

PROPOSTA DI AUDIT ENERGETICO AMBIENTALE

Proposta di Audit Energetico Ambientale	1
1 Premessa	2
1.1 Finalità	2
1.2 Modalità di espletamento dei servizi	2
2 Struttura Organizzativa	3
2.1 Organigramma e descrizione delle funzioni	3
2.2 EQUIPE DI LAVORO	4
3 Strumentazioni	5
3.1 Valutazione del comfort termico	5
3.2 Valutazione del comfort luminoso	5
3.3 Valutazione delle prestazioni dell'involucro	6
3.4 Verifica dei requisiti acustici passivi	7
3.5 Verifica del microclima	7
4 Metodologia di svolgimento delle attività	8
4.1 Attività oggetto dell'incarico	8
4.2 Struttura dell'Audit Energetico Ambientale	8
5 Raccolta, analisi, gestione e archiviazione dei dati	10
5.1 Acquisizione delle informazioni di base	10
5.2 Individuazione di indicatori (benchmark)	10
6 Diagnosi termo-acustica	10
6.1 Analisi termografica	10
6.2 Analisi termoflussimetrica	12
6.3 Valutazione comfort termico	12
6.4 Valutazione comfort luminoso	13
6.5 Verifica requisiti acustici passivi	13
7 Diagnosi dell'involucro architettonico	16
7.1 Rilievo architettonico	16
8 Diagnosi impiantistica	16
8.1 Rilievo impianti	16
8.2 Analisi ponti termici	16
8.3 Valutazione condensa interstiziale	16
9 Certificazione energetica	16
10 Progettazione interventi di miglioramento	18
10.1 Strategie ed interventi per il miglioramento delle performance energetiche delle strutture	18
11 Analisi e stima dei costi	20
11.1 Presentazione di bandi	20

1 PREMESSA

La presente relazione costituisce proposta tecnica metodologica per l'esecuzione di diagnosi energetiche (condizionamento) e ambientali (microclimatiche, illuminazione). Si vogliono illustrare le modalità di espletamento, da parte di POOL ENGINEERING, del **Servizio di Audit Energetico Ambientale** volto ad evidenziare quali possono essere i più efficienti interventi di miglioramento dell'edificio oggetto di analisi.

La proposta in oggetto riguarda lo svolgimento di un'analisi integrata, attraverso l'utilizzo di **strumentazione dedicata**, da utilizzare in sito, tutta in nostra diretta ed immediata disponibilità, con la stesura di report diagnostici, finalizzata alla

progettazione di strategie ed interventi mirati al miglioramento delle performance energetiche ed ambientali dell'edificio. Le indagini saranno effettuate secondo tre livelli di approfondimento (*preliminary audit*, *standard audit*, *simulation audit*). La fase finale dell'Audit Energetico Ambientale prevede la redazione della valutazione economica dei macro interventi, organizzati secondo una scala di priorità.

Le attività saranno analiticamente pianificate attraverso una programmazione estesa ad ogni singola attività lavorativa, quale raccolta dei dati, misure in sito, modellazione, redazione audit, elaborazione certificazioni energetiche, in maniera da fornire alla Committenza la garanzia di una prestazione di qualità.

1.1 Finalità

L'approccio all'audit energetico - ambientale di POOL ENGINEERING parte dalla volontà di analizzare le strutture edilizie al fine di apportare dei miglioramenti costruttivi e/o impiantistici all'insegna dell'efficienza energetica. L'obiettivo è non solo quello di migliorare la sostenibilità ambientale dei fabbricati, ma anche quello di ridurre i costi di gestione, su cui la

componente energetica ha un peso consistente.

E' inoltre parte della proposta la possibilità di condurre in parallelo alla diagnostica energetica anche l'analisi dei requisiti acustici passivi dell'edificio al fine di progettare interventi di adeguamento energetico coerenti con una corretta riduzione dell'esposizione umana al rumore, al fine di certificare e collaudare interventi di adeguamento rispondenti all'attuale **normativa termo-acustica**.

1.2 Modalità di espletamento dei servizi

Il termine *audit* energetico - ambientale può risultare generico poiché definisce una molteplice diversità e varietà di approcci sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista operativo.

Dal punto di vista tecnico si possono realizzare audit energetici molto semplici (e anche relativamente brevi), in grado di fornire risposte immediate ma non sempre attendibili, oppure audit molto complessi e sofisticati che prevedono il coinvolgimento di conoscenze tecniche specifiche, software dedicati e tempi di elaborazione dei dati molto lunghi.

Dal punto di vista operativo si può procedere con l'audit energetico di un intero complesso edilizio ma anche di una sola porzione, di un solo impianto o di un singolo componente architettonico. Va da sé che a questa varietà di approcci e possibilità operative corrisponde

un'altrettanto varia possibilità di spesa in termini economici per cui è bene trovare l'approccio migliore per l'edificio in esame.

E' possibile raggruppare i molteplici approcci all'audit energetico in tre macro-categorie che corrispondono a tre diversi livelli operativi:

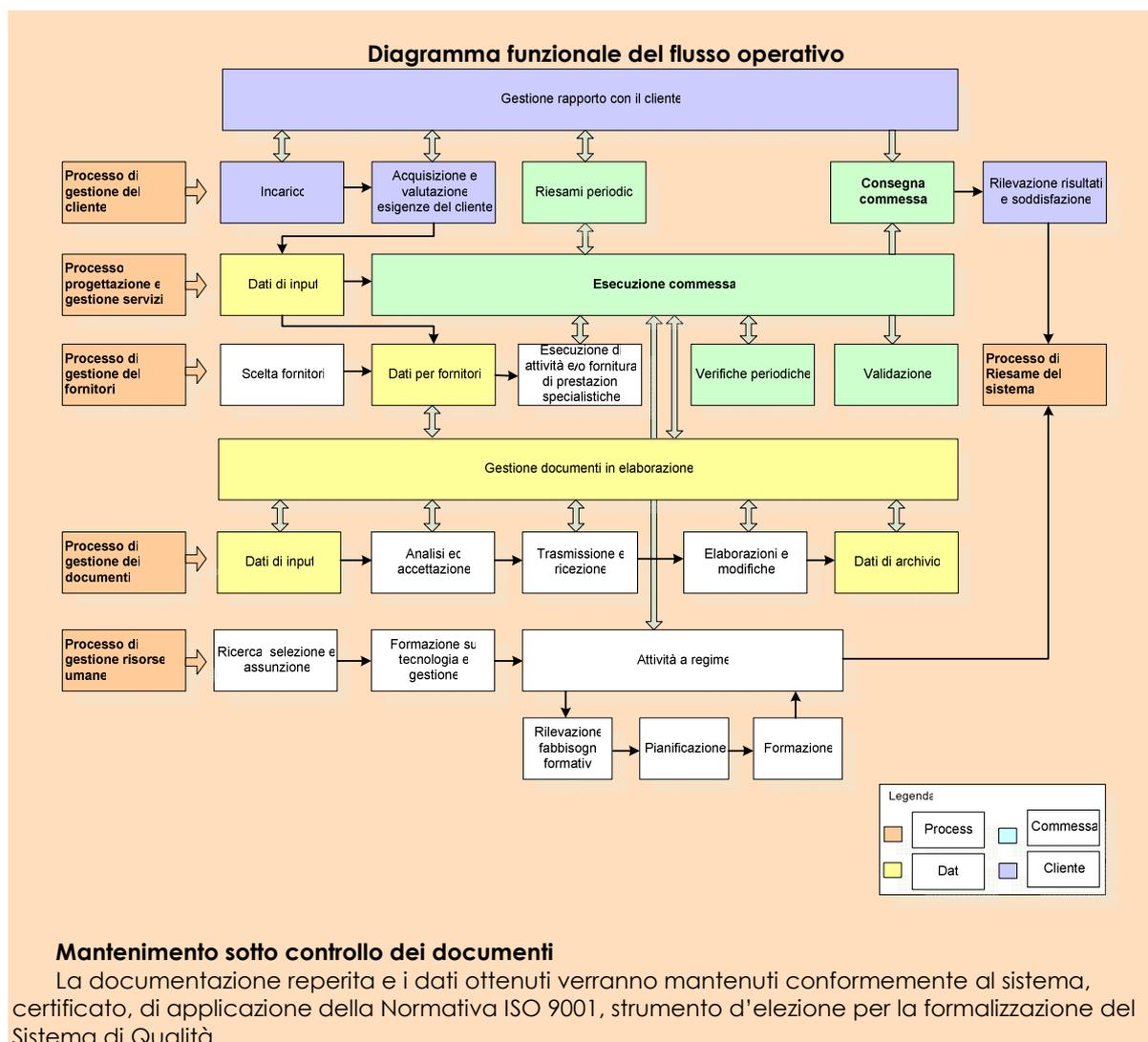
- *I Livello*: definito *preliminary audit*, è un audit che può essere fatto in tempi brevi e con un utilizzo di risorse economiche relativamente contenuto. Si tratta infatti di un'analisi di tipo preliminare, quindi non definitiva ed esaustiva;
- *II Livello*: definito *standard audit*, rappresenta un livello più approfondito di indagine e analisi e necessita di un maggiore investimento in termini di tempo e di risorse economiche. Si tratta di un'analisi di tipo con grado di approfondimento maggiore, che parte da una attenda analisi dei dati disponibili nella struttura;
- *III Livello*: definito *simulation audit* rappresenta il livello operativo più complesso che prevede una ricostruzione virtuale dell'edificio oggetto dell'audit.



2 STRUTTURA ORGANIZZATIVA

2.1 Organigramma e descrizione delle funzioni

Per espletare correttamente quanto richiesto dal COMMITTENTE, i professionisti e i tecnici collaboratori di POOL ENGINEERING lavoreranno con ampia autonomia e saranno in grado di operare in tempi brevi con soluzioni rapide ed efficaci anche in fase decisionale.



2.2 EQUIPE DI LAVORO

Lo svolgimento dei compiti relativi alle fasi tecnico amministrative e relazionali, per svilupparsi in modo adeguato e perseguire gli obiettivi prefissati (dato il carattere prettamente interdisciplinare dell'intervento), non può fare a meno di un raggruppamento di professionisti con solide basi teoriche e pratiche, con esperienza di lavoro in team in ufficio e in sito.

Le competenze specialistiche e le responsabilità specifiche di ciascun ruolo insieme ad un costante dialogo e confronto fra gli attori garantiranno il funzionamento, il carattere scientifico e la qualità del risultato finale.

L'impegno di POOL ENGINEERING è quello di portare avanti un approfondito confronto con la COMMITTENZA al fine di garantire la migliore rispondenza del lavoro presentato con gli intenti e le aspettative della stessa, e nel contempo la presentazione di diagnosi funzionali, efficaci ed economiche.

POOL ENGINEERING provvederà ad effettuare una verifica sul lavoro svolto, al fine di ottemperare al meglio alle esigenze della committenza, fornendo un risultato efficace e completo.

2.2.1 Operatori - Ambito Termografico

I risultati delle prove devono essere interpretati da persone in possesso di formazione specifica in ambito termografico. L'operatore che effettuerà le riprese dei termogrammi è il Geom. Andrea Zanusso, in possesso di qualifica di Tecnico Termografico di II Livello (Certificato di Livello 2 n. 23893/PND/C), Settore Civile/industriale, secondo la norma UNI EN 473.

2.2.2 Operatori - Ambito Acustico

L'Ing. Virgilio M. Chiono fa parte dell'elenco dei tecnici competenti in acustica ambientale riconosciuti dalla Regione Piemonte e ha ottenuto il riconoscimento con Atto n. D.D. 83 dell'11 aprile 2005.

3 STRUMENTAZIONI

Le procedure di rilievo sul campo rappresentano un momento importantissimo di raccolta dei dati e confronto con le reali esigenze del cliente.

Di seguito si riportano alcuni strumenti tecnici (omettendo quelli considerati di uso comune come i termometri classici, i

distanziometri laser, le fotocamere digitali, ecc.) che la nostra struttura utilizza comunemente durante la fase di rilievo.

Tutti i nostri tecnici sono professionisti formati opportunamente per l'utilizzo corretto e l'interpretazione dei dati forniti dai diversi strumenti.

3.1 Valutazione del comfort termico

L'indagine, condotta con metodi strumentali, prevede l'utilizzo dei principali strumenti di misura delle caratteristiche microclimatiche della struttura.

Termoigrometro ambientale e termometro a contatto



La valutazione precisa della temperatura è ovviamente il primo parametro oggetto di analisi. Il termometro a contatto indica la temperatura di una superficie, e, con sonde opportune, l'interno dei materiali. Il termo-igrometro ambientale permette di rilevare, con precisione e velocità, la temperatura ambientale interna / esterna e l'umidità relativa, parametri di fondamentale importanza e basilari per le successive analisi.

L'utilizzo di strumenti moderni, dotati di data - logger, permette di mantenere sotto controllo tali parametri nel tempo.

Strumento: Fluke 971

Strumento: Testo 925

Anemometro



L'anemometro è uno strumento utilizzato per misurare la velocità dell'aria. In campo termo-acustico, l'utilizzo dell'anemometro è fondamentale per rilevare il passaggio di aria da piccole fessure tra gli elementi strutturali fissi e mobili; inoltre, permette di verificare l'efficienza degli impianti di condizionamento a flusso di aria forzato e di quantificare volumetricamente le perdite di aria condizionata dagli edifici.

Strumento: Thermo Air 3

Igrometro a contatto



L'igrometro è uno strumento in grado di misurare, in modo rapido e non distruttivo, l'umidità nei materiali edili.

L'utilizzo dell'igrometro permette di rilevare anche in fase nascente eventuali accumuli di umidità derivanti da fenomeni di condensazione o di risalita capillare, direttamente rilevabili nei materiali di cui è composta la struttura oggetto di analisi

Strumento: Testo 616

3.2 Valutazione del comfort luminoso

Una corretta analisi energetica non deve trascurare aspetti connessi all'utilizzo della luce, naturale e artificiale.

Luxmetro



E' opportuno svolgere un'analisi quantitativa effettuando delle misurazioni dell'entità della luce che investe una certa superficie utilizzando il luxmetro, strumento per la misura del livello di illuminamento espresso in lux. Questa semplice analisi può fornire indicazioni interessanti sul comfort luminoso e sull'efficienza del sistema di illuminazione.

Le misure dell'illuminamento andranno rilevate in punti significativi dell'ambiente, in particolare sull'eventuale piano di lavoro e su eventuali zone d'ombra tenendo sempre in considerazione l'effetto della luce naturale.

Anche i dati rilevati dal luxmetro, così come per le altre misure

	ambientali, possono essere istantanei o continui con un'evidente preferenza per i secondi che possono fornire monitoraggi nell'arco di tutta la giornata o di diversi giorni.
	Strumento: Delta OHM 1050

3.3 Valutazione delle prestazioni dell'involucro

Per verificare le prestazioni di un edificio dal punto di vista energetico è necessario procedere con la misurazione di alcuni parametri fisici. Con questo obiettivo, l'elemento più importante da indagare risulta essere l'involucro architettonico attraverso la quantificazione delle sue principali caratteristiche termofisiche.

Per procedere alla valutazione delle prestazioni dell'involucro, lo studio POOL ENGINEERING è dotato di strumenti comuni che, in fase di sopralluogo, possano verificare le caratteristiche fisiche dell'involucro.

Spessimetro per vetro	
	<p>Per ciò che riguarda le pareti trasparenti, ovviamente, non è pensabile praticare dei fori e utilizzare un endoscopio per conoscerne la composizione. La nostra struttura è dotata di uno spessimetro per vetro che, sfruttando la riflessione di un raggio laser, è in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • misurare lo spessore del vetro e del distanziale; • rilevare la presenza di vetri trattati (es. basso-emissivi); • identificare numeri, spessori e posizioni di eventuali pellicole; • effettuare diverse misurazioni comparative tra i diversi strati.
	Strumento: GMGlass / Merlin

Termoflussimetro	
	<p>Un parametro importantissimo, quando si parla di valutazione delle prestazioni dell'involucro, è senza dubbio quello della trasmittanza.</p> <p>Il termoflussimetro è costituito da due piastre da porre sullo strato superficiale dell'elemento opaco che si vuole analizzare, una all'interno e una all'esterno, collegate a un <i>data logger</i> in grado di archiviare i dati. Il tempo di rilevazione può variare a seconda della stabilità delle condizioni climatiche esterne ma generalmente non è mai inferiore ad alcuni giorni.</p> <p>Le misurazioni migliori avvengono in inverno quando la differenza di temperatura tra ambiente interno ed esterno è più marcata e risulta maggiore il flusso di calore uscente.</p>
	Strumento: Almemo 2690-8

Termocamera	
	<p>Lo scopo dell'analisi termografica è quello di valutare l'emissione infrarossa superficiale delle pareti attraverso delle informazioni che sono rese dallo strumento in formato digitale attraverso immagini bidimensionale.</p> <p>Le misurazioni migliori avvengono nelle stesse condizioni di utilizzo del termoflussimetro.</p> <p>Solo un'attenta ed esperta lettura dei dati ottenuti consente di trarre corrette risposte e dare una chiave di interpretazione efficace; tale attrezzatura, pertanto, deve essere utilizzata da utenti esperti e correttamente formati.</p>
	Strumento: Fluke Ti32_9Hz Thermal Imager

Blower door	
	<p>L'utilizzo della porta soffiante per l'effettuazione del "Blower Door Test" permette, attraverso la messa in pressione di uno o più locali, di verificare la tenuta di elementi costruttivi quali porte, infissi, murature, controsoffitti, nei confronti del passaggio di aria. Prova di fondamentale importanza per il collaudo degli infissi, fornisce inoltre ottime informazioni per la verifica della posa in opera delle strutture di tamponamento, evidenziando difetti non visibili perché coperti da controsoffitti o altro.</p>
	Strumento: RetroTech Air - Flow

3.4 Verifica dei requisiti acustici passivi

L'analisi integrata che Pool Engineering è in grado di produrre prevede il tracciamento di alcune caratteristiche fisiche inerenti l'acustica degli edifici. Tale analisi è svolta da personale qualificato con l'uso di strumenti idonei.

Trattandosi di analisi di tipo energetico abbinate a valutazioni di tipo acustico, gli strumenti utilizzati servono principalmente per campionare il comportamento delle partizioni verticali (trasparenti e opache); si tralasciano pertanto strumenti classici (che possono comunque essere messi disposizione della committenza) come la macchina per calpestio (prettamente utilizzata in ambito residenziale).

Fonometro e diffusore dodecaedrico	
	<p>Installando opportunamente una fonte di rumore virtualmente omogenea (rappresentata dal diffusore dodecaedrico), siamo in grado di rilevare direttamente il rumore emesso dalla sorgente e quello filtrato dalla partizione oggetto di analisi attraverso l'uso di più fonometri in contemporanea, tutti dotati di strumenti di registrazione in continuo del segnale rilevato sui diversi canali.</p>
	<p>Strumento: Delta OHM HD 9020; Strumento: SVANTECH SVAN 959</p>

3.5 Verifica del microclima

Il rilievo di alcuni dei dati microclimatici di base può essere effettuato direttamente tramite alcuni degli strumenti sopra indicati. Oltre a ciò, siamo in grado di fornire strumentazione dedicata per la registrazione in continuo di alcuni parametri e la rilevazione sul campo di inquinanti aerodispersi quali polveri, solventi, muffe e batteri, oltre a inquinanti ambientali radioattivi quali il Radon.

Campionatore aeriforme portatile	
	<p>Siamo in grado di effettuare, con rilievi sul posto, verifica di inquinanti ambientali diffusi, di fondamentale importanza sia per la salute e la sicurezza sul lavoro che il comfort ambientale percepito.</p> <p>In conformità alla normativa vigente, possiamo effettuare verifiche di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • EMISSIONI IN ATMOSFERA, verifica dei limiti di concentrazione degli inquinanti. • ARIA: campionamenti con apparecchiature fisse o mobili. • BIOGAS, composizione miscela di combustione, controllo delle fughe nei gas interstiziali all'esterno degli impianti. • ODORE, monitoraggio delle sostanze odorogene mirato alla verifica e al controllo del fenomeno degli odori molesti. • AMIANTO AERODISPERSO, monitoraggio della concentrazione di amianto nell'aria
	<p>Strumenti: Analizzatori portatili per gas; Attrezzature per prelievi di aeriformi (pompe aspiranti, campionatori ambientali e personali)</p>

4 METODOLOGIA DI SVOLGIMENTO DELLE ATTIVITÀ

4.1 Attività oggetto dell'incarico

Le attività di **Audit Energetico Ambientale** verranno svolte con le modalità dettagliate e in diverse fasi di lavoro risultano, descritte in maniera esaustiva nei paragrafi seguenti.

Vista, e richiamata, la volontà di rispettare il principio cardine della "qualità", intesa come soddisfacimento dei requisiti del cliente,

POOL ENGINEERING intende proporre il seguente schema di lavoro.

Sono previste le seguenti fasi operative, che avanzeranno in parallelo grazie alla struttura che POOL ENGINEERING è in grado di offrire.

4.2 Struttura dell'Audit Energetico Ambientale

1. Raccolta, analisi, gestione e archiviazione dei dati inerenti le prestazioni energetiche delle strutture:
 - acquisizione delle informazioni di base: dati generali, documentazione tecnica, documentazione tecnica di gestione (consumi energetici per le utenze elettriche, consumi energetici per le utenze termiche) ove necessario;
 - Individuazione di indicatori (*benchmark*) che parametrizzano i consumi rilevati attraverso l'analisi energetica dell'edificio (esempi di indicatori: consumo energetico/volume lordo, consumo energetico/superficie utile, consumo energetico/utente, ecc.);
2. Diagnosi termo-acustica:
 - analisi termografica;
 - analisi termoflussimetrica;
 - valutazione comfort termico;
 - valutazione comfort luminoso;
 - verifica requisiti acustici passivi;
3. Diagnosi dell'involucro architettonico:
 - rilievo architettonico: dati generali, caratteristiche geometriche, involucri opachi, involucri trasparenti, coperture e basamenti;
4. Diagnosi impiantistica:
 - rilievo impianti meccanici (ove necessario);
 - rilievo impianti elettrici (ove necessario);
 - analisi ponti termici;
 - valutazione condensa interstiziale;
5. Certificazione energetica;
6. Progettazione interventi di miglioramento: strategie ed interventi per il miglioramento delle performance energetiche delle strutture;
7. Analisi e stima dei costi di intervento;
8. Presentazione di bandi: aiuto e sostegno alla presentazione di bandi da parte di aziende ed enti pubblici.

Pool Engineering ha intenzione di gestire le fasi sopra descritte secondo un quadro di gestione dell'informazione funzionale che prevede fasi primarie di raccolta dati (*input*), prevalentemente in sito, fasi di elaborazione dell'informazione (ciclo di *Deming* applicato alla informazione), e primarie fasi di *output*.

Per la redazione del programma di lavoro si sono analizzate e seguite nel dettaglio tutte le fasi procedurali come meglio specificato nei capitoli seguenti.

4.2.1 Livelli di approccio

Un *auditor* energetico "responsabile" deve innanzi tutto porsi degli obiettivi di efficacia rispetto alla quantità e la qualità dei risultati che si intendono ottenere cercando di predisporre – fin dalla fase di progettazione dell'audit – *tutti e solamente quegli* interventi (analisi, rilievi, monitoraggi) che collaborano al raggiungimento di tali obiettivi.

Di conseguenza, ogni audit deve essere "tarato" rispetto al contesto da analizzare e agli obiettivi che si intendono raggiungere non prescindendo da un'accurata valutazione economica dell'audit stesso. Gli interventi di audit, infatti, devono essere programmati in funzione della loro reale capacità di ripagarsi – in tempi accettabili – generando effetti positivi.

Per questo motivo è bene, preliminarmente, pianificare tutte le azioni che contribuiranno alla stesura del report finale di audit per evitare lacune durante la fase di analisi ma anche indagini strumentali e

approfondimenti superflui che risultino ingiustificati da motivazioni logiche, tenendo sempre come riferimento gli obiettivi prefissati.

È sempre bene, dunque, procedere per gradi cominciando da un'analisi generica che – attraverso alcuni indicatori di benessere o di consumo – evidenzi possibili problematiche dal punto di vista energetico per poi passare a eventuali analisi di dettaglio – da programmare solo per quegli indicatori che risultano fuori standard – per poi, infine, proporre possibili soluzioni e interventi di ottimizzazione ed efficientazione specifici.

Come già accennato, è possibile operare secondo tre diversi livelli operativi:

- **I LIVELLO: PRELIMINARY AUDIT;**
- **II LIVELLO: STANDARD AUDIT;**
- **III LIVELLO: SIMULATION AUDIT.**

5 RACCOLTA, ANALISI, GESTIONE E ARCHIVIAZIONE DEI DATI

5.1 Acquisizione delle informazioni di base

5.1.1 Dati generali

In fase iniziale occorre raccogliere informazioni generali dell'edificio oggetto della diagnosi:

- ubicazione dell'edificio, impianto o infrastruttura oggetto di analisi;
- destinazione d'uso;
- anno di costruzione;
- anno di eventuali manutenzioni straordinarie;
- interventi che hanno portato a significative modificazioni, restauri significativi;

- tipologia di utenza.

In questa fase iniziale è inoltre importante suddividere il complesso edilizio in "zone termiche" e "funzionali", ossia porzioni di edificio indipendente dal punto di vista termico, in cui i parametri microclimatici interni sono gestiti da impianti dedicati oppure con regolazioni indipendenti. Per ognuna di queste zone è necessario definire il volume lordo, la superficie netta e la dotazione impianti.

5.1.2 Documentazione tecnica

Le planimetrie generali sono i primi documenti da reperire poiché da esse è possibile ricavare gli orientamenti dell'edificio che, insieme ai dati microclimatici locali (soleggiamento, ventilazione, umidità relativa, ecc.) e all'analisi del contesto territoriale circostante, consentono di individuare:

- le zone di ombra perenni o temporanee (dovute ad edifici adiacenti o circostanti o a masse arboree);
- le zone ad alta umidità relativa (corsi d'acqua o fossi nelle prossimità dell'edificio, superfici verdi – pavimentazioni o coperture –, aree boschive);
- eventuali barriere (naturali o antropiche) alla ventilazione naturale, estiva ed invernale.

Gli elaborati grafici (piante e sezioni nelle opportune scale metriche), oltre a consolidare la conoscenza dell'edificio consentono di calcolare le superfici ed i volumi dei singoli ambienti, delle diverse zone termiche e risalire alle eventuali modifiche apportate al complesso edilizio rispetto alla sua configurazione iniziale.

Altri elaborati grafici (come prospetti e dettagli architettonici nelle opportune scale grafiche), consentono l'individuazione dei materiali utilizzati per la realizzazione del manufatto in particolare per quelle parti che non sono visibili a occhio nudo o inaccessibili per ispezioni e sopralluoghi; in particolare è possibile risalire alle stratigrafie delle diverse partizioni verticali (pareti perimetrali, tramezzi) e orizzontali (solai di fondazione ed interpiano) oltre che ad alcune informazioni sulle fondazioni.

5.1.3 Documentazione tecnica di gestione

Tale documentazione descrive le modalità con cui vengono gestiti gli impianti, dando informazioni chiare e dettagliate dei reali consumi energetici:

- consumi energetici per le utenze elettriche;

- consumi energetici per le utenze termiche.

La documentazione tecnica di gestione comprende il reperimento dei contratti di fornitura delle utenze, degli eventuali contratti di gestione e bollette energetiche.

5.2 Individuazione di indicatori (*benchmark*)

I consumi rilevati attraverso l'analisi energetica dell'edificio possono essere parametrizzati utilizzando degli indicatori che prendono il nome di *benchmark*; i *benchmark* risultano utili sia per come punto di partenza per il successivo audit energetico, sia per definire gli obiettivi energetici che si vogliono raggiungere con gli interventi di efficientamento proposti dall'audit, monitorando in modo semplice ed efficace il

progresso delle strategie e delle azioni messe in campo.

Per la costruzione di *benchmark* affidabili si tengono in considerazione, d'accordo con la COMMITTEA, i quattro fattori seguenti:

- condizioni microclimatiche (temperatura, umidità relativa, illuminamento, ecc.);
- profili orari e giornalieri di occupazione;
- caratteristiche dei sistemi impiantistici;
- modalità d'uso degli impianti.

6 DIAGNOSI TERMO-ACUSTICA

6.1 Analisi termografica

Lo scopo dell'analisi termografica è quello di valutare la temperatura superficiale delle pareti attraverso delle informazioni che sono rese dallo strumento in formato digitale

attraverso immagini bidimensionale (foto). L'analisi termografica sta assumendo un sempre maggiore interesse in quanto rappresenta un'indagine non invasiva e non

distruttiva della struttura.

Le cosiddette "termocamere", fotocamere digitale in grado di restituire immagini "termografiche", risultano utili nell'analisi energetica di un edificio per i seguenti motivi:

- individuazione dei ponti termici di forma e di struttura;
- verifica della struttura, della trama muraria, del potere coibentante di pareti e tubazioni;
- individuazione di problemi di posa in opera del materiale isolante;
- individuazione di elementi vetrati dotati di scarse prestazioni termiche;
- individuazione di infiltrazioni di aria dagli elementi vetrati e/o da giunzioni strutturali;
- individuazione di perdite di acqua nell'involucro o negli impianti;
- verifica dell'eventuale formazione di muffe, condensa, funghi;

- individuazione di distacchi o fessurazioni degli strati superficiali delle strutture murarie;
- verifica del funzionamento degli impianti termici ed elettrici;
- localizzazione di cellule non funzionanti su impianti fotovoltaici o solari termici.

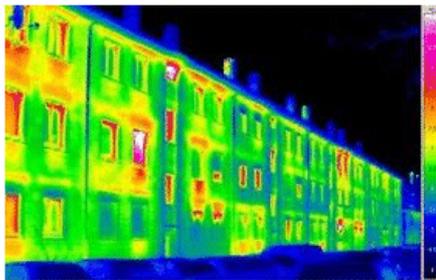
Nonostante la quantità di informazioni che si possono desumere da un'analisi termografica è bene ricordare come essa fornisce informazioni "istantanee" e non continue in un periodo di tempo per cui è necessario utilizzare i dati termografici insieme ad analisi e valutazioni di altro tipo.

Come accennato nel paragrafo precedente, l'utilizzo dell'analisi termografica – che fornisce informazioni istantanee – con i dati ricavati da un termoflussimetro - che fornisce informazioni rilevate su tempi molto più lunghi - permette di avere risultati molto interessanti per lo studio.

Specifica di lavoro

LA RICERCA DEI PONTI TERMICI E DELLE DISPERSIONI DI CALORE

TERMOGRAFIA INFRAROSSO



L'analisi e la ricerca di ponti termici e delle dispersioni di calore sono tra le applicazioni più "di moda" della **termografia infrarossa**. I ponti termici sono discontinuità di isolamento termico che provocano una localizzata perdita di calore. Tra i principali ponti termici si possono annoverare i pilastri nelle murature perimetrali, le travi di bordo e le zone in corrispondenza dei cassonetti. Dal punto di vista rigoroso, il ponte termico è definito come una discontinuità e/o una giunzione degli elementi strutturali di un edificio che provoca modifiche al flusso termico, rendendolo non

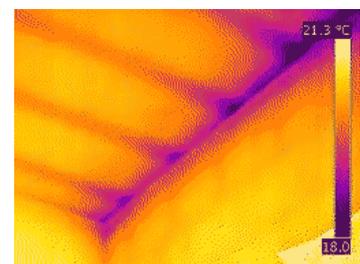
monodimensionale.

La ricerca del ponte termico mediante le applicazioni termografiche è una procedura abbastanza semplice; per tale tipologia di applicazione è necessario che sia presente un adeguato delta termico tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno. Essendo una termografia passiva, è necessario che durante la battuta termografica venga garantito un regime stazionario, il che significa che vi sia un flusso termico lineare tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno. La norma UNI 13187 "Prestazione termica degli edifici-rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri i diritti-metodo all'infrarosso" definisce quali sono i requisiti da rispettare per poter soddisfare le condizioni per essere in regime stazionario:

1. La temp. dell'aria est. non deve subire variazioni di $\pm 10^{\circ}\text{C}$ nelle 24 ore precedenti alla prova.
2. Durante la prova e nelle 24 ore precedenti la stessa, il delta termico tra l'interno e l'esterno dell'involucro edilizio non deve essere minore di $3/U$, dove U è il valore di trasmittanza termica della parete. Il delta termico, comunque, non dovrà mai essere inferiore a 5° centigradi.
3. Durante la battuta termografica non vi devono essere variazioni sensibili della temperatura interna e della temperatura esterna, per la temperatura interna si considerano variazioni accettabili quelle entro $\pm 2^{\circ}$, per l'ambiente esterno sono accettate quelle fino a $\pm 5^{\circ}$.
4. Nelle 12 ore precedenti la battuta termografica e durante la stessa, le aree oggetto di indagine non devono assolutamente essere irraggiate.

Se si analizza il momento in cui la parete oggetto di indagine viene irraggiata direttamente dal sole, si osserverà che il sole, per effetto dell'irraggiamento diretto, apporta una grande quantità di calore sulla parete esterna. Il sole, innalzerà la temperatura della parete esterna fino a 30 o 40° per cui l'effetto della possibile perdita di calore e cioè l'effetto del flusso termico dall'interno verso l'esterno dell'edificio viene vanificato dalla presenza dell'irraggiamento solare.

L'analisi dei ponti termici viene fatta prevalentemente sui prospetti esterni, avendo il vantaggio di poter analizzare ampie superfici di muratura in tempi molto ridotti. È però una procedura diffusa l'analisi dei ponti termici effettuata dall'interno delle singole unità abitative. Rispetto a quanto detto precedentemente in relazione alle condizioni ottimali per l'esecuzione della battuta termografica, la ripresa effettuata dall'interno non crea grandi problemi, devono essere



verificate tutte le condizioni di differenza di temperatura tra interno e esterno dell'involucro ma non è necessario che la superficie della parete esterna non sia irraggiata durante la prova.

La lettura dei ponti termici effettuata dall'interno è molto utile quando si vogliono verificare possibili zone soggette a condensazione superficiale. La condensazione è un fenomeno estremamente frequente nelle unità abitative. L'umidità di condensazione è un fenomeno di natura termica, la condensa compare quando l'aria viene portata ad una temperatura inferiore a quella di rugiada. La condensazione è un fenomeno discontinuo ed interessa essenzialmente le superfici. L'umidità di condensa bagna le superfici impermeabili e macchia le superfici assorbenti. Come abbiamo già detto, il raggiungimento del punto di rugiada e la conseguente formazione di condensa può avvenire essenzialmente per tre motivi:

1. *L'innalzamento dell'umidità relativa ambientale fino ai valori prossimi al 100% (un caso emblematico è la formazione di condensazione in bagno durante una doccia, noteremo come le superfici del bagno si copriranno di acqua per condensazione a causa del raggiungimento della saturazione dell'aria all'interno del locale).*

2. *La riduzione della temperatura ambientale con il conseguente innalzamento dell'umidità relativa ambientale.*

3. *Il raffreddamento eccessivo e localizzato delle pareti.*

Per concludere la trattazione sull'analisi e sulla verifica delle zone soggette a condensazione è bene citare il diagramma psicrometrico o diagramma di Mollier.

Come già indicato nelle pagine precedenti, la verifica dei ponti termici e delle dispersioni energetiche di un involucro deve essere effettuata in accordo con la norma UNI 13187. All'interno di questa normativa viene definito il delta termico minimo da garantire per poter analizzare una perdita di calore da un involucro edilizio. Durante questi ultimi anni, però, sia in ambito accademico che in numerosi corsi di formazione, una frequente domanda che viene posta è quella relativa alla possibilità di effettuare un'analisi di ponti termici nel periodo estivo. L'unica condizione che consentirebbe di effettuare una verifica termografica per verificare e analizzare la presenza di ponti termici nel periodo estivo è la condizione di lavorare con una cella frigorifera; all'interno della cella frigorifera la temperatura viene mantenuta per diversi giorni, ad una temperatura nettamente inferiore rispetto alla temperatura esterna; si sarà così generato un adeguato scambio termico tra l'aria all'interno della cella frigorifera e la parete che costituisce la cella stessa. Il caso estremo per effettuare una ripresa termografica nel periodo estivo per l'individuazione di ponti termici potrebbe essere quello di innalzare in maniera importante la temperatura all'interno dell'appartamento mediante il normale sistema di riscaldamento, riscaldando l'interno dei locali mediante radiatori o pannelli radianti e cercando di effettuare l'indagine termografica nella notte, dall'esterno, sfruttando un adeguato delta termico fra l'interno all'esterno.

In estrema sintesi, i ponti termici di un ambiente sono analizzabili solo se si riesce a generare un adeguato flusso di calore dalla zona più calda, tipicamente interna, verso la zona più fredda, tipicamente l'ambiente esterno.

6.2 Analisi termoflussimetrica

Un parametro importantissimo, quando si parla di valutazione delle prestazioni dell'involucro, è senza dubbio quello della trasmittanza. Per quanto riguarda l'involucro opaco, per avere un valore corretto della trasmittanza non conoscendo le caratteristiche termofisiche della parete, sarebbe necessario conoscerne l'esatta stratigrafia; quando un endoscopio non risulta sufficiente, l'operazione più attendibile sarebbe quella del "carotaggio" della parete stessa; tuttavia appare evidente come, soprattutto per edifici già in esercizio, non è pensabile procedere con una serie di carotaggi dell'involucro opaco anche perché non sarebbe necessario un solo "foro" ma molteplici sparsi lungo tutto lo sviluppo dell'involucro.

Per ovviare a questo problema è disponibile uno strumento, il termoflussimetro, costituito da due piastre da porre sullo strato superficiale dell'elemento opaco che si vuole analizzare, una all'interno e una all'esterno, collegate a un data logger in grado di

archiviare i dati.

Il tempo di rilevazione può variare a seconda della stabilità delle condizioni climatiche esterne ma generalmente non è mai inferiore ad alcuni giorni.

Le misurazioni migliori avvengono in inverno quando la differenza di temperatura tra ambiente interno ed esterno è più marcata e risulta maggiore il flusso di calore uscente.

Al fine di una corretta misurazione della trasmittanza è importante posizionare le piastre in punti "strategici" della parete prescelta per evitare di incorrere in punti soggetti a ponte termico o in corrispondenza di elementi strutturali (es. pilastri). Per questo motivo il termoflussimetro deve essere utilizzato da persone esperte che conoscano – al meno in linea di massima – la struttura e la configurazione dell'involucro opaco. È altresì utile poter consultare delle immagini termografiche, prima della rilevazione, al fine di poter scegliere i punti migliori per il posizionamento delle piastre.

6.3 Valutazione comfort termico

Per la valutazione del comfort termico è doveroso ricordare che le interazioni tra uomo e ambiente sono dovute a meccanismi di scambio di calore e di massa molto complessi e che le reazioni a una determinata sollecitazione possono variare da individuo a individuo.

Per questi motivi, gli impianti di climatizzazione negli ambienti confinati hanno lo scopo di garantire delle condizioni ambientali soddisfacenti per il maggior numero di persone secondo la teoria di Fanger per cui il migliore valore dell'indice di comfort PMV (*Predicted Mean Vote*) si ottiene quando l'indice PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) è pari al 10%, cioè, quando solo il 10% degli individui percepisce una certa configurazione ambientale come un discomfort per la propria persona. Questo dato è ritenuto scientificamente valido proprio in virtù delle considerazioni iniziali per cui ciascun individuo risponde in maniera diversa alle sollecitazioni ambientali; non è possibile,

dunque, per un impianto di climatizzazione – sia esso naturale o meccanico – soddisfare il 100% degli individui.

Tralasciando due dei parametri che contribuiscono all'elaborazione del PMV, l'indice che tiene conto dell'attività fisica svolta e quindi del metabolismo (Met) e quello che tiene conto della resistenza termica dell'abbigliamento (Clo), i parametri ambientali che influiscono su queste dinamiche risultano essere i seguenti:

- temperatura dell'aria;
- temperatura media radiante delle pareti;
- velocità dell'aria;
- umidità relativa.

Un ulteriore parametro che influisce sulla qualità dell'aria è la percentuale di CO₂ presente nell'aria stessa.

È doveroso ricordare come la percezione del comfort termoigrometrico non è legato a una sola delle grandezze elencate precedentemente ma dipende dalla "combinazione" di tutte quante.

6.4 Valutazione comfort luminoso

La valutazione della qualità della luce generata da un impianto di illuminazione in un certo ambiente è abbastanza complessa e, dal punto di vista illuminotecnico, prende in considerazione una serie di fattori:

- quantità della luce;
- variazione spaziale del livello luminoso;
- grado di diffusione della luce;
- provenienza della luce;
- colore della luce;

- variabilità delle condizioni di luce.

E' opportuno svolgere un'analisi quantitativa effettuando delle misurazioni dell'entità della luce che investe una certa superficie utilizzando un luxmetro che serve, appunto, a misurare il livello di illuminamento espresso in lx. Questa semplice analisi può fornire indicazioni interessanti sul comfort luminoso e sull'efficienza del sistema di illuminazione.

6.5 Verifica requisiti acustici passivi

In data 30 ottobre 1995, sul supplemento ordinario alla GU n° 254, è stata pubblicata la L. 477 26 10 1995 "**Legge quadro sull'inquinamento acustico**", che stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dal rumore prodotto dall'ambiente esterno e dall'ambiente abitativo, ai sensi e per gli effetti dell'art. 117 della Costituzione. L'art. 3 della suddetta legge fissa le competenze dello stato ed in particolare, al comma 1 lettera e, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, affida al Ministero dell'Ambiente, di concerto con il Ministero della Sanità, con quello dei LL PP e dell'Industria, l'incarico di stabilire, a mezzo del Presidente del Consiglio dei Ministri, i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne degli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici stessi e dei loro componenti in opera.

In ottemperanza ai disposti sopra citati, in data 2 dicembre 1997 sulla GU 297 è stato pubblicato il DPCM 5 10 1997 "**Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici**".

Finalità

La politica perseguita negli ultimi anni sta cercando di porre rimedio agli errori di una passata pianificazione chiusa alle problematiche ambientali, ponendosi quale obiettivo l'implementazione di un sistema di qualità ambientale attraverso:

- il rilievo - riferito alla situazione attuale - dei valori degli indici di inquinamento da rumore, dell'aria, delle acque e dei rifiuti solidi;
- la pianificazione di azioni di salvaguardia, sia riferite al territorio sia alle sorgenti di emissione, e la successiva verifica dei valori degli indici di inquinamento.

Per quanto concerne, in particolare, l'inquinamento acustico, la legislazione attualmente vigente definisce le azioni che i Comuni devono intraprendere, che si estrinsecano nei seguenti punti:

- procedere alla zonizzazione acustica del territorio, dalla quale discende la redazione dell'eventuale piano di risanamento, per il recupero delle zone degradate, e l'integrazione del regolamento edilizio, al fine di garantire la costruzione di edifici con caratteristiche di comfort acustico;
- coordinare gli strumenti urbanistici già adottati (P.R.G., P.U.T., ecc.) con le determinazioni assunte nella classificazione acustica del territorio.

L'adozione del D.P.C.M. 5 dicembre 1997, recante "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", con particolare riferimento ai requisiti acustici delle sorgenti

interne agli edifici ed a quelli degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di garantire il comfort acustico agli occupanti determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore poste all'interno degli edifici.

Ciò si esprime attraverso la definizione dei limiti e delle caratteristiche dei:

- servizi a funzionamento discontinuo;
- servizi a funzionamento continuo;
- requisiti acustici passivi degli edifici e dei componenti in opera, (partizioni orizzontali e verticali).

Specifica di lavoro

Teoria dell'acustica edilizia

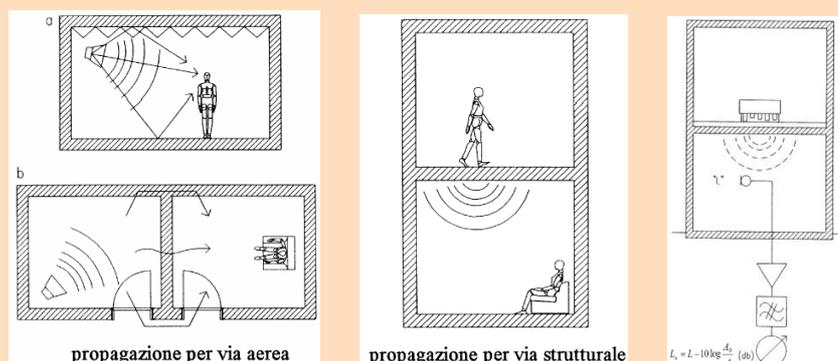
Quando ci si accinge ad affrontare il problema della protezione dal rumore degli edifici, inevitabilmente, si ha a che fare con diversi aspetti che riguardano il rumore e la sua propagazione. I rumori, infatti, non sono tutti uguali, così come non sono uguali i modi in cui essi si generano e si propagano.

Entrando nello specifico possiamo affermare che l'isolamento acustico di ciascun elemento dell'edificio deve tener conto di due macrotipologie di rumore: rumore aereo (es.: impianto stereo) e rumore impattivo (es.: calpestio).

Ognuno di questi due tipi di rumori interessa più o meno significativamente alcuni specifici elementi strutturali dell'abitazione, è importante quindi conoscere quali siano gli elementi dell'edificio maggiormente interessati e come ciascuno di essi si comporti in relazione alla tipologia di rumore che lo coinvolge.

Rumore aereo e rumore impattivo

Nel caso di rumori aerei, per esempio, è l'elemento caratterizzato da una minore prestazione acustica ad influenzare le performance globali di tutto il sistema. Quindi nel caso di una partizione composta da più elementi è quasi sempre la prestazione di componenti "acusticamente deboli", come una finestra, che va ad influenzare la performance totale della parete. Anche la presenza di fessure si rivela critica per le prestazioni acustiche delle partizioni, si consiglia quindi di curare attentamente la realizzazione delle pareti, della posa dei laterizi e la sigillatura dei bordi delle finestre.



Nel caso invece di rumori impattivi (es. calpestio), la loro diffusione non riguarda solo gli ambienti attigui ma anche abitazioni poste a piani distanti tra loro. In questo caso, infatti, non sono solo i solai a trasmettere il rumore ma anche le partizioni verticali che si connettono ai solai, motivo per cui in questi casi la progettazione non deve fermarsi a considerare solo l'isolamento di questi ultimi ma anche delle pareti interne.

Queste due macrotipologie di suoni riguardano i rumori provenienti dal mondo esterno e a cui ci si oppone agendo con interventi atti ad isolare acusticamente l'involucro abitativo, si è quindi nella sfera degli interventi di isolamento acustico.

Su un piano distinto dal punto di vista concettuale, ma identico per quanto riguarda gli effetti sulle persone, si trova il cosiddetto rumore riverberante. Con tale definizione s'intende l'aumento del livello sonoro che si registra all'interno di un ambiente e che è causato dalle riflessioni multiple subite dalle onde sonore. Questo effetto si ha in ambienti in cui le pareti interne hanno superfici dure e levigate, caratteristiche che rendono tali pareti riflettenti nei confronti delle onde sonore e fanno sì che il tempo impiegato da tali onde per smorzare la loro energia sia abbastanza lungo. Come risultato si ha un notevole incremento dei livelli sonori interni all'ambiente e fastidiosi effetti di riverbero. Causa del rumore riverberante possono essere sia sorgenti sonore interne all'ambiente, che esterne, che penetrando nell'ambiente, si amplificano.

Per ottenere una efficace difesa dai rumori provenienti dall'interno e dall'esterno dell'edificio occorre utilizzare adeguati mezzi di controllo del rumore ricercando materiali, componenti e sistemi in grado di ostacolare la propagazione dell'energia sonora. L'idoneità all'impiego per questi fini viene definita prestazione acustica, e, a seconda dello specifico compito, il DPCM 5/10/1997 individua le seguenti grandezze:

- potere fonoisolante apparente R_{1w}
- isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m, nT, w}$

- livello di calpestio di solaio normalizzato L_{1nw}
- rumore prodotto dagli impianti tecnologici L_{Aeq} e L_{ASmax}

Nel caso che le superfici opache delle facciate abbiano lo stesso grado di isolamento delle partizioni interne, l'isolamento acustico delle pareti d'ambito esterno è pesantemente condizionato:

- dal potere fonoisolante dei vetri;
- dalla classe di tenuta e dal peso dei telai in cui sono inseriti i vetri;
- dalla presenza dei cassonetti;
- dalla presenza di aperture di ventilazione necessarie per assicurare i ricambi d'aria degli ambienti.

L'entità della superficie dei serramenti (ovvero dei componenti finestrati) risulta invece di minore importanza poiché, rappresentando questi ultimi la parte più debole dell'isolamento acustico, anche per modesti valori (10% della superficie totale di facciata) condiziona l'isolamento globale.

Potere fono isolante

Si definisce potere fonoisolante R (*Sound reduction index SRI* o anche *Transmission loss TL*) la capacità di una struttura di impedire che i rumori aerei prodotti in un ambiente si trasmettano nell'ambiente contiguo.

Isolamento acustico standardizzato di facciata

La capacità di isolamento di una facciata, in sostanza, è definita dalla capacità della stessa di attutire il rumore proveniente da un agente esterno quale il traffico automobilistico. Si può notare come questo valore sia influenzato anche dal tempo di riverbero della stanza, e quindi dipenda non solo dalle caratteristiche della parete ma anche da quelle del locale di cui essa è partizione.

La procedura di misura in opera è simile a quella utilizzata per la misura dell'isolamento di una parete interna, con la differenza che la sorgente di rumore è costituita dal traffico automobilistico o da generatore di rumore a banda larga, misurato a 2 m dalla facciata.

L'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata deve essere assicurato dalle partizioni perimetrali. Il suo punto debole è costituito dalla presenza di finestre, cassonetti, ecc.; i valori limite fissati dal D.P.C.M. possono essere raggiunti solamente se vengono installati serramenti di ottima fattura con vetrocamera.

Livello di calpestio di solaio normalizzato

L'indice di valutazione del livello standardizzato di rumore di calpestio tra due elementi sovrapposti si determina attraverso una misura in opera che tiene conto delle trasmissioni laterali.

L'indice del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato ($L'_{n,w}$) deve essere misurato in opera e differisce generalmente da quello fornito dal produttore del materiale ($L_{n,w}$) misurato in laboratorio di 10-15 dB(A); anche in questo caso, deve essere infatti tenuto in conto l'incremento di trasmissione del rumore a causa delle trasmissioni laterali e, in maniera ancor più preponderante rispetto alle pareti, la trasmissione diretta dovuta alla vibrazione delle strutture costituenti la soletta.

La misura del livello del rumore di calpestio viene effettuata con modalità simili a quella del rumore aereo. La differenza fondamentale sta nel tipo di sorgente utilizzata; nel caso in esame è previsto l'utilizzo della macchina normalizzata per il rumore di calpestio, un'apparecchiatura in grado di produrre degli impatti normalizzati sulle strutture da analizzare.

Metodologia di analisi

I valori limite dei requisiti acustici prescritti dal DCPM vengono determinati mediante misure in opera. Nella progettazione delle strutture deve essere quindi tenuto conto dell'influenza delle trasmissioni laterali, valutabili secondo quanto precedentemente esposto, ed inoltre i difetti introdotti nella posa in opera. In acustica civile infatti la posa in opera assume grandissima importanza, in quanto imperfezioni anche minime nella realizzazione nell'esecuzione del progetto possono portare a modifiche rilevanti nei risultati attesi.

Si provvede alla verifica dei requisiti in diverse stanze dell'edificio, prendendo in considerazione dei punti significativi.

Si assume la geometria delle stanze e si costruiscono schemi grafici della struttura edilizia in cui viene riportata la definizione del codice dei vari elementi costituenti (pareti e solai).

Si devono tenere in considerazione le tipologie di aperture presenti, la presenza di

cavedi impiantistici, di tubazioni, la forma delle facciate.

Si eseguono le misurazioni e dai valori ottenuti vengono effettuati i calcoli per ciascuna tipologia di requisito acustico richiesto negli ambienti più significativi.

Calcolo delle prestazioni acustiche dell'edificio

Il calcolo viene eseguito utilizzando un software in grado di fornire le prestazioni acustiche di una partizione considerando sia gli effetti di massa che di molla; in particolare, i calcoli saranno eseguiti secondo quanto descritto dalle norme UNI EN 12354 "Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti".

Per l'esecuzione del calcolo ci si pone sempre nelle condizioni acusticamente più sfavorevoli, in modo da ottenere risultati con ragionevoli margini di sicurezza.

Le specifiche costruttive dei componenti inseriti in fase di calcolo saranno riportate in

una apposita tabella.

7 DIAGNOSI DELL'INVOLUCRO ARCHITETTONICO

7.1 Rilievo architettonico

Come già anticipato nel primo capitolo, l'organizzazione e la programmazione dei sopralluoghi e dei rilievi sul campo è un'operazione molto importante. La preparazione e la consultazione sistematica di tutto il materiale disponibile prima di recarsi sul luogo oggetto di audit può ottimizzare i tempi dei sopralluoghi con evidente risparmio in termini economici.

Caratteristiche geometriche

Nonostante le planimetrie sarà cura dell'auditor, attraverso l'esecuzione di un rilievo di massima, verificare i dati dimensionali riportati sugli elaborati grafici forniti dalla Committenza.

Involucri opachi

Come detto nel paragrafo precedente, la disponibilità degli elaborati tecnici consente di verificare gli involucri opachi con poche misurazioni; in mancanza di tali elaborati bisognerà procedere con un rilievo completo.

Involucri trasparenti

Anche per gli involucri trasparenti (pareti completamente vetrate, porzioni di vetratura all'interno di murature opache o semplici finestrate) è bene rilevare le caratteristiche geometriche e dimensionali per poi procedere all'analisi delle caratteristiche proprie del vetro (utilizzando uno spessimetro per vetro o dei valori tipici ricavati dalla letteratura di settore) e le caratteristiche proprie dei telai.

Come per gli involucri opachi, è bene segnalare sulle planimetrie e sui prospetti una progressione numerica che identifica gli involucri trasparenti e ricavare il giusto orientamento (se il dato non è già disponibile).

Coperture e basamenti

Anche per le coperture e i basamenti valgono i ragionamenti fatti finora per gli involucri opachi e per gli involucri trasparenti. Anch'essi vanno segnalati con progressione numerica sulle planimetrie e occorre compilare delle schede con la descrizione della struttura e i valori della trasmittanza.

8 DIAGNOSI IMPIANTISTICA

8.1 Rilievo impianti

8.1.1 Impianti meccanici

Durante l'analisi e il rilievo degli edifici può essere necessario acquisire informazioni mancanti circa gli impianti meccanici al fine della definizione di un corretto bilancio energetico.

Occorre svolgere un rilievo delle dorsali principali al fine di produrre un diagramma a flussi e di funzionamento dell'impianto per rilevare le macro caratteristiche dell'impianto stesso.

8.1.2 Impianti elettrici

Per ciò che concerne il rilievo dei consumi degli impianti elettrici è possibile consultare direttamente i contatori o le bollette ordinarie. Occorre comunque svolgere un rilievo

delle dorsali principali al fine di produrre un diagramma a flussi e di funzionamento dell'impianto per rilevare le macro caratteristiche dell'impianto stesso.

8.2 Analisi ponti termici

I ponti termici si configurano come punti di discontinuità geometrica o di isolamento che producono "salti" nella dispersione del calore. Queste disomogeneità possono provocare perdita eccessiva di calore, condense superficiali, condense interstiziali e formazione di muffe. I ponti termici si localizzano in corrispondenza di alcuni punti critici della struttura:

- Attacco della muratura alla fondazione;
- Attacco del solaio alla muratura;
- Attacco della copertura alla muratura;
- Attacco del serramento (o parete trasparente) alla muratura;
- Pilastrini, travi, terrazze, solette;
- Elementi per il fissaggio degli isolamenti a cappotto.

8.3 Valutazione condensa interstiziale

Questa valutazione permette di controllare il pericolo di condense interstiziali e di muffa negli elementi costruttivi.

La norma UNI EN 13788 definisce un semplice metodo di calcolo statico: il metodo Glaser.

Confrontando le curve della pressione di vapore e quella di saturazione in ciascun materiale, viene evidenziato un eventuale rischio di condensa.

9 CERTIFICAZIONE ENERGETICA

La Pool Engineering si impegna a produrre attestati di certificazione energetica sia in forma cartacea che digitale, sottoscritti da certificatore abilitato, ai quali saranno allegati:

- Relazione di calcolo completa del calcolo energetico sia in regime stazionario sia dinamico;
- Modellazione con Edilclima;

- Disegni tecnici degli edifici in formato cartaceo;
- Fotodocumentazione dettagliata complessiva in formato cartaceo;
- Indagine termografica e termoflussimetrica (quando prevista) in formato cartaceo;



SPECIFICA di LAVORO

Modellazione con software EDILCLIMA

Si provvederà alla modellazione con il software dedicati (Edilclima).

I risultati forniti saranno, sinteticamente, i seguenti:

- o *Mappatura a colori della qualità energetica degli edifici*

Tutti i risultati di calcolo saranno riportati in grafico, per una valutazione ancora più attenta delle criticità energetiche dell'edificio. Di tutti questi elaborati si avrà una stampa cartacea.

- o Valutazione dei contributi energetici delle seguenti fonti rinnovabili:
- o Solare termico, Solare fotovoltaico
- o Calcolo dell'EPI, dell'EPE (quando richiesta), involucro e del fabbisogno di acqua calda sanitaria

Le verifiche saranno estese anche alla trasmittanza termica periodica per pareti opache verticali ed orizzontali e alle trasmittanze delle chiusure del "tipo porta".

10 PROGETTAZIONE INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

10.1 Strategie ed interventi per il miglioramento delle performance energetiche delle strutture

Partendo dalle informazioni ricavate dall'audit energetica sarà cura dell'auditor scegliere quegli interventi che, non solo garantiscano il pieno raggiungimento dell'obiettivo, ma si configurino come "le migliori possibili" e le più "adatte" alla specifica esigenza considerando fin dal principio le richieste del Committente e l'aspetto economico. Va da sé che interventi

molto diversi tra loro – pur raggiungendo lo stesso obiettivo – comportino investimenti economici che possono essere anch'essi molto diversi tra loro; un auditor competente è in grado, non solo di indicare soluzioni tecniche efficaci che consentano di raggiungere in pieno i risultati desiderati, ma di compiere queste operazioni ottimizzando le risorse economiche messe a disposizione.

In questa introduzione generale è bene ricordare altre caratteristiche:

- ogni intervento di efficientamento energetico influisce direttamente o indirettamente sugli altri sistemi o sottosistemi. Esempio: il miglioramento della trasmittanza dell'involucro riduce le dispersioni di calore e dunque diminuisce, nel caso del riscaldamento invernale, la quantità di calore che deve essere prodotta dagli impianti meccanici. Analogo discorso vale per la situazione estiva. Dunque non è possibile pensare al "solo" intervento sull'involucro ma sarà necessario prevedere gli effetti che questo intervento produce, nell'esempio specifico, sugli impianti meccanici;
- per quanto affermato nel precedente punto, quando si ipotizzano strategie ed interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche bisogna sempre considerare il sistema edificio-impianti nel suo complesso e quasi mai limitarsi all'analisi di sottosistemi o singole componenti;
- ogni edificio è inserito ed interagisce in un determinato contesto ambientale con le sue specifiche condizioni macro e microclimatiche dialogando con esso attraverso l'involucro architettonico. Dunque, per estensione del punto precedente, ogni intervento deve considerare il sistema-edificio collocato in un dato sistema-ambiente.

10.1.1 Interventi sull'involucro architettonico

L'involucro architettonico è l'elemento che mitiga le condizioni macroclimatiche esterne all'edificio con quelle microclimatiche interne con l'obiettivo di garantire condizioni di comfort ideali per i fruitori dello spazio confinato. All'involucro è affidato il delicato

compito di gestire e controllare i flussi di calore in entrata e in uscita configurandosi in maniera differente tra la situazione invernale e quella estiva ma anche tra quella diurna e quella notturna mantenendo invariate le sensazioni di comfort.

Alcuni obiettivi da perseguire per assicurare il *comfort* interno sono i seguenti:

- miglioramento delle prestazioni dell'involucro – sia opaco che trasparente – attraverso la diminuzione del valore della trasmittanza (incremento della resistenza al passaggio di calore);
- controllo della radiazione solare attraverso la facilitazione della captazione degli apporti gratuiti invernali e la limitazione degli apporti indesiderati estivi;
- controllo della componente luminosa della radiazione solare utilizzando tecniche che privilegino l'utilizzazione massima dell'illuminazione naturale facendo però attenzione a non generare situazioni di abbagliamento luminoso negli spazi interni;
- riduzione delle infiltrazioni d'aria.

Gli interventi sull'involucro edilizio che possono perseguire tali obiettivi sono:

- isolamento di coperture e basamenti;
- isolamento dell'involucro opaco;
- miglioramento delle prestazioni dell'involucro trasparente;

10.1.2 Interventi sugli impianti

Gli interventi di miglioramento sugli impianti meccanici possono essere:

- Ottimizzazione energetica della generazione del calore;
- Ottimizzazione energetica della generazione del freddo;
- Ottimizzazione energetica del sistema di distribuzione idraulico;
- Ottimizzazione energetica del sistema di distribuzione ad aria;
- Ottimizzazione energetica del sistema di ventilazione e trattamento dell'aria;
- Ottimizzazione energetica del sistema di regolazione e terminali;
- Ottimizzazione energetica della produzione di acqua calda sanitaria;
- Riduzione dei consumi idrici.

Gli interventi di miglioramento sugli impianti elettrici possono prevedere l'ottimizzazione energetica degli impianti di generazione, distribuzione e utilizzo.

10.1.3 Impiego delle fonti energetiche rinnovabili

Le fonti energetiche rinnovabili possono essere impiegate con notevoli benefici. Alcune superfici, tra cui quella della copertura, possono accogliere impianti per lo

sfruttamento della radiazione solare al fine di produrre energia elettrica (solare fotovoltaico) ed energia termica (solare termico).

10.1.4 Miglioramento della gestione e della manutenzione

Spesso la maggior parte degli sprechi energetici negli edifici è da imputare ad una cattiva gestione e ad una cattiva manutenzione. E' importante quindi intervenire

in modo sistematico e puntuale sugli aspetti gestionali e manutentivi delle strutture al fine di migliorare le performance energetiche delle strutture in analisi.

10.1.5 Ottimizzazione energetica con sistemi di building automation

Risultano molto efficaci i sistemi di building automation che consentono di gestire le risorse energetiche con un approccio oggettivo partendo da informazioni certe rilevate da sensori sapientemente collocati nell'edificio, come sonde per la rilevazione della temperatura, della concentrazione di

CO₂, del livello di illuminazione o della presenza delle persone. Sistemi complessi come questi hanno la capacità di gestire moltissime informazioni provenienti da diverse sonde e, di conseguenza, regolare, controllare, ottimizzare e contabilizzare i consumi e le richieste energetiche.

10.1.6 Strategie di intervento verso un approccio integrato

Gli interventi più efficaci nell'ottica di un'ottimizzazione energetica sono quelli sugli impianti e sull'involucro edilizio. A seconda delle informazioni fornite dall'audit è possibile decidere di intervenire su entrambi i sistemi, solamente su uno di essi o, addirittura, solamente su uno dei sottosistemi dell'involucro e degli impianti. La valutazione circa la quantità e la tipologia di interventi di efficientamento energetico da proporre sono da considerarsi caso per caso e sarà cura dell'auditor individuare tutti e solo quegli interventi che sono in grado di garantire il massimo dei benefici con il miglior investimento economico. Occorre ricordare che ogni azione su un sistema o un

sottosistema ha dei risvolti che coinvolgono anche gli altri sistemi e sottosistemi; alle volte si rende necessario compiere delle scelte e non poter intervenire in maniera completa rispetto a un programma di strategie di ottimizzazione energetica proposte dall'auditor. In questa eventualità è sempre bene, pur intervenendo su una parte, tenere in considerazione il tutto, cioè l'audit completo ed il programma degli interventi, poiché, se solo un singolo intervento scelto tra tanti verrà messo in cantiere nell'immediato, non è da escludersi che gli altri interventi possano essere realizzati in futuro in un'ottica di fasizzazione dell'efficientamento energetico dell'intero edificio.

11 ANALISI E STIMA DEI COSTI

Come già accennato in precedenza ogni audit deve essere "tarato" rispetto al contesto da analizzare e agli obiettivi che si intendono raggiungere non prescindendo da una accurata valutazione economica. Gli interventi di audit, infatti, devono essere programmati in funzione della loro reale capacità di ripagarsi, in tempi accettabili, generando effetti positivi.

Per questo motivo è bene, preliminarmente, pianificare tutte le azioni che

contribuiranno alla stesura del report finale di audit per evitare lacune durante la fase di analisi ma anche indagini strumentali e approfondimenti superflui che risultino ingiustificati da motivazioni logiche, tenendo sempre come riferimento gli obiettivi prefissati.

A seconda delle informazioni fornite dall'audit, sarà cura dell'auditor individuare tutti e solo quegli interventi che sono in grado di garantire il massimo dei benefici con il miglior investimento economico.

11.1 Presentazione di bandi

Pool Engineering si offre per l'aiuto e il sostegno ad imprese ed enti pubblici che vogliono partecipare a bandi, con un servizio

che copre tutte le fasi di predisposizione della documentazione necessaria.