti in caso di periodi di monitoraggio in modalità "non-assistita".
- È consentita la misurazione della sola temperatura dell'aria come approssimazione della temperatura operativa, purché l'ambiente non presenti ampie superfici termicamente eterogenee (p.e. superfici vetrate) e la velocità dell'aria risulti trascurabile (< 0.10 m/s).
- Si raccomanda di svolgere la misurazione dell'umidità relativa per l'intera durata del monitoraggio di temperatura operativa e/o di temperatura dell'aria, al fine di acquisire un profilo temporale completo delle condizioni termoigrometriche interne.
- Il valutatore (utente in quanto il monitoraggio è "non-assistito") deve prendere nota delle condizioni al contorno durante il monitoraggio (p.e. condizioni di cielo, apertura di finestre, accensione di impianti, presenza di occupanti); l'impiego di questionari soggettivi è auspicabile al fine di acquisire informazioni utili sul comportamento degli occupanti.

Indicazioni specifiche sulla misurazione della temperatura operativa

La temperatura operativa (t_{op}) è un indice di temperatura derivato dalla misurazione diretta della temperatura dell'aria (t_a) e della temperatura media radiante (t_{mr}) secondo la relazione definita dalla norma UNI EN ISO 7726:

$t_{op} = (t_a + t_{mr)} / 2$ [°C]

La misurazione della temperatura media radiante (t_{mr}) avviene per mezzo di un globotermometro. La

posizione di misura delle sonde deve corrispondere ai punti di misura individuati per la temperatura dell'aria. Si rimanda alla norma UNI EN ISO 7726 per una descrizione dettagliata sulle procedure di misura con globotermometro.

Nel caso di edifici residenziali, una stima attendibile della temperatura operativa è data dalla misurazione della sola temperatura dell'aria, in quanto la velocità dell'aria è trascurabile in assenza di ventilazione meccanica (< 0.10 m/s) e lo scambio per irraggiamento dovuto ad ampie superfici vetrate è meno ricorrente rispetto ad altre tipologie di edifici (p.e. uffici, terziario).

Disposizione dei punti di misura

Per il monitoraggio della temperatura interna:

- Individuare almeno un punto di misura per ogni ambiente ad un'altezza dal pavimento compresa tra 0.6 m e 1.1 m (in corrispondenza dell'addome di una persona seduta o in piedi) al centro del locale (o un punto prossimo) o con distanza superiore a 1 m da pareti, finestre, griglie di aerazione.
- Nel caso di locali ampi (superficie calpestabile > 30 m^2) individuare almeno 2 punti di misura in corrispondenza delle zone che verranno maggiormente utilizzate dall'utenza.
- Nel caso di monitoraggio della temperatura dell'aria come approssimazione della temperatura operativa, evitare di esporre il sensore termico alla radiazione solare diretta o ad altri scambi per irraggiamento che possono avvenire tra il sensore e l'ambiente circostante, garantendo al contempo un adeguato scambio convettivo tra il sensore e l'aria (v. UNI EN ISO 7726).

Per il monitoraggio della temperatura esterna:

- La sonda di temperatura deve essere posta sulla copertura dell'edificio o in una zona non a ridosso degli elementi di facciata. Nel caso sia possibile il posizionamento esterno solo in corrispondenza di balconi o aggetti, privilegiare l'esposizione a nord. Evitare posizioni vicine a sorgenti di calore o espulsione di aria calda.
- Evitare che il sensore termico sia esposto alla radiazione solare diretta; impiegare appositi schermi da apporre sul sensore, in riferimento alla norma UNI EN ISO 7726 e agli standard WMO (World Meteorological Organization).
- Si raccomanda l'acquisizione dell'irradianza solare su piano orizzontale mediante l'impiego di un solarimetro/pirometro per l'intera durata del monitoraggio; è consentito l'impiego di dati climatici esterni acquisiti da stazioni meteorologiche (p.e. centraline ARPA) purché rappresentativi della località dove sorge l'edificio.

Requisiti degli strumenti di misura

Per il monitoraggio in continuo nel tempo delle grandezze microclimatiche è necessario un sistema di acquisizione e registrazione dati (datalogger), preferibilmente con alimentazione elettrica autonoma (stand-alone) e con idonea capacita di memoria (almeno 10000 letture per canale).

Per la misurazione della temperatura dell'aria si richiede l'impiego di sensori termoelettrici (termoresistenze, termistori) con i seguenti requisiti minimi:

- range: -10 ÷ 50 °C
- incertezza: ±0.5 °C
- risoluzione: 0.1 °C

Per la misurazione dell'umidità relativa dell'aria si richiede l'impiego di sensori igrometrici (di tipo psicrometrico, a punto di rugiada, capacitivo) con i seguenti requisiti minimi:

- range: 10 ÷ 90 %

- incertezza: ±3%
- risoluzione: 0.1%

Per la misurazione della temperatura media radiante (globo termometro) e si richiede l'impiego di sonde con specifiche conformi a misure di comfort (classe C) indicate dalla UNI EN ISO 7726.

I sensori devono essere impiegati secondo le indicazioni fornite con lo strumento (p.e. condizioni ambientali operative, procedure di calibrazione). È richiesta una verifica periodica di taratura nei centri autorizzati Accredia.

Schede tecniche della strumentazione utilizzata e certificati di calibrazione/taratura devono essere allegati alla documentazione del Protocollo di Collaudo.

Normativa di riferimento

- UNI EN 16798-1:2019

Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6

- UNI CEN/TR 16798-2:2020

Prestazioni energetiche degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 2: Interpretazione dei requisiti della norma EN 16798-1 - Parametri di input ambientale interno per la progettazione e la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica (Modulo M1-6)

- UNI EN ISO 7726:2002

Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche.
Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente

- UNI EN ISO 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.
Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente

QUALITA' AMBIENTALE INDOOR	COLLAUDO	D4.1
	ESERCIZIO	

Benessere visivo

Illuminazione naturale

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D4 Benessere visivo	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire un livello adeguato di illuminazione naturale negli ambienti principali.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Media ponderata dei valori di fattore medio di luce diurna degli ambienti dell'edificio.	%	

SCALA DI PRESTAZIONE

	%	PUNTI
NEGATIVO	< 2,0	-1
SUFFICIENTE	2,0	0
BUONO	2,6	3
OTTIMO	3,0	5

Metodo e strumenti di verifica

FASE DI COLLAUDO

In relazione al metodo di verifica indicato dalla norma UNI 10840, misurare il fattore medio di luce diurna per gli ambienti principali dell'edificio. Le misurazioni devono svolgersi in condizioni di cielo coperto (assenza di irraggiamento solare diretto).

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare l'illuminamento interno

Misurare i valori di illuminamento all'interno degli ambienti principali selezionati come campione, individuando più punti di misura distribuiti nello spazio e in presenza di sola illuminazione naturale in condizioni di cielo coperto (v. par. "Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

Per ogni ambiente calcolare la media dei valori di illuminamento interno ($E_{in,m}$).

2. Misurare l'illuminamento esterno

Per ciascun ambiente misurare i valori di illuminamento esterno, assicurandosi che le misurazioni siano svolte nel medesimo periodo di tempo e condizioni di cielo in cui sono effettuate le misurazioni interne (v. par. “Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

Per ogni ambiente calcolare la media dei valori di illuminamento esterno (Eest,m) acquisiti durante le misurazioni interne.

3. Determinare il fattore medio di luce diurna

Calcolare il fattore medio di luce diurna (ηm) di ogni ambiente con il seguente rapporto:

$\eta_{m,i} = (E_{in,m} / E_{est,m}) \cdot 100$

con:

$\eta_{m,I}$ = fattore medio di luce diurna dell’ambiente i-esimo [%]

$E_{in,m}$ = media degli illuminamenti acquisiti in più punti di misura nell’ambiente i-esimo [lx];

$E_{est,m}$ = media degli illuminamenti acquisiti in esterno simultaneamente alla misurazione nell’ambiente i-esimo [lx].

4. Assegnare il punteggio al criterio

Calcolare il fattore medio di luce diurna ηm riferito all’edificio come media pesata dei valori di fattore medio di luce diurna valutati per i singoli ambienti (ηm,i) sulle relative superfici utili:

$$\eta_m = \frac{\sum (\eta_{m,i} \cdot S_{u,i})}{\sum S_{u,i}}$$

dove:

η_m = fattore medio di luce diurna riferito all’edificio, [%];

$\eta_{m,i}$ = fattore medio di luce diurna dell’ambiente i-esimo, [%];

$S_{u,i}$ = superficie utile dell’ambiente i-esimo, [m2].

Confrontare il valore η_m calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Considerazione sull’assegnazione del punteggio al criterio

Nel calcolo dell’indice η_m (media pesata sulle superfici utili) il punteggio assegnato all’i-esimo ambiente monitorato viene esteso a tutti gli ambienti con uguali caratteristiche (v. par. “Criteri di misurazione delle grandezze ambientali) che si riscontrano nell’edificio ma che non sono stati oggetto di misurazioni strumentali.

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura

Misurazione dei valori di illuminamento interni all’ambiente con acquisizione simultanea dei valori di illuminamento in esterno, in condizioni di illuminazione naturale con sola componente diffusa (cielo coperto).

Il fattore di luce diurna è una grandezza adimensionale, espressa in percentuale, definita come il rapporto fra l'illuminamento misurato in un punto specifico dell'ambiente interno e l'illuminamento misurato contemporaneamente all'esterno su una superficie orizzontale che vede l'intera volta celeste senza ostruzioni e in condizioni di cielo coperto.

La simultaneità delle misurazioni interne ed esterne di illuminamento rende il fattore di luce diurna un indice indipendente dall'ora del giorno o dal periodo dell'anno in cui si effettua la verifica, mentre la presenza di cielo coperto quale condizione di valutazione (assenza di irraggiamento solare diretto) rende il fattore di luce diurna indipendente dall'orientamento del locale esaminato.

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio. Per ogni unità immobiliare oggetto di campionamento svolgere la misurazione del fattore medio di luce diurna negli ambienti ad uso camere da letto e soggiorno.

Nel caso vi siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, individuare un'unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili caratteristiche quali:

- dimensioni degli ambienti;
- dimensioni e caratteristiche fisico-ottiche dei componenti trasparenti;
- riflessione luminosa delle superfici interne;
- sistemi di schermatura fissi, se presenti;
- ostruzioni esterne, se presenti;
- orientamento e altezza fuori terra.

Nella selezione delle unità immobiliari sono da considerare anche i piani più bassi dell'edificio in quanto maggiormente penalizzati dall'eventuale presenza di ostruzioni esterne.

Condizioni di misura

- La misurazione dell'illuminamento interno ed esterno può avvenire in qualsiasi periodo dell'anno purché si verifichi la condizione di cielo coperto; in presenza di irraggiamento solare diretto le misurazioni non possono ritenersi valide.
- Sono da preferire le ore centrali del periodo diurno in quanto i valori interni di illuminamento sono più elevati; svolgere misurazioni con bassi valori di illuminamento può comportare una maggiore incertezza di misura strumentale nella valutazione del fattore di luce diurna.
- Si richiede l'impiego di almeno due luxmetri, in quanto ad ogni misura di illuminamento interno deve corrispondere simultaneamente una misura di illuminamento in esterno.
- Il luxmetro impiegato in esterno deve avere un fondo scala pari a 100 klx o superiore, in quanto deve essere in grado di valutare la radianza della volta celeste.
- La misurazione di illuminamento interno deve avvenire a finestre chiuse, senza schermature mobili (tende, avvolgibili, ecc.) e in assenza di illuminazione artificiale.
- Il valutatore deve prendere nota delle condizioni al contorno durante le misurazioni (p.e. condizioni di cielo, caratteristiche interne degli ambienti).

Disposizione dei punti di misura

Per la misurazione dell'illuminamento interno:

- Per verificare in modo corretto il fattore medio di luce diurna, quale valore medio del fattore di luce diurna puntuale, l'illuminamento deve essere misurato in più punti distribuiti uniformemente nell'ambiente, individuando una griglia di misura su piano orizzontale con altezza di 0.8 m dal pavimento e distanza di almeno 1.0 m dalle finestre e 0.5 m dalle pareti.
- Il numero minimo di punti che costituiscono la griglia di misura e le sue dimensioni vengono definite secondo quanto indicato dalla norma UNI EN 12464-1:2011 per le misure di illuminamento:

p = 0.2 x 5 log10(d)
dove:
p = distanza massima tra i punti di misura in relazione alla dimensione maggiore della griglia [m];
d = dimensione maggiore della griglia [m].

Il numero minimo di punti N lungo la dimensione maggiore della griglia è dato dal numero intero più vicino risultante dal rapporto:
N = d / p
La distanza p risultante è impiegata per calcolare il numero intero di punti nell'altra dimensione della griglia, rispettando il rapporto tra lunghezza e larghezza di ogni cella di misura nell'intervallo tra 0.5 e 2.

Lunghezza area [m]	Massima distanza tra punti della griglia [m]	Minimo numero di punti della griglia
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

Tabella D4.1.a Numero minimo di punti della griglia di misura in funzione delle dimensioni dell'ambiente.

Nel caso di ambienti occupati e in presenza di arredi (protocollo di Esercizio), è consentito dimezzare il numero di punti di misura risultante dalla formula indicata dalla UNI EN 12464-1[3]. A fini pratici, la Tab. D4.1.a riporta il numero minimo di punti da verificare in funzione di ambienti con dimensioni differenti.

Per la misurazione dell'illuminamento esterno:
- Il luxmetro deve essere posto su una superficie orizzontale libera da ostacoli e ostruzioni (p.e. in un punto sulla copertura dell'edificio), in modo che il sensore fotometrico dello strumento rilevi tutta la volta celeste. Sono da evitare aree esterne quali cortili, cavedi, balconi o altre aree ostruite dalla sagoma dell'edificio in esame o dagli edifici prospicienti.
- La posizione del luxmetro esterno rimane fissa per l'intera durata delle misurazioni interne di illuminamento.
- In condizioni di cielo con copertura variabile nel tempo, si richiede di schermare il fotosensore del luxmetro esterno dall'irraggiamento solare diretto con una banda di occultazione per radiazione diffusa, opportunamente regolata in funzione della posizione del Sole nel cielo.

[3]T50.D3 – "Monitoring protocol for lighting and daylighting retrofits" - Technical Report of IEA SHC Task 50 – april 2016

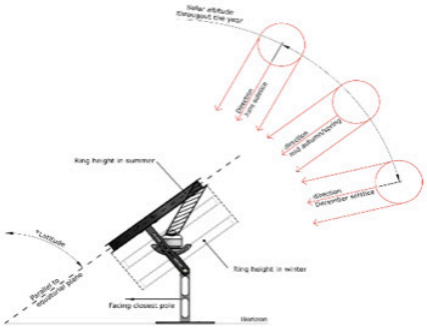


Figura D4.1.a Banda di occultazione (shadow ring) per la misurazione della radiazione diffusa del cielo.

Requisiti degli strumenti di misura

Per la misurazione dell'illuminamento interno ed esterno si richiede l'impiego di luxmetri portatili con i seguenti requisiti minimi:

- range: 0 ÷ 100000 lx
- incertezza: classe B – UNI 11142
- risoluzione: 0.1 / 1.0 / 10 lx in relazione al fondo scala

Per una misurazione più agevole dell'illuminamento esterno, in quanto prolungata nel tempo per l'intera durata delle misurazioni interne, si raccomanda l'impiego di luxmetri con capacità di memorizzare le misure in modo continuo e autonomo (funzione datalogger).

L'impiego di un luxmetro dotato di più teste fotometriche può agevolare e ridurre i tempi di misura dell'illuminamento interno in corrispondenza dei punti della griglia.

I luxmetri devono essere impiegati secondo le indicazioni fornite con lo strumento (p.e. condizioni ambientali operative, procedure di calibrazione). È richiesta una verifica periodica di taratura in laboratori accreditati (p.e. centri di taratura Accredia).

Schede tecniche della strumentazione utilizzata e certificati di calibrazione/taratura devono essere allegati alla documentazione del Protocollo di Collaudo.

Dal momento che la misura del luxmetro può dipendere in modo anche significativo dallo spettro della sorgente, nel caso in cui si scelga di utilizzare due luxmetri per le valutazioni, sarebbe opportuno utilizzare due luxmetri uguali e comunque verificare che esposti in contemporanea alla stessa sorgente (esempio luce in esterno) restituiscano valori confrontabili di illuminamento entro l'incertezza di taratura.

FASE DI ESERCIZIO

In relazione al metodo di verifica indicato dalla norma UNI 10840, misurare il fattore medio di luce diurna per gli ambienti principali dell'edificio. Le misurazioni devono svolgersi in condizioni di cielo coperto (assenza di irraggiamento solare diretto).

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare l'illuminamento interno

Misurare i valori di illuminamento all'interno degli ambienti principali selezionati come campione,

individuando più punti di misura distribuiti nello spazio e in presenza di sola illuminazione naturale in condizioni di cielo coperto (v. par. “Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

Per ogni ambiente calcolare la media dei valori di illuminamento interno (Ein,m).

2. Misurare l’illuminamento esterno

Per ciascun ambiente misurare i valori di illuminamento esterno, assicurandosi che le misurazioni siano svolte nel medesimo periodo di tempo e condizioni di cielo in cui sono effettuate le misurazioni interne (v. par. “Procedura di misurazione delle grandezze ambientali).

Per ogni ambiente calcolare la media dei valori di illuminamento esterno (Eest,m) acquisiti durante le misurazioni interne.

3. Determinare il fattore medio di luce diurna

Calcolare il fattore medio di luce diurna (ηm) di ogni ambiente con il seguente rapporto:

$\eta_{m,i} = (E_{in,m} / E_{est,m}) \cdot 100$

con:

$\eta_{m,I}$ = fattore medio di luce diurna dell’ambiente i-esimo [%]

$E_{in,m}$ = media degli illuminamenti acquisiti in più punti di misura nell’ambiente i-esimo [lx];

$E_{est,m}$ = media degli illuminamenti acquisiti in esterno simultaneamente alla misurazione nell’ambiente i-esimo [lx].

4. Assegnare il punteggio al criterio

Calcolare il fattore medio di luce diurna ηm riferito all’edificio come media pesata dei valori di fattore medio di luce diurna valutati per i singoli ambienti (ηm,i) sulle relative superfici utili:

$$\eta_m = \frac{\sum (\eta_{m,i} \cdot S_{u,i})}{\sum S_{u,i}}$$

dove:

η_m = fattore medio di luce diurna riferito all’edificio, [%];

$\eta_{m,i}$ = fattore medio di luce diurna dell’ambiente i-esimo, [%];

$S_{u,i}$ = superficie utile dell’ambiente i-esimo, [m^2].

Confrontare il valore ηm calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Considerazione sull’assegnazione del punteggio al criterio

Nel calcolo dell’indice ηm (media pesata sulle superfici utili) il punteggio assegnato all’i-esimo ambiente monitorato viene esteso a tutti gli ambienti con uguali caratteristiche (v. par. “Criteri di misurazione delle grandezze ambientali) che si riscontrano nell’edificio ma che non sono stati oggetto di misurazioni strumentali.

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura

Misurazione dei valori di illuminamento interni all'ambiente con acquisizione simultanea dei valori di illuminamento in esterno, in condizioni di illuminazione naturale con sola componente diffusa (cielo coperto).

Il fattore di luce diurna è una grandezza adimensionale, espressa in percentuale, definita come il rapporto fra l'illuminamento misurato in un punto specifico dell'ambiente interno e l'illuminamento misurato contemporaneamente all'esterno su una superficie orizzontale che vede l'intera volta celeste senza ostruzioni e in condizioni di cielo coperto.

La simultaneità delle misurazioni interne ed esterne di illuminamento rende il fattore di luce diurna un indice indipendente dall'ora del giorno o dal periodo dell'anno in cui si effettua la verifica, mentre la presenza di cielo coperto quale condizione di valutazione (assenza di irraggiamento solare diretto) rende il fattore di luce diurna indipendente dall'orientamento del locale esaminato.

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio. Per ogni unità immobiliare oggetto di campionamento svolgere la misurazione del fattore medio di luce diurna negli ambienti ad uso camere da letto e soggiorno.

Nel caso vi siano tipologie distributive ricorrenti nell'edificio, individuare un'unità immobiliare come campione rappresentativo per ogni tipologia purché siano confrontabili caratteristiche quali:

- dimensioni degli ambienti;
- dimensioni e caratteristiche fisico-ottiche dei componenti trasparenti;
- riflessione luminosa delle superfici interne;
- sistemi di schermatura fissi, se presenti;
- ostruzioni esterne, se presenti;
- orientamento e altezza fuori terra.

Nella selezione delle unità immobiliari sono da considerare anche i piani più bassi dell'edificio in quanto maggiormente penalizzati dall'eventuale presenza di ostruzioni esterne.

Condizioni di misura

- La misurazione dell'illuminamento interno ed esterno può avvenire in qualsiasi periodo dell'anno purché si verifichi la condizione di cielo coperto; in presenza di irraggiamento solare diretto le misurazioni non possono ritenersi valide.
- Sono da preferire le ore centrali del periodo diurno in quanto i valori interni di illuminamento sono più elevati; svolgere misurazioni con bassi valori di illuminamento può comportare una maggiore incertezza di misura strumentale nella valutazione del fattore di luce diurna.
- Si richiede l'impiego di almeno due luxmetri, in quanto ad ogni misura di illuminamento interno deve corrispondere simultaneamente una misura di illuminamento in esterno.
- Il luxmetro impiegato in esterno deve avere un fondo scala pari a 100 klx o superiore, in quanto deve essere in grado di valutare la radianza della volta celeste.
- La misurazione di illuminamento interno deve avvenire a finestre chiuse, senza schermature mobili (tende, avvolgibili, ecc.) e in assenza di illuminazione artificiale. E' da evitare la presenza di occupanti durante le misurazioni in un ambiente.
- Il valutatore deve prendere nota delle condizioni al contorno durante le misurazioni (p.e. condizioni di cielo, caratteristiche interne degli ambienti, presenza di arredi); l'impiego di questionari soggettivi è auspicabile al fine di acquisire informazioni utili sul comportamento degli occupanti.

Disposizione dei punti di misura

Per la misurazione dell'illuminamento interno:

- Per verificare in modo corretto il fattore medio di luce diurna, quale valore medio del fattore di luce diurna puntuale, l'illuminamento deve essere misurato in più punti distribuiti uniformemente nell'ambiente, individuando una griglia di misura su piano orizzontale con altezza di 0.8 m dal pavimento e distanza di almeno 1.0 m dalle finestre e 0.5 m dalle pareti.
- Il numero minimo di punti che costituiscono la griglia di misura e le sue dimensioni vengono definite secondo quanto indicato dalla norma UNI EN 12464-1:2011 per le misure di illuminamento:

$p = 0.2 \times 5 \log10(d)$

dove:

p = distanza massima tra i punti di misura in relazione alla dimensione maggiore della griglia [m];

d = dimensione maggiore della griglia [m].

Il numero minimo di punti N lungo la dimensione maggiore della griglia è dato dal numero intero più vicino risultante dal rapporto:

$N = d / p$

La distanza p risultante è impiegata per calcolare il numero intero di punti nell'altra dimensione della griglia, rispettando il rapporto tra lunghezza e larghezza di ogni cella di misura nell'intervallo tra 0.5 e 2.

Lunghezza area [m]	Massima distanza tra punti della griglia [m]	Minimo numero di punti della griglia
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

Tabella D4.1.b Numero minimo di punti della griglia di misura in funzione delle dimensioni dell'ambiente.

Nel caso di ambienti occupati e in presenza di arredi (protocollo di Esercizio), è consentito dimezzare il numero di punti di misura risultante dalla formula indicata dalla UNI EN 12464-1[4]. A fini pratici, la Tab. D4.1.b riporta il numero minimo di punti da verificare in funzione di ambienti con dimensioni differenti.

Per la misurazione dell'illuminamento esterno:

- Il luxmetro deve essere posto su una superficie orizzontale libera da ostacoli e ostruzioni (p.e. in un punto sulla copertura dell'edificio), in modo che il sensore fotometrico dello strumento rilevi tutta la

[4]T50.D3 – "Monitoring protocol for lighting and daylighting retrofits" - Technical Report of IEA SHC Task 50 – april 2016

volta celeste. Sono da evitare aree esterne quali cortili, cavedi, balconi o altre aree ostruite dalla sagoma dell'edificio in esame o dagli edifici prospicienti.

- La posizione del luxmetro esterno rimane fissa per l'intera durata delle misurazioni interne di illuminamento.
- In condizioni di cielo con copertura variabile nel tempo, si richiede di schermare il fotosensore del luxmetro esterno dall'irraggiamento solare diretto con una banda di occultazione per radiazione diffusa, opportunamente regolata in funzione della posizione del Sole nel cielo.

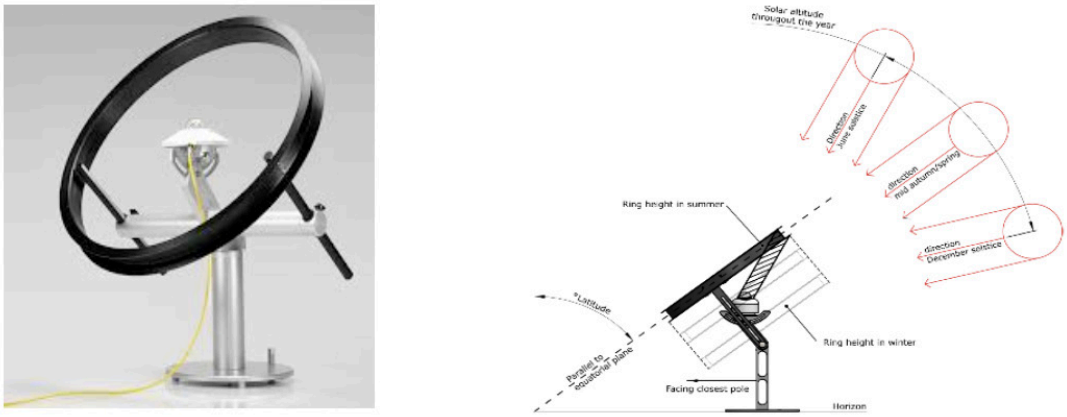


Fig. D4.1.b Banda di occultazione (shadow ring) per la misurazione della radiazione diffusa del cielo.

Requisiti degli strumenti di misura

Per la misurazione dell'illuminamento interno ed esterno si richiede l'impiego di luxmetri portatili con i seguenti requisiti minimi:

- range: 0 ÷ 100000 lx
- incertezza: classe B – UNI 11142
- risoluzione: 0.1 / 1.0 / 10 lx in relazione al fondo scala

Per una misurazione più agevole dell'illuminamento esterno, in quanto prolungata nel tempo per l'intera durata delle misurazioni interne, si raccomanda l'impiego di luxmetri con capacità di memorizzare le misure in modo continuo e autonomo (funzione datalogger).

L'impiego di un luxmetro dotato di più teste fotometriche può agevolare e ridurre i tempi di misura dell'illuminamento interno in corrispondenza dei punti della griglia.

I luxmetri devono essere impiegati secondo le indicazioni fornite con lo strumento (p.e. condizioni ambientali operative, procedure di calibrazione). È richiesta una verifica periodica di taratura in laboratori accreditati (p.e. centri di taratura Accredia).

Schede tecniche della strumentazione utilizzata e certificati di calibrazione/taratura devono essere allegati alla documentazione del Protocollo di Collaudo.

Dal momento che la misura del luxmetro può dipendere in modo anche significativo dallo spettro della sorgente, nel caso in cui si scelga di utilizzare due luxmetri per le valutazioni, sarebbe opportuno utilizzare due luxmetri uguali e comunque verificare che esposti in contemporanea alla stessa sorgente (esempio luce in esterno) restituiscano valori confrontabili di illuminamento entro l'incertezza di taratura.

Normativa di riferimento

- UNI 11142:2004
Luce e illuminazione - Fotometri portatili - Caratteristiche prestazionali.

- UNI 10840:2007
Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale.

- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n. 3151, 22 maggio 1967
Norme per la definizione e la misura delle grandezze atte a rappresentare le proprietà termiche, igrometriche, e di ventilazione delle costruzioni edilizie.

QUALITA' AMBIENTALE INDOOR	COLLAUDO	D5.6
	ESERCIZIO	

Benessere acustico

Qualità acustica dell'edificio

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D5 Benessere acustico	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire una protezione adeguata dai rumori esterni e interni all'edificio.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Classe acustica globale dell'edificio.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	Classe acustica globale IV	-1
SUFFICIENTE	Classe acustica globale III	0
BUONO	Classe acustica globale II	3
OTTIMO	Classe acustica globale I	5

Metodo e strumenti di verifica

FASE DI COLLAUDO

In relazione al metodo di verifica indicato dalla norma UNI EN ISO 10052:2010, misurare in opera i descrittori di isolamento acustico per gli ambienti principali dell'edificio. Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare i descrittori acustici di fonoisolamento degli elementi edilizi

Per ogni ambiente principale misurare i seguenti descrittori acustici applicando i metodi di verifica in opera definiti dalla norma UNI EN ISO 10052 (metodo di controllo):

- indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato ($D_{2m,nT,w}$) di elementi di chiusura verticale degli ambienti;

- indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w) di partizioni verticali/orizzontali tra ambienti di differenti unità immobiliari;

- indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato ($L'_{n,w}$) di partizioni orizzontali tra ambienti di differenti unità immobiliari;

2. Determinare la classe acustica degli elementi edilizi

Determinare la classe acustica di chiusure verticali e di partizioni interne verticali/orizzontali per ciascuna unità immobiliare, confrontando i valori misurati dei descrittori acustici al punto 1 con i valori di riferimento riportati nella Tabella D5.6.a.

Classe acustica	Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ [dB]	Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w [dB]	Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio L'n,w [dB]
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68

Tabella D5.6.a Classe acustica in funzione delle prestazioni di isolamento acustico degli elementi edilizi (da UNI 11367)

3. Determinare la classe acustica delle unità immobiliari

Determinare la classe acustica globale di ciascuna unità immobiliare CUI secondo la procedura descritta al punto 6.4 della UNI 11367, assegnando alla classe acustica raggiunta da ogni elemento analizzato (v. punto 2) il coefficiente di peso Z secondo la Tabella D.5.6.b.

Classe acustica	I	II	III	IV	Prestazioni fino a 5 dB peggiori rispetto alla classe IV	Prestazioni per più di 5 dB peggiori rispetto alla classe IV
Coefficiente Z	1	2	3	4	5	10

Tabella D5.6.b Corrispondenza tra classe acustica per requisito e coefficiente di peso Z (da UNI 11367)

Calcolare il valore ZUI secondo la seguente formula e arrotondando il risultato all'intero più vicino:

$$Z_{UI} = \frac{\sum_{r=1}^{P} Z_r}{P}$$

dove:
P = numero di requisiti r considerati per unità immobiliare;
Z_r = valore del coefficiente di peso relativo all'r-esimo requisito, con r = 1, ..., P .

Determinare la classe acustica CUI dell'unità immobiliare in funzione del valore ZUI calcolato, dove:

$C_{UI} = Z_{UI}$

Nel caso in cui risultasse CUI > 4 come classe di un'unità immobiliare, secondo la UNI 11367 l'unità immobiliare risulta non classificata (NC).

4. Determinare la classe acustica dell'edificio e assegnare il punteggio al criterio

Determinare la classe acustica globale dell'intero edificio calcolando la moda delle classi acustiche CUI determinate per tutte le unità immobiliari presenti nell'edificio.

Nel caso non sia possibile individuare un unico valore di moda, scegliere il valore di prestazione inferiore tra quelli individuati.

Nel caso in cui una o più unità immobiliari risultino non classificate occorre assegnare al criterio D5.6 il punteggio negativo (meno uno).

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura

Si riporta una sintesi del metodo di verifica in opera dei descrittori acustici sopra citati; si rimanda alla lettura delle norme UNI EN ISO 10052 e UNI 11367 per la definizione completa dei metodi di verifica e dell'incertezza di misura sui risultati ottenuti.

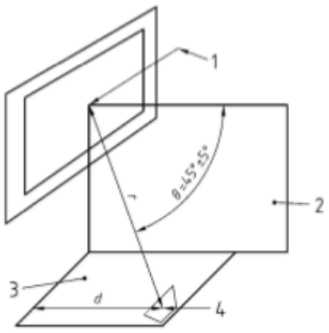
- Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$)

Per ciascun elemento di chiusura verticale di un ambiente principale, misurare l'isolamento acustico normalizzato di facciata ($D_{2m,nT}$) secondo il metodo di controllo definito dalla UNI EN ISO 10052 e definire il relativo indice di valutazione ($D_{2m,nT,w}$) secondo il metodo di calcolo indicato dalla UNI EN ISO 717-1.

Il descrittore acustico $D_{2m,nT}$ può essere valutato limitatamente alle frequenze medie in bande di ottava di 125, 250, 500, 1000 e 2000 Hz.

Per la misura di $D_{2m,nT}$ si può impiegare una sorgente sonora in esterno (metodo dell'altoparlante con rumore a banda larga) oppure il rumore da traffico stradale. L'ambiente retrostante l'elemento di chiusura verticale (facciata) viene impiegato come ambiente ricevente.

Nel caso del metodo di misura con altoparlante, il suo posizionamento rispetto alla facciata viene indicato dalla figura seguente.



1 : normale alla facciata
2 : piano verticale
3 : piano orizzontale
4 : altoparlante
d : distanza dalla facciata > 5 m

Figura D5.6.a
Geometria di misura con metodo dell'altoparlante (da UNI EN ISO 10052)

La direttività della sorgente sonora e la sua distanza dalla facciata deve essere tale che la differenza dei livelli sonori, misurati in corrispondenza della facciata, sia inferiore a 5 dB per ogni banda di ottava di interesse.

Nel caso del metodo di misura con rumore da traffico stradale, questo può essere impiegato come sorgente sonora esterna se il suo livello di pressione sonora è sufficientemente più elevato rispetto al rumore di fondo nell'ambiente ricevente. Durante la misurazione, con tempo di integrazione superiore a 60 s, devono passare almeno 15 veicoli.

Con questo metodo la misurazione del livello sonoro interno ed esterno deve avvenire simultaneamente.

- Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w)

Per ciascuna partizione interna verticale e/o orizzontale tra ambienti principali adiacenti e/o sovrapposti appartenenti a differenti unità immobiliari, misurare il potere fonoisolante apparente (R') secondo il metodo di controllo definito dalla UNI EN ISO 10052 e definire il relativo indice di valutazione (R'_w) secondo il metodo di calcolo indicato dalla UNI EN ISO 717-1.

Il descrittore acustico R' può essere valutato limitatamente alle frequenze medie in bande di ottava di 125, 250, 500, 1000 e 2000 Hz.

Per la misura di R' è necessario impiegare una sorgente sonora omnidirezionale (dodecaedro con 12 altoparlanti in fase tra loro) con emissione di rumore a banda larga (rumore bianco o rosa). La sorgente viene posta nell'ambiente emittente in un angolo opposto all'elemento di separazione da verificare, a una distanza di almeno 0.5 m dalle pareti che delimitano l'ambiente emittente.

- Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio ($L'_{n,w}$)

Per ciascuna partizione orizzontale tra ambienti principali sovrapposti appartenenti a differenti unità immobiliari, misurare il livello di pressione sonora di calpestio (L'_n) secondo il metodo di controllo definito dalla UNI EN ISO 10052 e definire il relativo indice di valutazione ($L'_{n,w}$) secondo il metodo di calcolo indicato dalla UNI EN ISO 717-2.

Il descrittore acustico L'n può essere valutato limitatamente alle frequenze medie in bande di ottava di 125, 250, 500, 1000 e 2000 Hz.

Il rumore da impatto deve essere causato da un generatore di calpestio normalizzato (tapping machine) posizionato in diagonale al centro del pavimento dell'ambiente emittente. Nel caso di solai anisotropi (p.e. solai in latero-cemento con travi) è necessario individuare almeno 3 posizioni del generatore di calpestio sul pavimento, con l'asse passante per i martelletti del generatore orientato a 45° rispetto all'orditura del solaio. Il generatore deve essere posto a una distanza di almeno 0.5 m dalle pareti che delimitano l'ambiente emittente.

- Tempo di riverberazione

La valutazione del tempo di riverberazione, al fine di definire gli indici $D_{2m,nT}$, R'_w , $L'_{n,w}$, può avvenite mediante misurazione (UNI EN ISO 3382-2) o facendo riferimento ai valori tabellari riportati nella UNI EN ISO 10052 (punto 6.5 "Reverberation index data").

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio. Per il metodo di campionamento degli elementi edilizi fare riferimento alla norma UNI 11367 – Appendice G "Campionamento di elementi tecnici nominalmente identici di edifici con tipologia seriale a fini dell'effettuazione delle prove".

Condizioni di misura

- Si raccomanda l'impiego di due fonometri o di un fonometro bi-canale al fine di svolgere la

misurazione simultanea dei livelli sonori nell'ambiente emittente e ricevente durante le verifiche di isolamento acustico.

- Le misurazioni devono avvenire con gli ambienti di prova completi di serramenti e porte interne e degli elementi di finitura (rivestimento del pavimento, intonaco di pareti e soffitto).
- Evitare di svolgere il collaudo acustico durante le lavorazioni più rumorose in cantiere.
- Il valutatore deve prendere nota delle condizioni al contorno durante le misurazioni (p.e. caratteristiche interne degli ambienti, presenza di arredi o occupanti nel caso di verifica in esercizio).

Disposizione dei punti di misura

Per la misurazione del rumore aereo e del rumore da impatto tra ambienti:

- Definire l'ambiente emittente (che ospita la sorgente sonora) e l'ambiente ricevente tra loro contigui.
- Per l'ambiente ricevente, individuare una posizione di misura al centro del locale mantenendosi alle spalle l'elemento di separazione; l'operatore deve muovere il microfono del fonometro compiendo con il braccio teso una rotazione di 180° su se stessi per almeno 4 volte durante un periodo di integrazione di almeno 30 s, facendo movimenti morbidi su e giù con il braccio durante la rotazione (v. fig D5.6.b).
- Per l'ambiente emittente (solo nel caso di misura del potere fonoisolante apparente di una partizione), individuare una posizione di misura al centro del locale mantenendosi alle spalle la sorgente sonora e, in modo analogo al punto precedente, muovere il microfono del fonometro compiendo una rotazione di 180° su se stessi per almeno 4 volte durante un periodo di integrazione di almeno 30 s, facendo movimenti morbidi su e giù con il braccio durante la rotazione.
- La distanza del microfono dalle superfici interne dell'ambiente deve essere non inferiore a 0.5 m e la distanza del microfono dalla sorgente sonora deve essere non inferiore a 1.0 m.

Figura D5.6.b
Esempio di posizione e movimento del fonometro (da UNI EN ISO 10052)

Per la misurazione dell'isolamento acustico da rumore aereo delle facciate:

- Per la misura del livello sonoro che incide sulla facciata, il microfono deve essere posizionato in esterno a una distanza di 2.0 m dal piano di facciata oppure a 1.0 m dal parapetto in presenza di balconi.
- Per la misura del livello sonoro nell'ambiente ricevente fare riferimento a quanto detto nei punti precedenti e alla fig. D5.6.b.

Requisiti degli strumenti di misura

Per la misurazione del livello di pressione sonora si richiede l'impiego di fonometri integratori con i seguenti requisiti minimi:

- range: 10 ÷ 120 dB

- incertezza: classe 1 – EN 60651, EN 60804
- risoluzione: 0.1 dB
- filtri in banda di ottava e/o 1/3 ottava conformi a EN 61260
- ponderazione A
- microfono per campo diffuso

L'impiego di un fonometro dotato di due microfoni (bi-canale) è raccomandato in quanto permette la misurazione simultanea dei livelli sonori nell'ambiente emittente e ricevente durante le verifiche di isolamento acustico.

I fonometri devono essere impiegati secondo le indicazioni fornite con lo strumento (p.e. condizioni ambientali operative, procedure di calibrazione). È richiesta una verifica periodica di taratura in laboratori accreditati (p.e. centri di taratura Accredia).

Per la misura dell'isolamento acustico tra ambienti si raccomanda l'impiego di sorgenti sonore omnidirezionali (dodecaedro), mentre per l'isolamento acustico di facciata sono preferibili sorgenti unidirezionali. Le sorgenti sonore di rumore aereo devono soddisfare i requisiti riportati dalle norme UNI EN ISO 16283 parte 1 e parte 3.

Per la misura del livello sonoro da rumore da impatto, il generatore di calpestio deve soddisfare i requisiti riportati dalla norma UNI EN ISO 16283 parte 2.

Schede tecniche della strumentazione utilizzata e certificati di calibrazione/taratura devono essere allegati alla documentazione del Protocollo di Collaudo.

FASE DI ESERCIZIO

In relazione al metodo di verifica indicato dalla norma UNI EN ISO 10052:2010, misurare l'isolamento acustico per gli ambienti principali dell'edificio. Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:

1. Misurare i descrittori acustici di fonoisolamento degli elementi edilizi

Per ogni ambiente principale limitarsi a misurare l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato ($D_{2m,nT,w}$) in quanto la misurazione in opera degli altri descrittori acustici (potere fonoisolante apparente, livello di pressione sonora di calpestio) risulta poco applicabile e con scarsa attendibilità dei risultati per la presenza di occupanti e arredi negli ambienti.

2. Determinare la classe acustica degli elementi edilizi

Determinare la classe acustica per ciascuna unità immobiliare, confrontando i valori misurati dei descrittori acustici al punto 1 con i valori di riferimento riportati nella Tabella D5.6.c.

Classe acustica	Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]
I	≥ 43
II	≥ 40
III	≥ 37
IV	≥ 32

Tabella D5.6.c Classe acustica in funzione delle prestazioni di isolamento acustico (da UNI 11367)

3. Determinare la classe acustica delle unità immobiliari

Determinare la classe acustica globale di ciascuna unità immobiliare C_{UI} secondo la procedura descritta al punto 6.4 della UNI 11367, assegnando alla classe acustica raggiunta da ogni elemento analizzato (v. punto 2) il coefficiente di peso Z secondo la Tabella D.5.6.d.

Classe acustica	I	II	III	IV	Prestazioni fino a 5 dB peggiori rispetto alla classe IV	Prestazioni per più di 5 dB peggiori rispetto alla classe IV
Coefficiente Z	1	2	3	4	5	10

Tabella D5.6.d Corrispondenza tra classe acustica per requisito e coefficiente di peso Z (da UNI 11367)

Calcolare il valore Z_{UI} secondo la seguente formula e arrotondando il risultato all'intero più vicino:

$$Z_{UI} = \frac{\sum_{r=1}^{P} Z_r}{P}$$

dove:
P = numero di requisiti r considerati per unità immobiliare;
Z_r = valore del coefficiente di peso relativo all'r-esimo requisito, con r = 1, ..., P .

Determinare la classe acustica C_{UI} dell'unità immobiliare in funzione del valore Z_{UI} calcolato, dove:
$C_{UI} = Z_{UI}$

Nel caso in cui risultasse CUI > 4 come classe di un'unità immobiliare, secondo la UNI 11367 l'unità immobiliare risulta non classificata (NC).

4. Determinare la classe acustica dell'edificio e assegnare il punteggio al criterio

Determinare la classe acustica globale dell'intero edificio calcolando la moda delle classi acustiche C_{UI} determinate per tutte le unità immobiliari presenti nell'edificio.

Nel caso non sia possibile individuare un unico valore di moda, scegliere il valore di prestazione inferiore tra quelli individuati.

Nel caso in cui una o più unità immobiliari risultino non classificate occorre assegnare al criterio D5.6 il punteggio negativo (meno uno).

Criteri di misurazione delle grandezze ambientali

Metodo di misura

Si riporta una sintesi del metodo di verifica in opera dei descrittori acustici sopra citati; si rimanda alla lettura delle norme UNI EN ISO 10052 e UNI 11367 per la definizione completa dei metodi di verifica e dell'incertezza di misura sui risultati ottenuti.

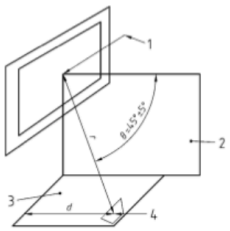
- Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$)

Per ciascun elemento di chiusura verticale di un ambiente principale, misurare l'isolamento acustico normalizzato di facciata ($D_{2m,nT}$) secondo il metodo di controllo definito dalla UNI EN ISO 10052 e definire il relativo indice di valutazione ($D_{2m,nT,w}$) secondo il metodo di calcolo indicato dalla UNI EN ISO 717-1.

Il descrittore acustico $D_{2m,nT}$ può essere valutato limitatamente alle frequenze medie in bande di ottava di 125, 250, 500, 1000 e 2000 Hz.

Per la misura di $D_{2m,nT}$ si può impiegare una sorgente sonora in esterno (metodo dell'altoparlante con rumore a banda larga) oppure il rumore da traffico stradale. L'ambiente retrostante l'elemento di chiusura verticale (facciata) viene impiegato come ambiente ricevente.

Nel caso del metodo di misura con altoparlante, il suo posizionamento rispetto alla facciata viene indicato dalla figura seguente.



1 : normale alla facciata
2 : piano verticale
3 : piano orizzontale
4 : altoparlante
d : distanza dalla facciata > 5 m

Figura D5.6.c
Geometria di misura con metodo dell'altoparlante (da UNI EN ISO 10052)

La direttività della sorgente sonora e la sua distanza dalla facciata deve essere tale che la differenza dei livelli sonori, misurati in corrispondenza della facciata, sia inferiore a 5 dB per ogni banda di ottava di interesse.

Nel caso del metodo di misura con rumore da traffico stradale, questo può essere impiegato come sorgente sonora esterna se il suo livello di pressione sonora è sufficientemente più elevato rispetto al rumore di fondo nell'ambiente ricevente. Durante la misurazione, con tempo di integrazione superiore a 60 s, devono passare almeno 15 veicoli.

Con questo metodo la misurazione del livello sonoro interno ed esterno deve avvenire simultaneamente.

- Tempo di riverberazione

La valutazione del tempo di riverberazione, al fine di definire l'indice $D_{2m,nT}$, può avvenite mediante misurazione (UNI EN ISO 3382-2) o facendo riferimento ai valori tabellari riportati nella UNI EN ISO 10052 (punto 6.5 "Reverberation index data").

Campionamento degli ambienti da monitorare

È richiesta una selezione del campione non inferiore al 20% delle unità immobiliari che compongono l'intero edificio. Per il metodo di campionamento degli elementi edilizi fare riferimento alla norma UNI 11367 – Appendice G "Campionamento di elementi tecnici nominalmente identici di edifici con tipologia seriale a fini dell'effettuazione delle prove".

Condizioni di misura

- Si raccomanda l'impiego di due fonometri o di un fonometro bi-canale al fine di svolgere la misurazione simultanea dei livelli sonori nell'ambiente emittente e ricevente durante le verifiche di isolamento acustico..
- Le misurazioni devono avvenire con gli ambienti di prova completi di serramenti e porte interne e degli elementi di finitura (rivestimento del pavimento, intonaco di pareti e soffitto). E' da evitare la presenza di occupanti durante le misurazioni in un ambiente.
- Il valutatore deve prendere nota delle condizioni al contorno durante le misurazioni (p.e. caratteristiche interne degli ambienti, presenza di arredi o occupanti); l'impiego di questionari soggettivi è auspicabile al fine di acquisire informazioni utili sul comportamento degli occupanti.

Disposizione dei punti di misura

Per la misurazione dell'isolamento acustico da rumore aereo delle facciate:

- Per la misura del livello sonoro che incide sulla facciata, il microfono deve essere posizionato in esterno a una distanza di 2.0 m dal piano di facciata oppure a 1.0 m dal parapetto in presenza di balconi.
- Per l'ambiente ricevente, individuare una posizione di misura al centro del locale mantenendosi alle spalle l'elemento di separazione; l'operatore deve muovere il microfono del fonometro compiendo con il braccio teso una rotazione di 180° su se stessi per almeno 4 volte durante un periodo di integrazione di almeno 30 s, facendo movimenti morbidi su e giù con il braccio durante la rotazione (v. fig D5.6.d).
- La distanza del microfono dalle superfici interne dell'ambiente deve essere non inferiore a 0.5 m.

Figura D5.6.d
Esempio di posizione e movimento del fonometro (da UNI EN ISO 10052)

Requisiti degli strumenti di misura

Per la misurazione del livello di pressione sonora si richiede l'impiego di fonometri integratori con i seguenti requisiti minimi:

- range: 10 ÷ 120 dB
- incertezza: classe 1 – EN 60651, EN 60804
- risoluzione: 0.1 dB
- filtri in banda di ottava e/o 1/3 ottava conformi a EN 61260
- ponderazione A
- microfono per campo diffuso

L'impiego di un fonometro dotato di due microfoni (bi-canale) è raccomandato in quanto permette la misurazione simultanea dei livelli sonori nell'ambiente emittente e ricevente durante le verifiche di isolamento acustico.

I fonometri devono essere impiegati secondo le indicazioni fornite con lo strumento (p.e. condizioni ambientali operative, procedure di calibrazione). È richiesta una verifica periodica di taratura in laboratori accreditati (p.e. centri di taratura Accredia).

Per la misura dell'isolamento acustico di facciata sono preferibili sorgenti uni-direzionali. Le sorgenti sonore di rumore aereo devono soddisfare i requisiti riportati dalle norme UNI EN ISO 16283 parte 1 e parte 3.

Schede tecniche della strumentazione utilizzata e certificati di calibrazione/taratura devono essere allegati alla documentazione del Protocollo di Collaudo.

Normativa di riferimento

- UNI EN ISO 10052:2010

Acustica - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti - Metodo di controllo

- UNI EN ISO 717-1:2013

Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea

- UNI EN ISO 717-2:2013

Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio

- UNI 11367:2010

Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera

- UNI EN ISO 16283-1:2018

Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea

- UNI EN ISO 16283-2:2018

Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio

- UNI EN ISO 16283-3:2016
Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 3: Isolamento acustico di facciata

- UNI EN ISO 3382-2:2008
Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari

- DPCM 5 dicembre 1997
Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici

QUALITA' AMBIENTALE INDOOR	COLLAUDO	D6.1
	ESERCIZIO	

Inquinamento elettromagnetico

Esposizione al campo magnetico a frequenza industriale

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D6 Inquinamento elettromagnetico	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire la minimizzazione dell'esposizione al campo magnetico a frequenza industriale negli ambienti principali.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Impatto delle sorgenti interne ed esterne.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	< 0	-1
SUFFICIENTE	0	0
BUONO	5	3
OTTIMO	10	5

Metodo e strumenti di verifica

FASE DI COLLAUDO

1. Verificare la presenza e l'ubicazione di sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale all'interno o nelle immediate vicinanze dell'edificio.

Le principali sorgenti di campo magnetico da considerare sono:

- cabine di trasformazione;
- linee interrate a media e alta tensione;
- quadri elettrici di edificio e di zona;
- parti costituenti gli impianti elettrici dell'edificio in progetto, solo qualora siano previste correnti di fase superiori a 20 A.

Per alcune di queste sorgenti (cabine di trasformazione AT/MT o MT/bt e linee a media o alta tensione) reperire le informazioni circa l'ampiezza delle fasce di rispetto degli elettrodotti (DPCM 08/07/2003 e DPCM 29/05/2008).

2. Valutare la distanza tra sorgenti e ambienti principali, come distanza in linea d'aria tra l'elemento che costituisce la sorgente di campo magnetico (cavo, quadro, ecc.) e il punto accessibile dell'ambiente

più vicino alla sorgente.

Verificare la presenza di strategie per la riduzione dell'esposizione, quali l'uso del cavo cordato a elica per le linee trifase MT e bt, l'applicazione di fascettatura per i cavi di bassa tensione in uscita da trasformatori, l' opportuna disposizione geometrica delle fasi per la minimizzazione delle emissioni in caso di presenza di più sistemi trifase, la disposizione delle sorgenti che garantisce la massima distanza possibile dalle aree accessibili, la presenza di schermature appropriate intorno alla sorgente.

3. In base alle verifiche effettuate, calcolare il valore di impatto delle sorgenti interne in base alla seguente tabella:

Esito verifica	Valore impatto
Presenza di sorgenti interne a distanza inferiore a 2 m da qualsiasi ambiente principale	-5
Presenza di sorgenti entro una distanza di 2 m da qualsiasi ambiente principale, ma con messa in atto di strategie per la riduzione dell'esposizione adeguate alla natura e caratteristiche della sorgente di campo magnetico	0
Tutte le sorgenti sono a distanza superiore a 2 m da tutti gli ambienti principali	+5
Presenza di sorgenti a distanza superiore a 2 m da tutti gli ambienti principali, con messa in atto di strategie per la riduzione dell'esposizione adeguate alla natura e caratteristiche della sorgente di campo magnetico	+10

4. In base alle verifiche effettuate, calcolare il valore di impatto delle sorgenti esterne all'edificio in base alla seguente tabella:

Esito verifica	Valore impatto
Edificio ubicato all'interno di una fascia di rispetto di elettrodotto (linea/cabina)	-5
Edificio non ubicato all'interno di una fascia di rispetto di elettrodotto (linea/cabina)	0
Presenza nell'area di misure/valutazioni di Arpa che garantiscono il rispetto dell'obiettivo di qualità di 3μT	+5

5. Assegnare il punteggio. Sommare i valori assegnati all'impatto delle sorgenti interne e delle

sorgenti esterne. Verificare il punteggio ottenuto in base alla scala di prestazione del criterio.

FASE DI ESERCIZIO

1. Verificare la presenza e l'ubicazione di sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale all'interno o nelle immediate vicinanze dell'edificio.

Le principali sorgenti di campo magnetico da considerare sono:

- cabine di trasformazione;
- linee interrate a media e alta tensione;
- quadri elettrici di edificio e di zona;
- parti costituenti gli impianti elettrici dell'edificio in progetto, solo qualora siano previste correnti di fase superiori a 20 A.

2. Procedere all'effettuazione delle misure del livello di induzione magnetica in tutti gli ambienti principali adiacenti a sorgenti interne di campo magnetico a frequenza industriale e in quelli prossimi a sorgenti esterne di campo magnetico a frequenza industriale.

Caratteristiche degli strumenti di misura

La strumentazione di misura dovrà soddisfare i seguenti requisiti minimi:

- Sonda triassiale con isotropia < ± 1.5dB
- Banda di frequenza da f >15Hz ad almeno 400Hz (ma frequenza massima non deve essere superiore a 100kHz)
- Presenza di un'attestazione della risposta in frequenza dello strumento (che deve essere piatta entro ±2dB nell'intervallo da 30Hz a 200 Hz)
- Dinamica dello strumento: da B≤0.5μT ad almeno 100 μT
- Linearità ≤2dB
- Lettura del livello RMS di campo magnetico
    - Accuratezza contenuta entro ±30%

Nota: i requisiti elencati non sono sufficienti per l'effettuazione di una misura finalizzata al confronto con i limiti, ma sono adeguati ai fini di una stima dei livelli di esposizione per il calcolo dell'indicatore di cui alla scheda per gli edifici in esercizio

Punti di misura

I punti di misura devono essere scelti in modo da essere rappresentativi delle effettive condizioni di esposizione di quanti accedono agli ambienti del fabbricato. In particolare, vanno effettuate misure in tutti quegli ambienti che prevedono la possibile permanenza prolungata di persone (≥ 4 ore).

Il numero di punti in ciascun ambiente va determinato in base a: dimensioni dell'ambiente stesso, presenza di postazioni fisse di permanenza di persone (ad es. scrivanie nel caso di un ufficio, o letti nel caso di un'abitazione), presenza di sorgenti all'interno o in adiacenza all'ambiente. Il numero e distribuzione dei puti di misura devono permettere una adeguata caratterizzare della variabilità spaziale del campo magnetico.

Tutte le misure vanno effettuate ad una altezza dal piano di calpestio pari a 1.5m, e ad una distanza di almeno 50cm da oggetti metallici e dalle pareti. Ove necessario, tali misure possono essere integrate da ulteriori misure ad altezza dal piano di calpestio inferiore a 1.5m (ad es. letti, o stanze in cui permangono

bambini).

Durata delle misure
Sorgenti ambientali esterne (linee ad alta o altissima tensione): sufficiente la misura spot.
Sorgenti interne fortemente variabili nel tempo: misure prolungate (orario diurno, almeno 4 ore), oppure ripetute nel tempo con almeno 3 campioni in condizioni diverse di emissione.

3. In base alle misure effettuate, verificare il valore di impatto delle sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale secondo la seguente tabella:

Livello di esposizione	Valore impatto
Media dei livelli di esposizione misurati in ciascun ambiente superiore a 2μT in 1 o più ambienti principali	-10
Media dei livelli di esposizione misurati in ciascun ambiente superiore a 1μT in 1 o più ambienti principali	-5
Media dei livelli di esposizione misurati in ciascun ambiente inferiore a 1μT per tutti gli ambienti principali	0
Media dei livelli di esposizione misurati in ciascun ambiente inferiore a 0.5μT per tutti gli ambienti principali	+5
Media dei livelli di esposizione misurati in ciascun ambiente inferiore a 0.2μT per tutti gli ambienti principali	+10

4. Assegnare il punteggio. Verificare il punteggio ottenuto in base alla scala di prestazione del criterio.

QUALITA' AMBIENTALE INDOOR	COLLAUDO	D6.2
	ESERCIZIO	

Inquinamento elettromagnetico

Esposizione al campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D6 Inquinamento elettromagnetico	
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**	
Garantire la minimizzazione dell'esposizione al campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde negli ambienti principali.	nella categoria	Nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**	
Impatto delle sorgenti interne ed esterne.	-	

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	< 0	-1
SUFFICIENTE	0	0
BUONO	5	3
OTTIMO	10	5

Metodo e strumenti di verifica

FASE DI COLLAUDO

1. Verificare la presenza e l'ubicazione di sorgenti di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde all'interno o nelle immediate vicinanze dell'edificio.

Le principali sorgenti di campo elettromagnetico da considerare sono:

- Impianti per telecomunicazioni (radio, tv, stazioni radiobase per telefonia cellulare, microcelle per copertura telefonia cellulare)
- Impianti radioamatoriali
- Reti Wi-Fi o altre reti ricetrasmittenti
- Lampade a basso consumo (ad attivazione RF)

Per gli impianti fissi di telecomunicazioni (soggetti alla disciplina di cui alla L. 221/2012) posti a distanza inferiore a 30m dal fabbricato, reperire presso il Comune competente le informazioni circa l'ampiezza del volume di rispetto.

2. Valutare la distanza tra sorgenti e ambienti principali, come distanza in linea d'aria tra l'elemento che costituisce la sorgente di campo elettromagnetico e il punto accessibile dell'ambiente più vicino alla sorgente.

3. Verificare la presenza di strategie per la riduzione dell'esposizione. A titolo di esempio: impossibilità di accesso alle aree in immediata adiacenza alle sorgenti, presenza di vetri schermanti in caso di sorgenti esterne.

4. In base alle verifiche effettuate, calcolare il valore di impatto delle sorgenti di campo elettromagnetico in base alla seguente tabella:

Esito verifica	Valore impatto
Edificio all'interno del volume di rispetto di un impianto per telecomunicazioni	-10
Presenza di sorgenti interne (ad es. apparati Wi-Fi e lampade a basso consumo) a distanza inferiore a 1.5 m da aree accessibili degli ambienti principali	-5
Presenza di sorgenti interne (ad es. apparati Wi-Fi e lampade a basso consumo) a distanza superiore a 1.5 m da aree accessibili degli ambienti principali	0
Messa in atto di strategie per la riduzione dell'esposizione	+5

5. Assegnare il punteggio. Verificare il punteggio ottenuto in base alla scala di prestazione del criterio.

FASE DI ESERCIZIO

1. Verificare la presenza e l'ubicazione di sorgenti di campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde all'interno o nelle immediate vicinanze dell'edificio.

Le principali sorgenti di campo elettromagnetico da considerare sono:

- Impianti per telecomunicazioni (radio, tv, stazioni radiobase per telefonia cellulare, microcelle per copertura telefonia cellulare)
- Impianti radioamatoriali
- Reti Wi-Fi o altre reti ricetrasmittenti
- Lampade a basso consumo (ad attivazione RF)

2. Procedere all'effettuazione delle misure del livello di campo elettrico in tutti gli ambienti principali.

Caratteristiche degli strumenti di misura

La strumentazione di misura dovrà soddisfare i seguenti requisiti minimi:

- Sonda triassiale con isotropia < ± 2dB
- Banda di frequenza: minima tra 100kHz e 50MHz, massima ≥6GHz
- Presenza di un'attestazione della risposta in frequenza dello strumento (che deve essere piatta entro ±4dB fino a 3 GHz, ed entro 6 dB fino a 6 GHz)
- Dinamica dello strumento: da E≤0.8 V/m ad almeno 50 V/m
- Linearità ≤3dB

- Lettura del livello RMS di campo elettrico
- Accuratezza contenuta entro ±40%
- Accuratezza contenuta entro ±30%

Nota: i requisiti elencati non sono sufficienti per l'effettuazione di una misura finalizzata al confronto con i limiti, ma sono adeguati ai fini di una stima dei livelli di esposizione per il calcolo dell'indicatore di cui alla scheda per gli edifici in esercizio

Punti di misura

I punti di misura devono essere scelti in modo da essere rappresentativi delle effettive condizioni di esposizione di quanti accedono agli ambienti del fabbricato. In particolare, vanno effettuate misure in tutti quegli ambienti che prevedono la possibile permanenza prolungata di persone (≥ 4 ore).

Il numero di punti in ciascun ambiente va determinato in base a: dimensioni dell'ambiente stesso, presenza di postazioni fisse di permanenza di persone (ad es. scrivanie nel caso di un ufficio, o letti nel caso di un'abitazione), presenza di sorgenti all'interno o in adiacenza all'ambiente.

In particolare, se sono presenti soltanto sorgenti ambientali esterne (stazioni radiobase, impianti broadcast), può essere sufficiente una misura a centro stanza, eventualmente integrata da misure in corrispondenza delle eventuali postazioni fisse di permanenza.

Se invece sono presenti sorgenti interne, sarà necessario effettuare punti di misura aggiuntivi in modo da caratterizzare bene la variabilità spaziale del campo elettrico.

Tutte le misure vanno effettuate ad una altezza dal piano di calpestio pari a 1.5m, e ad una distanza di almeno 50cm da oggetti metallici e dalle pareti. Ove necessario, tali misure possono essere integrate da ulteriori misure ad altezza dal piano di calpestio inferiore a 1.5m (ad es. letti, o stanze in cui permangono bambini).

Durata delle misure

Sorgenti ambientali esterne (stazioni radiobase, impianti broadcast): sufficiente la misura mediata su 6 minuti. Sorgenti interne fortemente variabili nel tempo: misure prolungate (orario diurno, almeno 4 ore), oppure ripetute nel tempo con almeno 3 campioni in condizioni diverse di emissione.

3. In base alle misure effettuate, verificare il valore di impatto delle sorgenti di campo elettromagnetico secondo la seguente tabella:

Livello di esposizione	Valore impatto
Media dei livelli di esposizione misurati inferiore a 0,8 V/m per tutti gli ambienti principali	+10
Media dei livelli di esposizione misurati tra 0,8 e 1,9 V/m in 1 o più ambienti principali	+5
Media dei livelli di esposizione misurati tra 2 e 4,5 V/m in 1 o più ambienti principali	-5
Media dei livelli di esposizione misurati superiore a 4,5 V/m in 1 o più ambienti principali	-10

4. Assegnare il punteggio. Verificare il punteggio ottenuto in base alla scala di prestazione del criterio.

QUALITÀ DEL SERVIZIO	- ESERCIZIO	E6.5

Mantenimento delle prestazioni in fase operativa

Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA
E. Qualità del servizio	E6 Mantenimento delle prestazioni in fase operativa
ESIGENZA	**PESO DEL CRITERIO**
Ottimizzare l'operatività dell'edificio e dei suoi sistemi tecnici.	nella categoria / nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	**UNITÀ DI MISURA**
Presenza e caratteristiche della documentazione tecnica degli edifici.	-

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	Documenti tecnici archiviati: nessuno o alcuni fra i seguenti documenti: relazione generale, relazioni specialistiche, elaborati grafici, piano di manutenzione.	-1
SUFFICIENTE	Documenti tecnici archiviati: relazione generale, relazioni specialistiche, elaborati grafici esecutivi, piano di manutenzione.	0
BUONO	Documenti tecnici archiviati: relazione generale, relazioni specialistiche, elaborati grafici edificio "come costruito", piano di manutenzione.	3
OTTIMO	Documenti tecnici archiviati: relazione generale, relazioni specialistiche, piano di manutenzione, modello Building Information Modeling (BIM) aggiornato.	5

Metodo e strumenti di verifica

1. Verificare che la documentazione tecnica riguardante l'edificio sia stata realizzata e archiviata in modo da risultare accessibile al gestore dello stesso per ottimizzarne la gestione e gli interventi di manutenzione:

Ai fini della verifica del criterio occorre verificare quali tra i seguenti documenti risultano archiviati:

i. Documenti del progetto esecutivo:
- relazione generale;
- relazioni specialistiche;
- elaborati grafici;
- piano di manutenzione. Nota: il piano di manutenzione deve risultare aggiornato/integrato con la necessaria documentazione che dia evidenza degli interventi effettuati in coerenza con quanto previsto

dal programma di manutenzione.

ii. Elaborati grafici “come costruito”:
- as-built relativi alla parte architettonica dell’edificio;
- as-built relativi agli impianti tecnologici.

I disegni “as-built” sono i disegni finali che descrivono l’opera come effettivamente costruita e che, a integrazione dell’archivio del progetto, devono essere a disposizione del gestore dell’edificio per la corretta attuazione degli interventi di manutenzione. Per poter considerare soddisfatto il requisito “elaborati grafici edificio come costruito” è necessaria l’archiviazione dei disegni as-built inerenti sia la parte architettonica dell’opera che la parte impiantistica.

iii. Modello Building Information Modeling (BIM) dell’edificio, aggiornato al “come costruito” e alla fase di esercizio (interventi di manutenzione effettuati, eventuali sostituzioni di elementi tecnici e/o impiantistici, eventuali modifiche funzionali/distributive subite dall’edificio).

2. In base alla documentazione tecnica archiviata e messa a disposizione del gestore dell’edificio, individuare lo scenario che meglio si adatta all’edificio in esame e attribuire al criterio il relativo punteggio.

Per la selezione di uno scenario è necessario che siano soddisfatti tutti i requisiti in esso elencati, ovvero che sia archiviata tutta la documentazione tecnica elencata. Selezionare quindi lo scenario migliore tra quelli che rispettano questa condizione.