



## **CAPITOLATO TECNICO**

**PROCEDURA APERTA PER L’AFFIDAMENTO DEL SERVIZIO DI AUDIT E  
DIAGNOSI ENERGETICHE RELATIVE AGLI EDIFICI SCOLASTICI DI  
PROPRIETÀ DEL COMUNE DI GENOVA FINANZIATE AI SENSI DELL’EX  
ART.9 DEL D.L. 91/2014 “INTERVENTI URGENTI PER  
L’EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI E  
UNIVERSITARI PUBBLICI”, (FONDO KYOTO) - LOTTI 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9**

# SOMMARIO

<b>1. PREMESSA: FINALITÀ E CAMPO DI APPLICAZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGIA DI CALCOLO ED ELABORAZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>3. RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI.....</b>	<b>5</b>
3.1 NORMATIVA TECNICA .....	5
3.2 LEGISLAZIONE .....	8
<b>4. PROCEDURE OPERATIVE.....</b>	<b>9</b>
4.1 ANALISI DEL SITO E DELL'UTENZA ENERGETICA.....	10
4.1.1 CONTESTUALIZZAZIONE GEOGRAFICA, CLIMATICA ED URBANA .....	10
4.1.2 RACCOLTA DATI DI PROGETTO ED ELABORATI GRAFICI .....	10
4.1.3 DESTINAZIONE D'USO E PROFILI DI UTILIZZO DELL'IMMOBILE .....	11
4.1.4 ACQUISIZIONE E ANALISI DEI DATI STORICI RELATIVI ALLA FATTURAZIONE .....	12
4.2 CARATTERIZZAZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO .....	16
4.2.1 CARATTERIZZAZIONE DEI COMPONENTI DELL'INVOLUCRO .....	16
4.2.2 CARATTERIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI TERMICI.....	17
4.2.3 CARATTERIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI .....	19
4.3 ELABORAZIONE E ANALISI DEI DATI.....	21
4.3.1 PROCEDURA DI CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA .....	21
4.3.2 PROCEDURA PER LA REDAZIONE DELL'ANALISI DI FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO .....	22
4.3.3 PROCEDURA PER LA REDAZIONE DELL'ANALISI DEI COSTI .....	24
4.3.4 PROCEDURA PER LA VALUTAZIONE ECONOMICO - FINANZIARIA .....	25
4.4 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	31
4.4.1 AUDIT - CHECK-LIST PER LE FASI DI RACCOLTA DATI E ATTIVITÀ IN CAMPO.....	31
4.4.2 CONTENUTI MINIMI DEL RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA, (RAPPORTO DE) .....	32
4.4.3 REPORT DI BENCHMARK .....	34
4.4.4 ALLEGATI AL RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA.....	35

## 1. PREMESSA: FINALITÀ E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente documento ha la finalità di disciplinare le attività di audit e diagnosi energetica (in seguito DE) e fornire ai professionisti incaricati (*auditors*) una serie di procedure operative standardizzate, relativamente agli edifici scolastici di proprietà del Comune di Genova finanziati con il “Fondo Kyoto”.

Vengono inoltre stabiliti i requisiti e i contenuti minimi dei Rapporti di DE da realizzarsi in conformità allo schema generale della norma UNI CEI TR 11428 e secondo i principi della UNI CEI EN 16247-1 e UNI CEI EN 16247-2, gli elaborati da consegnare alla committenza e le modalità di presentazione delle schede audit predisposte allo scopo.

Per DE del sistema edificio-impianti si intende quella “*procedura sistematica finalizzata ad ottenere un’adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati*”, (Art. 2 D.Lgs. 102/2014).

La DE è pertanto uno strumento di fondamentale importanza per la valutazione del comportamento energetico dell’edificio e degli impianti in esso presenti, e l’individuazione di possibili Interventi di Efficienza Energetica, (Energy Efficiency Measures - EEM), da applicare al sistema edificio-impianti, al fine di ottenere un notevole risparmio economico, generato da una sostanziale diminuzione dei consumi e dall’eventuale riduzione degli oneri per la Conduzione e Manutenzione, (Operation & Maintenance - O&M), del sistema edificio-impianti.

Nell’ambito della riqualificazione energetica degli edifici pubblici, la DE è fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un’analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate, con lo scopo di consentire l’individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract (EPC)*<sup>1</sup> da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company – ESCO*) abbinate all’istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l’applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

La redazione della DE, è inoltre, in alcuni casi, obbligatoria per l’accesso ai sistemi di incentivazione previsti per le PA (Conto Termico 2.0 - D.I. 16/02/2016 e Fondo Kyoto - DM 40/2016).

---

<sup>1</sup> Tale modello contrattuale è previsto nel nostro ordinamento all’art. 2, co. 2, lett. n) del D.Lgs. 102/2014.

## 2. METODOLOGIA DI CALCOLO ED ELABORAZIONE

Per le definizioni e le finalità del presente documento, dal punto di vista dell'approccio metodologico generale e delle modalità di calcolo relativamente a tutti i sistemi e sottosistemi degli edifici, oltre a fare riferimento a quanto previsto dalla normativa tecnica nazionale italiana ed Europea (vedi capitolo 3), si dovrà operare secondo quanto previsto di seguito e secondo le procedure delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia – ISBN 978-88-7325-555-0 (scaricabili al link <http://www.fficienzaenergetica-lineeguida.org/download>) con riferimento alla diagnosi di livello II.

In caso di difficoltà interpretativa tra quanto contenuto nel presente Capitolato Tecnico e le disposizioni contenute nella documentazione di riferimento sopra indicata, prevarrà quanto contenuto nel Capitolato Tecnico, fatto comunque salvo il caso in cui la documentazione di riferimento contenga, a giudizio della Struttura di Staff- Energy Manager del Comune di Genova, previsioni migliorative rispetto a quelle contenute nel Capitolato Tecnico con riferimento alla necessità di standardizzazione dei contenuti del Rapporto di DE.

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti occorre predisporre:

- Un **modello energetico** (termico ed elettrico) che riassume la tipologia di utenza, le potenze installate, i profili di utilizzazione e le ore di funzionamento degli impianti;
- Un **bilancio energetico** che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare.

Il modello energetico, redatto ai sensi della normativa regionale e nazionale vigente per il calcolo della prestazione energetica degli edifici, deve essere realizzato utilizzando un software commerciale in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i.,

Il software da utilizzare deve inoltre presentare caratteristiche tali da permettere:

- Una modellazione geometrica di dettaglio dei volumi dell'edificio su una base grafica evidente; e
- Una modellazione dei profili mensili dei fabbisogni energetici al fine di consentire la riconciliazione con i dati di consumo reale secondo le specifiche di validazione del modello di calcolo di seguito riportate.

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato tramite confronto con la baseline energetica, secondo la presente scala di congruità:

$$\frac{|Q_{teorico} - Q_{baseline}|}{Q_{teorico}} \times 100 \leq 5\%$$

Dove:

- $Q_{teorico}$  è il fabbisogno teorico dell'edificio, come calcolato dal software di simulazione;
- $Q_{baseline}$  è il consumo reale (destagionalizzato nel caso di climatizzazione), dell'edificio, definito dalla baseline energetica.

Tale raffronto deve essere realizzato sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

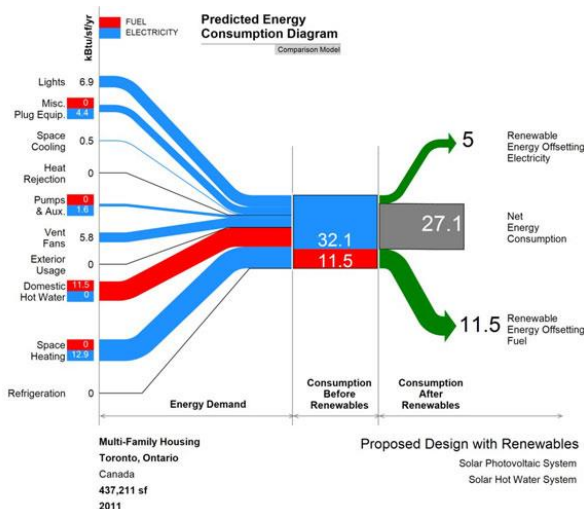
La descrizione dei risultati forniti dall'elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio tramite la modellazione con software, dovrà essere contenuta nel Rapporto di DE. Devono essere pertanto riportati i valori ottenuti in riferimento ai vari indici di prestazione energetica, come spiegato nel dettaglio nei paragrafi successivi.

Inoltre, dovranno essere allegati alla DE i seguenti documenti:

- Attestato di Prestazione Energetica (APE) relativa allo stato attuale del sistema edificio-impianti, redatto ai sensi della normativa vigente, e valido ai fini di legge;
- Le bozze di APE redatte secondo i dati di progetto relativi ai due scenari ottimali ipotizzati;
- La relazione di dettaglio dei calcoli, rilasciata dal software utilizzato;
- La certificazione di conformità del software rilasciata dal CTI.

Il risultati del bilancio energetico dovranno essere presentati nella forma di diagramma di sankey all'interno del rapporto di DE. Di seguito un esempio di diagramma di sankey:

Figura 1- Esempio di applicazione del diagramma di sankey al bilancio energetico di una unità residenziale



La descrizione dei risultati forniti dall'elaborazione del bilancio dovrà essere contenuta nel Rapporto di DE. I valori rappresentati a bilancio saranno valori indicizzati (kWh/m²/anno) sulla base delle superfici utili delle zone climatizzate e/o servite da utenze elettriche; tali valori saranno riportati sia per i consumi energetici di baseline pre e post-intervento, (combustibili ed elettricità, "Consumption" "before" e "after", con riferimento alla Figura 1 ) sia per la ripartizione del fabbisogno energetico, ("Energy Demand" con riferimento al Figura 1) pre e post-intervento, al fine di evidenziare le perdite globali di energia primaria pre-intervento e il miglioramento post intervento. La ripartizione del fabbisogno energetico pre-intervento dovrà considerare al minimo le seguenti voci:

- acqua-calda-sanitaria, ACS;
- riscaldamento;
- perdita globale di calore;
- elettricità per illuminazione interna;
- elettricità per pompe e ausiliari;
- elettricità per ventilazione meccanica e fans/UTA;
- elettricità per climatizzazione estiva;
- elettricità per FEM e vari altri carichi interni;
- elettricità per uso esterno all'edificio (incluso eventuali perdite al trasformatore);

La ripartizione del fabbisogno energetico post-intervento oltre alla voci sopra riportate dovrà includere tutte le voci riferibili alle tecnologie delle Rinnovabili proposte.

Dovranno essere riportati i seguenti diagramma di sankey:

- Bilancio energetico pre-intervento (sia termico che elettrico) dello stato attuale dell'edificio;
- Bilancio energetico post-intervento dello scenario ottimale 1, (TRS ≤ 25 anni);
- Bilancio energetico post-intervento dello scenario ottimale 2, (TRS ≤ 15 anni).

L'esito della DE deve consentire, in conclusione, di valutare il fabbisogno energetico caratteristico del sistema edificio-impianti e di individuare gli indicatori specifici di richiesta di energia primaria (kWh/m²/anno), rappresentativi della prestazione energetica dell'edificio, come spiegato nel dettaglio nei paragrafi successivi.

Gli obiettivi evidenziati sono perseguiti attraverso due distinte fasi di elaborazione:

- a) Caratterizzazione del sistema edificio-impianti tramite la realizzazione dei modelli energetici, valutazione dei consumi specifici, elaborazione dei bilanci di energia e confronto con tecnologie e dati di riferimento.

- b) Valutazione della fattibilità tecnico-economica di eventuali interventi finalizzati ad un incremento dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianti di almeno **due classi energetiche** e individuazione degli **scenari ottimali** al fine di una gestione diretta da parte della PA o indiretta mediante ESCO.

### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

Dal punto di vista metodologico le norme di riferimento sono:

- UNI CEI TR 11428:2011
- UNI CEI EN 16247-1:2012: Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali.
- UNI CEI EN 16247-2:2014: Diagnosi energetiche - Parte 2: Edifici.
- UNI CEI EN 16247-5:2015: Diagnosi energetiche - Parte 5: Competenze dell'auditor energetico.
- UNI CEI EN 16212:2012: Calcoli dei risparmi e dell'efficienza energetica - Metodi top-down (discendente) e bottom-up (ascendente).
- UNI CEI EN 16231:2012: Metodologia di benchmarking dell'efficienza energetica.

Per la conduzione e gestione delle attività di sopralluogo si fa riferimento a quanto previsto dall'Annex D della norma UNI CEI EN 16247-2:2014.

Nell'attività di elaborazione e redazione della diagnosi si dovranno inoltre considerare come riferimento tutte le norme UNI e CEI vigenti, le raccomandazioni CTI e la legislazione comunitaria, nazionale, regionale e locale vigente in materia di prestazione energetica e progettazione relative ad involucro edilizio, impianti di riscaldamento e climatizzazione invernale, impianto di raffrescamento e climatizzazione estiva, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria, impianti elettrici, di illuminazione e di produzione di energia elettrica e cogenerazione.

A titolo esemplificativo e non esaustivo, si riportano di seguito ulteriori riferimenti normativi e legislativi.

#### 3.1 NORMATIVA TECNICA

- Direttiva Consiglio UE n. 92/42/CEE, Requisiti di rendimento per le nuove caldaie ad acqua calda alimentate con combustibili liquidi o gassosi, 1992.
- EN 61829, Crystalline silicon photovoltaic array – On-site measurement of I-V characteristics, 1998.
- ISO 9869, *Thermal insulation – Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance*, 1994.
- UNI EN 14825, *Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling – Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance*, 2010.
- UNI EN 16247-1, *Energy audits – Part 1: General requirements*, 2011.
- UNI 7979, Edilizia - Serramenti esterni (verticali) - Classificazione in base alla permeabilità all'aria, tenuta all'acqua e resistenza al vento, 1979.
- UNI 9019, Ripartizione delle spese di riscaldamento basata sulla contabilizzazione dei gradi- giorno, 1987.
- UNI 10200, Impianti di riscaldamento centralizzati – Ripartizione delle spese di riscaldamento, 2005.
- UNI 10348, Riscaldamento degli edifici – Rendimenti dei sistemi di riscaldamento: metodo di calcolo, 1993.
- UNI/TR 10349-1, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradiazione solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradiazione solare su di una superficie inclinata, 2016.
- UNI/TR 10349-2, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto, 2016.
- UNI/TR 10349-3, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici, 2016.
- UNI 12464-1, Illuminazioni dei posti di lavoro – parte 1: Posti di lavoro in interni, 2004.

- UNI EN 303, Caldaie per riscaldamento – Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale ed automatica, con una potenza termica nominale fino a 300 kW – Parte 5: Terminologia, requisiti, prove e marcatura, 2004.
- UNI EN 442-2, Radiatori e convettori – Metodi di prova e valutazione, 2004.
- UNI EN 1264-2, Riscaldamento a pavimento – Impianti e componenti – Determinazione della potenza termica, 1999.
- UNI EN 12207, Finestre e porte – Permeabilità all'aria – Classificazione, 2000.
- UNI EN 12309-2, Apparecchi di climatizzazione e/o pompe di calore ad assorbimento e adsorbimento, funzionanti a gas, con portata termica nominale non maggiore di 70 kW - Utilizzazione razionale dell'energia, 2002.
- UNI EN 12815, Termocucine a combustibile solido – Requisiti e metodi di prova, 2006.
- UNI EN 12831, Impianti di riscaldamento negli edifici – Metodo di calcolo del carico termico di progetto, 2006.
- UNI EN 13203-2, Apparecchi a gas domestici per la produzione di acqua calda – Apparecchi di portata termica nominale non maggiore di 70 kW e capacità di accumulo di acqua non maggiore di 300 l, 2007.
- UNI EN 13229, Inserti e caminetti aperti alimentati a combustibile solido – Requisiti e metodi di prova, 2006.
- UNI EN 13240, Stufe a combustibile solido – Requisiti e metodi di prova, 2006.
- UNI EN 13829, Prestazione termica degli edifici - Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici - Metodo di pressurizzazione mediante ventilatore, 2002. UNI EN 14037,
- Strisce radianti a soffitto alimentate con acqua a temperatura minore di 120°C, 2005.
- UNI EN 14785, Apparecchi per il riscaldamento domestico alimentati con pellet di legno – Requisiti e metodi di prova, 2008.
- UNI EN 15193, Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione, 2008.
- UNI EN 15242, Ventilazione degli edifici – Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni, 2008.
- UNI EN 15251, Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica, 2008.
- UNI EN 15265, Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti mediante metodi dinamici – Criteri generali e procedimenti di validazione, 2008.
- UNI EN 15316-2, Impianti di riscaldamento degli edifici – Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto – Parte 2.3: Sistemi di distribuzione di calore negli ambienti, 2007.
- UNI EN 15316-3, Impianti di riscaldamento degli edifici – Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto – Parte 3.1: Impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, caratterizzazione dei fabbisogni (fabbisogni di erogazione), 2008.
- UNI EN 15316-4-1, Impianti di riscaldamento degli edifici – Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto – Parte 4-1: Sistemi di generazione per il riscaldamento degli ambienti, sistemi a combustione (caldaie), 2008.
- UNI EN 15316-4-3, Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto – Parte 3: Sistemi di generazione del calore, sistemi solari termici, 2008.



- UNI EN 15316-4-6, Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 6: Sistemi di generazione del calore, sistemi fotovoltaici, 2008.
- UNI EN 15316-4-7, Impianti di riscaldamento degli edifici – Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto – Parte 4-7: Sistemi di generazione per il riscaldamento degli ambienti, sistemi di combustione a biomassa, 2009.
- UNI EN 15450, Impianto di riscaldamento negli edifici – Progettazione degli impianti di riscaldamento a pompa di calore, 2008.
- UNI EN ISO 6946, Componenti ed elementi per l'edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo, 2008.
- UNI EN ISO 7726, Ergonomia degli ambienti termici – Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche, 2002.
- UNI EN ISO 7730, 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, 2006.
- UNI EN ISO 13370, Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo, 2008.
- UNI EN ISO 13790, Prestazioni energetiche degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento ed il raffrescamento, 2008.
- UNI EN ISO 13791, Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati in calcestruzzo, 2005.
- UNI EN ISO 14683, Ponti termici in edilizia – Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento, 2001.
- UNI EN ISO 15927, Prestazione termo-igrometrica degli edifici – Calcolo e presentazione dei dati climatici, 2005.
- UNI/TR 11328-1, Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia, 2009.
- UNI/TR 11388, Sistemi di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale utilizzando valvole di corpo scaldante e totalizzatore dei tempi di inserzione, 2010.
- UNI/TS 11300-1, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, 2014.
- UNI/TS 11300-2, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali, 2014.
- UNI/TS 11300-3, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva, 2010.
- UNI/TS 11300-4, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, 2016.
- UNI/TS 11300-5, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili, 2016.
- UNI/TS 11300-6, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili, 2016.

### 3.2 LEGISLAZIONE

- L. 10/91, Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili.
- D.L. 18.06.07 n. 73, Misure urgenti per l'attuazione di disposizioni comunitarie in materia di liberalizzazione dei mercati dell'energia, 2007 (convertito con legge 3 agosto 2007, n. 125).
- D.lgs. 192/2005 Attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia, 2005.
- D.lgs. 152/2006, Norme in materia ambientale, 2006.
- D.lgs. 311/2006, Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia, 2006.
- D.lgs. 81/2008, Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, 2008.
- D.lgs. 115/2008, Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE, 2008.
- D.lgs. 28/2011, Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE
- D.lgs. 102/2014, Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE, 2014.
- D.M. 11.03.08, Attuazione dell'art. 1 comma 24 lettera a) della legge 24.02.07/244 per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'art.1 della legge 27.12.06/296, 2008.
- D.M. 26.06.09, Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, 2009.
- D.I. 26 giugno 2015 – Requisiti minimi.
- D.I. 26 giugno 2015 – APE, Attestato di prestazione Energetica.
- D.I. 26 giugno 2015 – Schemi di Relazione tecnica.
- D.I. 16 febbraio 2016: Conto Termico 2.0
- D.I. n. 66 del 14 aprile 2015: Fondo Kyoto per le scuole.
- D.P.R. n. 412/1993, Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento di energia, in attuazione dell'art.4, comma 4, della legge 9 Gennaio 1991, n.10, 1993.
- D.P.R. n. 660/1996, Regolamento per l'attuazione della direttiva 92/42/CEE concernente i requisiti di rendimento delle nuove caldaie ad acqua, alimentate con combustibili liquidi o gassosi, 1996.

#### 4. PROCEDURE OPERATIVE

La procedura di realizzazione della DE consisterà nelle seguenti fasi operative:

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come spiegato nel dettaglio nei paragrafi successivi;
- b) Visita agli edifici con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianti;
- c) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- d) Preparazione e compilazione delle schede di Audit secondo il formato specificato nel dettaglio nei paragrafi successivi;
- e) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, tramite la modellazione con opportuno software, come prescritto al capitolo 2 del presente Capitolato;
- f) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente ad almeno tre annualità;
- g) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio oggetto della DE con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali ( $GG_{real}$ ), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo più vicina, o in assenza, dal data-base meteo dell'Università di Genova;
- h) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di  $CO_2$ ) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e stagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali, e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento;
- i) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di  $CO_2$ ) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per almeno tre annualità solari complete (2014, 2015, 2016) ed eventualmente i dati disponibili 2017;
- j) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, come prescritto al capitolo 2 del presente Capitolato;
- k) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianti analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- l) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte, singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- m) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 o a 15 anni.
- n) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- o) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata, come descritta di seguito, (Rapporto di DE).
- q) Realizzazione di un report dei Benchmark

Le visite descritte ai punti b) e c) sopra dovranno essere effettuate nell'unica stessa giornata di sopralluogo, al fine di minimizzare il più possibile la disponibilità da parte dei conduttori sia degli edifici che degli impianti. Nei casi in cui, sia per motivi legati alla particolare complessità dei siti, sia per l'esigenza di dover

eeguire rilievi planimetrici in mancanza di dati sufficienti disponibili dalla PA, è possibile prevedere un numero maggiore di giornate di visita, previa comunicazione e approvazione da parte della Struttura di Staff-Energy Manager della PA, che renderà disponibile le date per le ulteriori visite.

## 4.1 ANALISI DEL SITO E DELL'UTENZA ENERGETICA

### 4.1.1 Contestualizzazione geografica, climatica ed urbana

Per la contestualizzazione geografica ed urbana, si utilizzeranno estratti di mappa e satellitare aggiornati del luogo in cui è ubicato il complesso edilizio oggetto ad audit.

Gli elaborati cartografici e le fotografie dovranno consentire l'esatta individuazione del contesto naturale in cui l'edificio è ubicato, l'orografia del territorio, la presenza di piante, di flussi d'acqua, di infrastrutture viarie ed energetiche, di schermature, la presenza di altri edifici e la loro posizione.

Inoltre dovranno essere individuati in maniera chiara e univoca i riferimenti catastali dell'immobile oggetto di audit.

Per la caratterizzazione climatica, invece, le variabili di cui occorre registrare i dati sono principalmente quelle indicate alla norma UNI 10349, con particolare riferimento a i seguenti punti:

- Gradi giorno di riferimento ( $GG_{rit}$ ) del Comune di Genova saranno determinati considerando le temperature esterne medie mensili della UNI 10349-1/2016 all'interno del periodo di riscaldamento prescritto dal D.P.R. 412/93 e s.m.i.
- Per la valutazione delle prestazioni reali per le analisi dei dati storici, dovranno essere utilizzati, dati climatici dalle stazioni meteorologiche più vicine all'edificio in esame, (un elenco è fornito al seguente link: <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp>), o in assenza, dal database meteo dell'Università di Genova (accessibile al seguente link: [http://www.dicca.unige.it/meteo/text\\_files/dati/](http://www.dicca.unige.it/meteo/text_files/dati/)). In entrambi i casi, i dati climatici usati dovranno essere rilevati per gli stessi anni di osservazione dei consumi storici - per almeno tre annualità solari complete (2014, 2015, 2016) ed eventualmente i dati disponibili per il 2017 - e dovranno essere chiaramente riportati in allegato al Rapporto DE.

Al fine della standardizzazione del metodo per la determinazione dei gradi giorni reali ( $GG_{real}$ ), la PA si riserva di rendere disponibile in fase di esecuzione delle DE uno specifico foglio di calcolo per uso dell'Auditor.

### 4.1.2 Raccolta dati di progetto ed elaborati grafici

Per valutare le caratteristiche dimensionali, distributive e tipologiche dell'edificio oggetto di audit dovranno essere acquisiti, se disponibili, elaborati grafici planimetrici e sezioni e prospetti; tali rappresentazioni dovranno essere conformi allo stato di fatto. Se necessario, in mancanza di elaborati progettuali preesistenti attendibili o conformi allo stato di fatto, l'auditor procederà con il rilievo diretto dell'edificio in tutte le sue parti.

Dovrà essere prodotta planimetria dell'edificio in scala 1:100 o 1:200 e del contesto esterno con individuazione della posizione delle centrali termiche e frigorifere, delle UTA laddove esistenti e dei principali elementi impiantistici, con particolare riferimento alla posizione dei contatori del gas, dell'elettricità e al quadro principale di distribuzione elettrica.

Dovranno essere richiesti ed acquisiti dalla PA, se disponibili, i progetti *as-built* di tutti gli impianti tecnologici presenti nell'edificio oggetto di audit. Inoltre dovranno essere acquisiti tutti gli elaborati che possano attestare la ristrutturazione o la manutenzione straordinaria di qualsiasi elemento del complesso edilizio oggetto dall'audit e tutte le dichiarazioni di conformità degli impianti, nonché i libretti d'impianto

presenti. Per gli impianti termici sarà necessario inoltre acquisire, se presente, la relazione di cui all'art.28 della Legge 10/91.

Le schede utilizzate, da compilare con tutti i dati disponibili e/o raccolti in campo, sono quelle riportate al paragrafo successivo, 4.4.1; oltre a i dati indicati, le schede dovranno contenere riferimenti e link ai relativi seguenti elaborati:

- **Involucro edilizio:** planimetrie, sezioni e prospetti aggiornati. Qualora non già disponibili, dovranno essere prodotti le sole planimetrie secondo le disposizioni iniziali del paragrafo 4.1.2 del presente Capitolato.
- **Impianto elettrico:** progetto e schemi elettrici, dichiarazioni di conformità (DM 37/08), eventuali piani di manutenzione. Qualora non disponibili, si procederà con la produzione di un diagramma a blocchi dell'impianto elettrico conforme allo stato di fatto delle utenze, a partire dallo schema del quadro elettrico generale, QEG).
- **Impianti termici:** progetto esecutivo termico e meccanico, eventuale piano di manutenzione, legge 10/91 (ex all. E del D.Lgs. 192/2005 e s.m.i.) e tutte le modifiche ed integrazioni, libretto di impianto. In particolare è fondamentale, oltre alla relazione tecnica, l'acquisizione delle tavole di progetto (layout di impianto e disposizione terminali di riscaldamento per ciascun locale). Qualora non disponibili, si procederà con la produzione di un diagramma a blocchi dell'impianto termico conforme allo stato di fatto.
- **Impianti di produzione da fonti rinnovabili:** relazione tecnica di progetto, schemi d'impianto. Qualora non disponibili, si procederà con la produzione di un diagramma a blocchi dell'impianto di produzione conforme allo stato di fatto.

Per il calcolo della producibilità ottenibile, ad esempio un impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile, va compilata la scheda relativa a partire dai dati di progetto o dai dati monitorati; in caso contrario dovranno essere stimate le producibilità ottenibili mediante i metodi di cui ai riferimenti normativi del paragrafo 3.1 del presente capitolato.

Gli elaborati grafici planimetrici dovranno contenere anche indicazioni relativamente agli edifici circostanti (altezza, numero di piani, tipologia costruttiva) ed ogni altro elemento atto a schermare la radiazione solare o a influenzare il profilo dei venti.

Dovranno inoltre essere indicati in maniera chiara le diverse zone termiche, gli spazi riscaldati e non riscaldati e le rispettive destinazioni d'uso.

Dovranno essere inoltre evidenziate su opportuni elaborati grafici chiaramente leggibili le zone e aree asservite a specifici impianti (es. se l'edificio è caratterizzato dalla presenza di due centrali termiche dovrà essere evidenziata la parte dell'edificio asservita a ciascuna delle due centrali) con l'indicazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso.

#### **4.1.3 Destinazione d'uso e profili di utilizzo dell'immobile**

Per completare la raccolta d'informazioni relative all'edificio, occorre conoscere il profilo di occupazione reale dell'edificio e informarsi sulla sua evoluzione nel tempo e futura, e le attività che vi sono svolte, al fine di ricostruire in modo pertinente il profilo di consumo energetico dell'edificio.

Sarà fondamentale reperire il maggior numero di informazioni e col maggior dettaglio possibile attraverso:

- sopralluogo, verifiche e rilevazioni sui campo;
- intervista all'utenza;
- dati di monitoraggio (se disponibili).

Evidenza di tale attività dovrà essere riportata nel rapporto di diagnosi energetica.

#### 4.1.4 Acquisizione e analisi dei dati storici relativi alla fatturazione

Per effettuare una diagnosi energetica, è fondamentale la raccolta dei dati per l'individuazione degli ingressi energetici della zona/edificio soggetto ad audit e quindi del profilo caratteristico di consumo energetico. Tali ingressi possono riguardare differenti vettori energetici, i più comuni dei quali sono l'energia elettrica e il gas naturale (metano) o il GPL.

I dati storici di consumo sono deducibili dall'acquisizione e lo studio dei dati di contabilizzazione termica (diretta o indiretta, in base alla UNI 10200) eventualmente presente e/o dall'acquisizione e lo studio delle fatturazioni sui pagamenti relativi alle forniture elettriche e dei combustibili. In entrambi i casi le informazioni saranno rese disponibile dalla PA, mentre lo studio ed elaborazione dei dati e la compilazione delle schede d'audit saranno demandate all'Auditor.

L'ubicazione esatta dei contatori di energia elettrica o gas naturale dovrà essere riportata sulla planimetria dell'edificio.

Per ciascuna utenza energetica e con riferimento alle schede di audit specificate al paragrafo 4.4.1, si dovrà provvedere all'acquisizione dei dati relativi ai consumi reali per almeno tre annualità solari complete (2014, 2015, 2016) ed eventualmente i dati disponibili 2017.

I dati di consumo reale dovranno essere utilizzati al fine di validare i modelli energetici di calcolo e tutte le ipotesi adottate, secondo le disposizioni del capitolo 2 del presente Capitolato.

Per le utenze termiche (riscaldamento + ACS), si dovrà procedere alla definizione di una “**baseline consumi termici**” da utilizzare come punto di partenza per la valutazione dei benefici dovuti alla realizzazione degli scenari, che verranno successivamente analizzati.

L'individuazione della baseline termica deve quindi essere realizzata tramite riparto del consumo di combustibile tra ACS e riscaldamento e successiva destagionalizzazione dei consumi di combustibile per solo riscaldamento, utilizzando i GG reali ( $GG_{real}$ ) precedentemente analizzati, con conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento ( $GG_{rif}$ ), ovvero i valori utilizzati nel modello.

$$Q_{baseline} = a_{rif} \times GG_{rif} + Q_{ACS}$$

Dove:

$$a_{rif} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{real,i}}{\sum_{i=1}^n GG_{real,i}}$$

$GG_{rif}$  = Gradi giorno di riferimento utilizzati nella modellazione dell'edificio;

$GG_{real,i}$  = Gradi giorno valutati considerando le temperature esterne reali;

$Q_{th}$  = Consumo termico risultante dalla modellazione dell'edificio, kWh/anno;

$Q_{real,i}$  = Consumo termico reale per riscaldamento dell'edificio, kWh/anno;

$Q_{ACS}$  = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno;

n = numero di annualità di cui si hanno a disposizione i consumi.

Per il vettore energetico di elettricità, la “**baseline consumi di elettricità**”, ( $EE_{baseline}$ ), coinciderà con il valore medio annuo, kWh/anno, dei consumi reali rilevati per almeno tre annualità solari complete (2014, 2015, 2016) ed eventualmente i dati disponibili per il 2017.

Per entrambi i baseline energetici si dovrà procedere a valutare i **profili medi mensili di baseline**. Per valutare il profilo di assorbimento di energia elettrica e di combustibili occorre associare le spese energetiche della zona soggetta ad audit alla fatturazione (relativa ad un certo vettore energetico) disponibile.

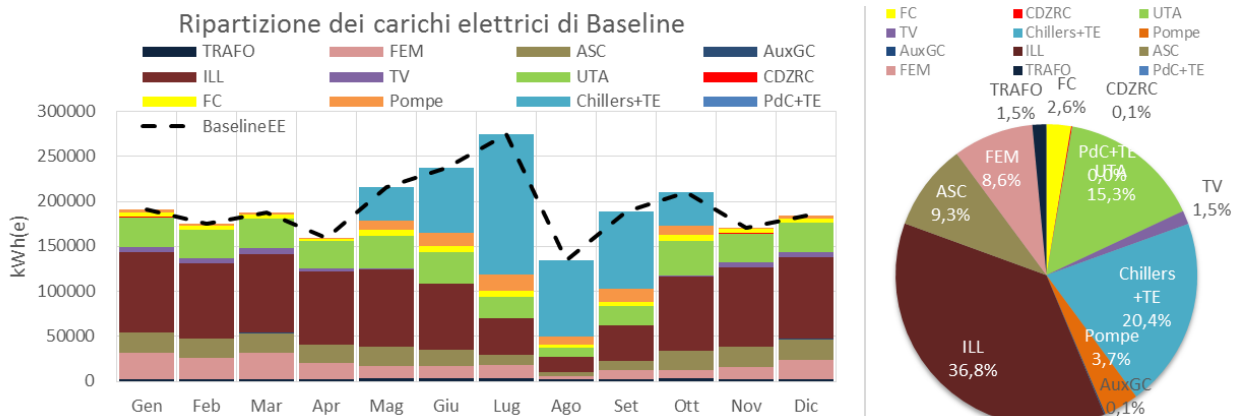
Si ricorda che i “consumi reali”, si riferiscono ai consumi rilevati dalla società di distribuzione dell'energia elettrica (ad esempio Enel Distribuzione o altri); poiché i consumi riportati nella fattura per il mese

fatturato possono non essere reali (letture presunte o conguagli), occorre servirsi dello storico riportato su ogni fattura, relativo ai mesi precedenti.

Per le utenze termiche dovrà inoltre essere effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione termica, e i profili mensili dei dati di consumo reale in kWh, ottenuti dalla distribuzione del consumo annuo secondo i profili mensili dei gradi giorno reali relativi allo stesso periodo di rilevamento. I risultati del confronto saranno riportati sotto forma di diagramma misto (barre/linee) nel rapporto di DE.

I consumi devono poi essere ripartiti tra le varie tipologie di utilizzo sulla base delle informazioni rilevate in sede di sopralluogo e derivanti dalla realizzazione del modello dell'edificio. Per il consumo di combustibile si deve procedere nel definire il riparto tra riscaldamento e ACS. Un esempio tipico di ripartizione del consumo annuo di elettricità nei vari carichi elettrici è invece offerto in Figura 2.

Figura 2- Esempio di valutazione della baseline elettrica ed andamento stagionale dei consumi elettrici standardizzati, ripartiti tra le varie utenze



Una volta determinati i consumi energetici reali è possibile utilizzarli per effettuare un aggiustamento dei **profili di utilizzo** degli impianti termico ed elettrico e dell'edificio in generale da parte dell'utenza in modo da validare l'affidabilità del modello di calcolo assistito con i profili reali.

Il consumo dell'edificio, opportunamente indicizzato, deve essere confrontato con i benchmark di riferimento presenti in letteratura, per edifici aventi la medesime caratteristiche funzionali e destinazioni d'uso. L'indicizzazione potrà essere eseguite sulle superficie utili delle zone climatizzate e servite da utenze elettriche, o sui volumi utili, o sull'intera superficie utile dell'edificio, a secondo della metodologia costitutiva dei benchmark di riferimenti disponibili in letteratura al momento della redazione del rapporto di DE. In ogni caso tale aspetto deve essere chiaramente riportato e commentato nel rapporto di DE.

Per ciascuna utenza energetica dovranno essere altresì registrate nelle schede di audit le seguenti informazioni ricavabili dalla fatturazione:

### **Energia elettrica**

- a) Dati di intestazione fattura
- b) Società di fornitura
- c) Indirizzo di fornitura
- d) Punto di prelievo (POD)
- e) Potenza elettrica impegnata e potenza elettrica disponibile
- f) Tipologia di contratto e opzione tariffaria <sup>(1)</sup>
- g) Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>

**Note:**

<sup>(1)</sup> per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

<sup>(2)</sup> il prezzo di fornitura dovrà essere dettagliato relativamente alla quota energia e alle quote relative alle imposte, IVA ed oneri di sistema suddivisi in parte fissa e parte variabile

**Gas naturale**

- a) Dati di intestazione fattura
- b) Società di fornitura
- c) Indirizzo di fornitura
- d) Punto di riconsegna (PDR)
- e) Classe del contatore
- f) Tipologia di contratto e opzione tariffaria <sup>(3)</sup>
- g) Valore del coefficiente correttivo dei consumi (C)
- h) Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile
- i) Prezzi di fornitura del combustibile <sup>(4)</sup>

**Note:**

<sup>(3)</sup> per fatturazioni non mensili, la spesa economica mensile andrà suddivisa percentualmente in base ai valori di consumo energetico mensile.

<sup>(4)</sup> con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Il dato di consumo mensile si ricava dalla formula:

$$Q_{\text{fuel,mese}} = (L_{v,p,1} - L_{v,p,2}) * C * 30 / (T1 - T2), [sm^3]$$

Dove:

- $L_{v,p,1}$  è l'ultima lettura effettiva disponibile del contatore effettuata nel giorno T1;
- $L_{v,p,2}$  è la lettura effettiva disponibile precedente alla  $L_{v,p,1}$ , effettuata nel giorno T2;
- la differenza (T1-T2) rappresenta il periodo di riferimento, in giorni, sul quale si hanno consumi effettivi.
- C è il coefficiente correttivo dei consumi per ottenere gli sm<sup>3</sup> dai m<sup>3</sup> definito per località secondo precisi criteri (<http://www.auotrità.energia.it>)

**GPL o Gasolio**

- a) Dati di intestazione fattura
- b) Società di fornitura
- c) Indirizzo di fornitura
- d) Volume serbatoio



- e) Livello di riempimento al momento della ricarica
- f) Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile
- g) Andamento consumi negli ultimi tre anni solari (da compilare una tabella per anno)
- h) Prezzi di fornitura del combustibile <sup>(5)</sup>

**Note:**

<sup>(5)</sup> con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita. Sono escluse le imposte e ogni altro corrispettivo addizionale.

Il dato di consumo mensile si ricava dalla formula:

$$Q_{\text{fuel,mese}} = (Q_{\text{carica}} + (L_{v,p,2} - L_{v,p,1})) * 30 / (T1 - T2), [l]$$

Dove:

- $L_{v,p,1}$  è l'ultimo valore disponibile del livello di riempimento del serbatoio nel giorno T1;
- $L_{v,p,2}$  è il valore disponibile precedente a  $L_{v,p,1}$ , e precedente alla ricarica effettuata nel giorno T2;
- $Q_{\text{carica}}$  è la quantità di combustibile ricaricato al momento T2 (che rappresenta il giorno di ricarica);
- la differenza (T1-T2) rappresenta il periodo di riferimento, in giorni, sul quale si hanno consumi effettivi.

***Teleriscaldamento***

Nel caso in cui la zona o l'edificio oggetto di audit sia parte di un impianto di teleriscaldamento, non vi saranno fatture per la fornitura di combustibile, ma andranno analizzati i documenti di ripartizione energetica e/o le convenzioni di fornitura di calore.

## 4.2 CARATTERIZZAZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTI

### 4.2.1 Caratterizzazione dei componenti dell'involucro

Ai fini della corretta caratterizzazione dell'involucro edilizio relativamente allo stato di fatto, dovranno essere rilevati, tramite misure e verifiche dirette, tutti i parametri dimensionali, geometrici e termo-fisici dei componenti opachi e trasparenti.

Per le caratteristiche dimensionali dell'edificio si procederà al minimo a descrivere, con indicazione dei criteri con cui queste sono state valutate, i seguenti parametri:

- a) Volume netto;
- b) Volume lordo;
- c) Superficie utile riscaldata;
- d) Superfici disperdenti,
- e) Fattore di forma S/V

Per i componenti opachi si procederà a rilevare:

- a) Tipologia costruttiva;
- b) Spessore;
- c) Stratigrafia e componenti costruttivi
- d) Ambiente confinante (esterno, locale non riscaldato, terrapieno, ecc.)
- e) Finitura esterna
- f) Finitura interna
- g) Tipologia di struttura portante.

Per gli infissi si procederà a rilevare:

- a) Tipologia di vetro
- b) Tipologia di telaio
- c) Tipologia dell'eventuale oscuramento esterno;
- d) Dimensioni dell'eventuale cassonetto;
- e) Dimensioni e tipologia del sottofinestra;
- f) Tipologia di eventuali schermature solari.

Si procederà inoltre all'individuazione dei ponti termici, attraverso la definizione della tipologia e delle dimensioni.

Le indicazioni di cui sopra dovranno essere correlate in maniera univoca con gli elaborati grafici mediante rimandi a planimetrie, prospetti a sezioni qualora correlate ad interventi migliorativi proposti.

Per quanto riguarda le strutture disperdenti trasparenti, si adotteranno, se disponibili, informazioni specifiche sulla qualità dei singoli serramenti installati, applicando le norme vigenti e le leggi di riferimento. Dovranno altresì essere calcolata le trasmittanza degli elementi trasparenti (trasmittanza della vetrata  $U_{gt}$ ) e del tipo di telaio (trasmittanza termica della telaio  $U_t$ ), oltre che alla trasmittanza unitaria del serramento ( $U_w$ ) secondo i metodi di calcolo previsti dalle norme UNI EN ISO 10077-1 e 14351.

La caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle caratteristiche termo-fisiche dell'involucro edilizio dovrà essere supportata con strumenti e metodi riconducibili alla diagnostica strumentale (rilevamento diretto) e/o al calcolo (rilevamento indiretto), come specificato di seguito.

Tra le principali tecniche diagnostiche strumentali si evidenziano:

- a) Termografia all'infrarosso;
- b) Termo-flussimetria;
- c) Endoscopia.

In alternativa ai metodi strumentali di diagnosi energetica, note le caratteristiche fisiche e geometrico-costruttive relative ai componenti l'involucro edilizio, le caratteristiche termo-fisiche possono essere determinate con riferimento alle normate tecniche in tal senso:

- d) Per la determinazione della trasmittanza termica delle componenti opache, in assenza di informazioni dettagliate sui profili stratigrafici si farà riferimento alla UNI/TR 11552:2014 "Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici. Parametri termofisici".
- e) Per la determinazione della trasmittanza termica degli elementi trasparenti (trasmittanza del vetro  $U_g$ ) e dei telai (trasmittanza termica del telaio  $U_f$ ), in modo da calcolare la trasmittanza complessiva del serramento ( $U_w$ ) si farà riferimento ai metodi previsti dalle norme UNI EN ISO 10077-1 e 14351.

Particolare attenzione deve essere posta anche alla descrizione dello stato di conservazione degli elementi edilizi e del loro comportamento ai fini del benessere ambientale degli occupanti.

L'analisi deve essere effettuata per tutti gli elementi dell'involucro edilizio, sia opaco che trasparente, e sugli eventuali ponti termici presenti.

È inoltre opportuno giustificare quanto descritto tramite rilievi fotografici e termografici.

#### **4.2.2 Caratterizzazione degli impianti termici**

L'attività di diagnosi energetica deve prendere in considerazione tutto il periodo di funzionamento degli impianti, ovvero il periodo effettivo di accensione.

In relazione ai dati storici si dovranno verificare eventuali significative variazioni intervenute nell'utilizzo degli impianti ed evidenziarle opportunamente nel rapporto di DE.

Il metodo di calcolo proposto dalle norme UNI TS 11300 prevede che l'analisi energetica dell'intero impianto – di climatizzazione o per produzione di acqua calda sanitaria (ACS) – venga scorporata nei suoi differenti sottosistemi: emissione, regolazione, distribuzione, accumulo, generazione.

La stessa logica è presente nelle schede di sintesi sviluppate e dovrà essere utilizzata per la rilevazione delle caratteristiche degli impianti. Anche la descrizione degli impianti nel rapporto di DE dovrà seguire la struttura per sottosistemi.

La procedura consente di determinare: rendimento, perdite e consumo energetico degli ausiliari di ogni sottosistema permettendo il controllo e la valutazione dell'impatto che ognuno di questi ha sulla prestazione energetica totale del sistema edificio-impianti.

All'interno del rapporto di DE devono essere chiaramente indicati i valori di rendimento utilizzati ai fini del calcolo. È inoltre opportuno giustificare quanto descritto tramite rilievi fotografici e termografici.

Ai fini della caratterizzazione dei sistemi impiantistici sotto il profilo dei rendimenti dei sottosistemi, dovranno essere rilevati i seguenti dati:

##### Sottosistema di emissione:

- Tipologia, numero e potenza dei terminali per ogni zona termica
- Esponente  $n$  (curva di emissione)
- Potenza ausiliari elettrici

#### Sottosistema di regolazione:

- Tipologia di sistema di regolazione in ambiente (climatica, di zona, di locale)
- Tipo di regolatore in uso (on/off, proporzionale, PI, PID)

#### Sottosistema di distribuzione:

- Tipologia di fluido termovettore (aria, acqua)
- Caratteristiche tubazioni/canalizzazioni: diametro, materiale, coibentazione, lunghezza, dislocazione (ambiente riscaldato/non riscaldato), trasmittanza termica lineare
- Temperatura di mandata
- Potenza idraulica di progetto
- Lunghezza di tubazione posta rispettivamente in ambiente riscaldato e non riscaldato
- Potenza elettrica elettropompa/elettrocircolatore

#### Sottosistema di accumulo:

- dimensioni, coibentazione, dislocazione (ambiente riscaldato/non riscaldato), trasmittanza termica lineare
- Temperatura di accumulo

#### Sottosistema di generazione:

- Tipologia di generatore (a combustione, pompa di calore a compressione, pompa di calore ad assorbimento, gruppo frigorifero, centrale di trattamento aria).
- Configurazione di sistemi misti e multipli
- Tipo di combustibile
- Potenza ausiliari elettrici

In particolare per:

##### Generatori a combustione:

- Tipologia (condensazione, modulante)
- Potenza utile a carico nominale
- Potenza al focolare a carico nominale
- Potenza a carico parziale
- Potenza minima
- Potenza ausiliari elettrici

##### Pompe di calore:

- Temperature sorgenti fredda e calda
- COP (o GUE) nominale e a carichi parziali
- Potenza ausiliari elettrici

##### Centrali di trattamento aria:

- Potenza riscaldamento/raffrescamento nominale
- Potenza ausiliari elettrici
- Lunghezza e isolamento tubazioni generatore-CTA
- Caratteristiche tubazioni generatore caldo
- Caratteristiche gruppo frigorifero

Gruppi frigoriferi:

- Valori di riferimento EER (o GUE)
- Potenza ausiliari elettrici

Sottosistema di distribuzione ACS:

- Caratteristiche tubazioni: diametro, materiale, coibentazione, lunghezza, dislocazione (ambiente riscaldato/non riscaldato), trasmittanza termica lineare

Sottosistema di generazione ACS:

- Configurazione di sistemi misti e multipli

#### **4.2.3 Caratterizzazione degli impianti elettrici**

Tale analisi deve essere effettuata per tutte le tipologie di impianti elettrici a servizio dell'edificio:

- Illuminazione;
- Pompe e ausiliari;
- FEM e altre utenze elettriche;
- Climatizzazione estiva (Chiller + Torre Evaporativa), se presente;
- Ventilazione meccanica controllata/trattamento aria, se presente;
- Perdite al trasformatore, se presente;
- Elettricità per uso esterno all'edificio, se presente;
- Produzione di elettricità da fonti energetiche rinnovabili, se presenti;

Particolare attenzione deve essere inoltre posta:

- Allo stato di conservazione degli impianti;
- Alle effettive modalità di utilizzo da parte degli occupanti;
- All'eventuale presenza di sistemi di automazione.

Per la valutazione del fabbisogno e del consumo energetico per l'illuminazione è necessario individuare una serie d'informazioni concernenti le caratteristiche degli impianti, l'ubicazione dell'edificio e il contributo della luce diurna (daylight).

Si riporta di seguito l'elenco dei principali dati richiesti dalla metodologia di calcolo prevista dalla norma UNI EN 15193 2008:

- latitudine del sito;

- individuazione delle zone dell'edificio con accesso alla luce diurna e delle modalità di ricezione (facciate verticali, lucernari);
- parametri dimensionali dei locali interessati;
- ostruzioni che riducono la luce incidente (lineari, sporgenze, cortili e atri, doppie facciate in vetratura);
- tipologia superfici trasparenti;
- livello di illuminamento mantenuto;
- caratteristiche dei sistemi di controllo del daylight;
- caratteristiche dei sistemi di controllo di presenza;
- caratteristiche dei sistemi di controllo ad illuminamento costante;
- tipologia degli impianti di illuminazione presenti (lampade, alimentatori, ecc.);
- potenza degli apparecchi di illuminazione;
- potenza installata per la carica degli apparecchi di emergenza;
- potenze parassite (apparecchio illuminante, sistema di emergenza, sistemi di controllo);
- numero di ore in uso degli impianti di illuminazione;
- tempo di carica degli apparecchi di emergenza.

$$W = W_L + W_P$$

Dove:

$W_L$  = energia necessaria a soddisfare il servizio di illuminazione richiesto;

$W_P$  = energia (parassita) necessaria al funzionamento in condizione di stand-by dei sistemi di controllo (con gli apparecchi di illuminazione spenti), e alla carica delle batterie degli apparecchi di illuminazione di emergenza.

I metodi di misura considerati sono di carattere generale e prevedono la possibilità di una misura diretta attraverso strumentazione dedicata oppure tramite l'utilizzo di sistemi di gestione dell'illuminazione (elaborazione dati specifici, misura dei consumi, ecc.).

I metodi possibili sono:

- Misure dirette;
- Contatori di energia o analizzatori di rete sui circuiti della distribuzione elettrica dedicati all'illuminazione;
- Wattmetri accoppiati o integrati alle centraline di illuminazione di un sistema di gestione dell'illuminazione.

Per le altre utenze elettriche alcuni dati si possono rilevare dal sopralluogo attraverso la lettura dei dati di targa, altri si possono rilevare con misurazioni strumentali e altri ancora prevedono la consultazione delle schede tecniche del fabbricante.

Nel caso di presenza di generatori di energia elettrica da fonti rinnovabili (ad esempio solare fotovoltaico, cogenerazione, ecc.) possono essere utilizzati i dati di produzione da misure dirette (contatori di produzione) o mediante stime di producibilità effettuate secondo i metodi di calcolo previsti dalle rispettive norme tecniche di settore o da database di validità riconosciuta (es. PV-GIS, ENEA). I dati di produzione a consuntivo possono essere recuperati attraverso le informazioni disponibili presso il G.S.E. nel caso si tratti di impianti incentivati.

## 4.3 ELABORAZIONE E ANALISI DEI DATI

### 4.3.1 Procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria

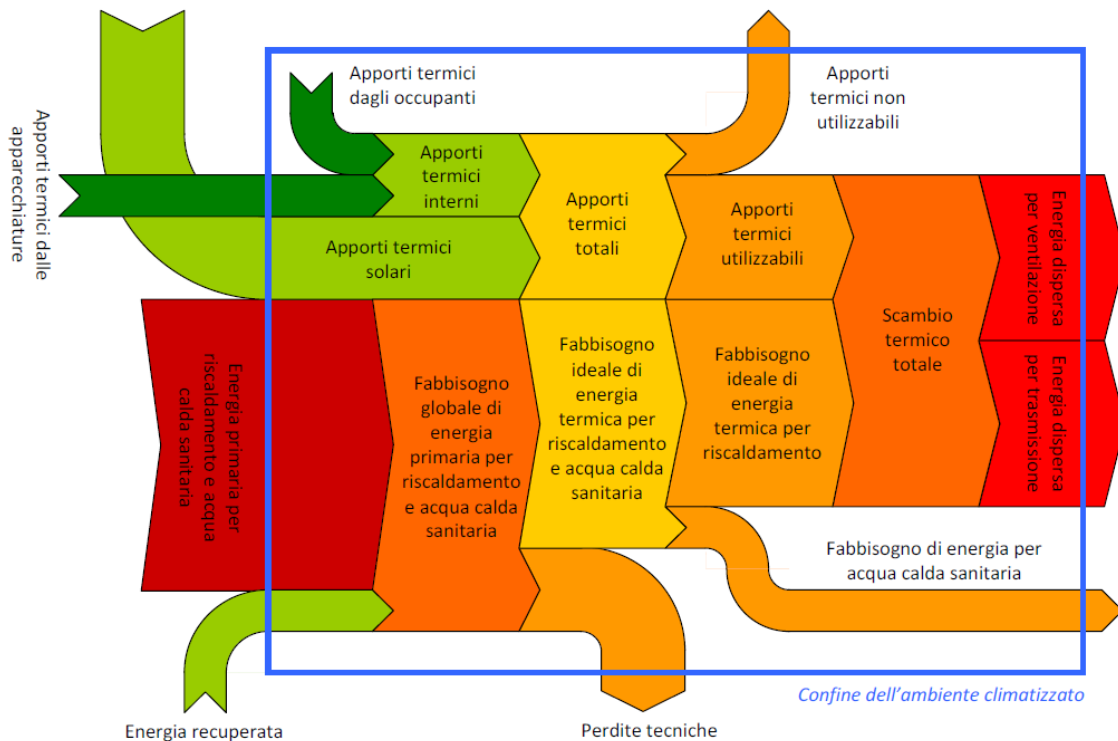
Il calcolo dei consumi energetici sarà eseguito attraverso l'equazione di bilancio condotta per ogni sottosistema in cui è suddivisibile ciascuno dei diversi impianti a servizio dell'edificio oggetto di audit, secondo quanto indicato dalle norme UNI TS 11300.

La procedura di calcolo del bilancio energetico di un impianto prevedrà i seguenti passaggi, secondo i principi della UNI CEI/TR 11428:

- Creazione del diagramma a blocchi modulare rappresentativo dell'impianto e dei flussi energetici;
- Determinazione del periodo di funzionamento dall'impianto per tutte le tipologie di servizio energetico (riscaldamento invernale, raffrescamento estivo, fornitura di ACS, illuminazione, utenze elettriche);
- Determinazione dei fabbisogni reali di energia per la climatizzazione invernale/estiva e il consumo di ACS delle diverse zone termiche; con questa operazione si ottiene il valore di energia che deve essere fornito dai diversi sottosistemi di emissione;
- Calcolo del bilancio energetico dei sottosistemi costituenti gli impianti termici e determinazione dei rispettivi rendimenti (UNI TS 11300:2);
- Calcolo del fabbisogno di energia primaria dell'impianto (UNI TS 11300:2,3,4).

A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria i risultati del bilancio energetico dovranno essere rappresentati mediante diagrammi di sankey, sia per quanto riguarda il bilancio termico – con particolare riferimento all'esempio in Figura 3 – sia per quanto riguarda il bilancio elettrico. I diagrammi qui specificati si aggiungono alle disposizioni del capitolo 2 del presente Capitolato.

Figura 3 - Esempio di diagramma di sankey per il bilancio termico di un edificio secondo UNI TS 11300:1,2



La rappresentazione mediante diagramma di Sankey dovrà essere eseguita al minimo per il sistema edificio/impianti allo stato attuale, quindi pre-interventi, e per i due scenari ottimali post-interventi di seguito specificati, al fine di evidenziare il diverso e corretto contributo degli apporti termici, del calore

recuperato e delle perdite tecniche e l'energia dispersa per trasmissione e ventilazione al variare delle specifiche prestazionali degli elementi dell'involucro e degli impianti proposti.

### 4.3.2 Procedura per la redazione dell'analisi di fattibilità degli interventi di miglioramento

Una volta verificata la possibilità di poter ottenere una diminuzione sostanziale dei fabbisogni energetici dell'edificio (ad esempio attraverso un confronto tra indicatori reali e *benchmark* di *best-practice* di riferimento in relazione al contesto climatico, geografico e tipologico), si precede alla simulazione degli interventi, ipotizzandone la realizzazione a livello di involucro, di impianti termici, di impianto elettrico e di illuminazione, di impianti di produzione da fonti rinnovabili. A titolo esemplificativo ma non esaustivo dovranno essere considerati, se tecnicamente fattibili, le seguenti opportunità di intervento:

Tabella 1- Opportunità d'intervento

To BE LEAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correzione delle modalità comportamentali;</li> <li>• Coibentazione delle strutture opache;</li> <li>• Efficientamento dei serramenti;</li> <li>• Utilizzo di schermature solari;</li> <li>• Correzione dei ponti termici;</li> <li>• Termoregolazione;</li> <li>• Efficientamento sistemi di distribuzione;</li> <li>• Sistemi di ventilazione meccanica controllata;</li> <li>• Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led e/o sistemi di rilevamento presenza;</li> <li>• Sistemi di building automation;</li> </ul>
To BE CLEAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficientamento generatore di calore;</li> <li>• Efficientamento impianto di climatizzazione estiva;</li> </ul>
To BE GREEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili</li> </ul>

Per ognuna delle opportunità di intervento sopra indicate, dovranno essere proposte delle misure di efficienza energetica (EEM) considerate fattibili. Le EEM proposte dovranno essere riportate nel rapporto di DE con numerazione progressiva secondo l'ordine, dall'alto verso il basso, descritto nella tabella soprariportata, (es. EEM1-Sostituzione dei Serramenti, EEM2-Valvole termostatiche; EEM3-Caldaia a Condensazione; EEM4-Fotovoltaico, ecc.)

Per la definizione delle EEM si dovranno inoltre considerare le schede di Opportunità di Risparmio Energetico (ORE) contenute nell'Appendice B delle Linee Guide AiCARR, associando ad ogni EEM il corrispondente codice ORE. A livello metodologico per la identificazione delle ORE vale quanto riportato nelle linee guide dell'AiCARR. Le schede ORE associate alle sole EEM proposte dovranno essere allegate al Rapporto di DE.

Le EEM dovranno essere valutati anche in funzione delle possibilità offerte dall'assetto normativo nazionale in materia di incentivi e/o agevolazioni fiscali vigenti al momento dell'effettuazione della diagnosi energetica (es. titoli di efficienza energetica, conto energia termico, ecc.).

Nella relazione finale di diagnosi energetica saranno descritti soltanto le possibili singole EEM del sistema edificio-impianto di cui sia stata accertata la **fattibilità tecnica** (incluso il rispetto dei vincoli paesaggistici, ambientali, architettonici, archeologici, ecc.) **ed economica**.

Sono da valutare non solo le singole EEM, ma anche possibili interventi integrati su più sistemi, in modo da evidenziare eventuali conflitti o sinergie tra diversi sistemi energetici e/o differenti vettori energetici, allo scopo di rispondere alle esigenze di diversificazione nell'approvvigionamento energetico dell'utenza.

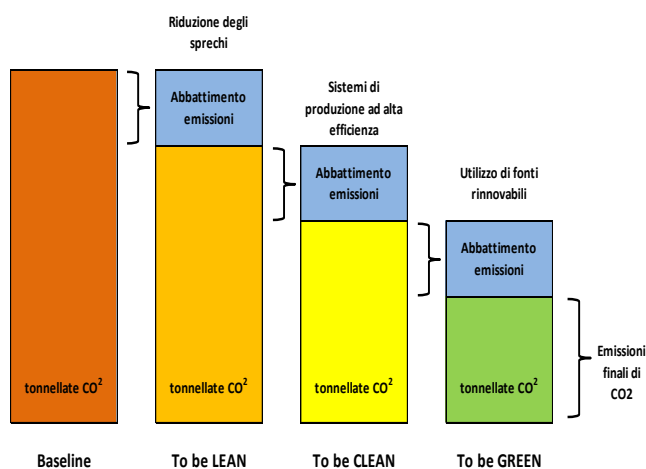


Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui devono essere analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal principio della gerarchia energetica “To Be Lean – To Be Clean – To Be Green” (fonte: London Plan 2011).

Secondo tale principio possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, secondo tre livelli consequenziali:

- 1) **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianti (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- 2) **To be Clean:** Aumento dell’efficienza dei sistemi di produzione in loco dell’energia tramite lo sfruttamento di tecnologie ad alto rendimento (es: sostituzione generatore di calore con uno ad alta efficienza, chiller ad alta efficienza, teleriscaldamento, teleraffrescamento, cogenerazione);
- 3) **To be Green:** Produzione di energia da fonti rinnovabili (es: pompe di calore, fotovoltaico, ecc.).

Figura 4- Principio della Gerarchia Energetica: “To Be Lean – To Be Clean – To Be Green” (fonte: London Plan 2011).



Secondo questo modello di gerarchia energetica non sarà possibile riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all’adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno energetica primario.

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si valuterà la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull’involucro e sulla domanda d’utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, (“to Be Lean”). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si valuterà il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall’installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

L’analisi degli interventi da proporre, sia singoli che integrati, deve comprendere:

- La simulazione, con l’utilizzo del modello, del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione dei vari interventi proposti prima singolarmente e poi combinati tra loro;
- L’individuazione della nuova classe energetica raggiungibile nelle diverse simulazioni;
- L’indicazione della variazione della baseline (energetica, delle emissioni di CO<sub>2</sub> e dei costi) a seguito della realizzazione degli interventi proposti.

Per quanto riguarda le emissioni di CO<sub>2</sub>, queste dovranno essere calcolate secondo la tabella seguente, per ciascun vettore energetico, relativamente alla situazione di consumo reale e agli scenari di miglioramento energetico ipotizzati.

Nella relazione finale di diagnosi energetica saranno descritti soltanto le possibili soluzioni integrate al sistema edificio-impianti di cui sia stata accertata la **fattibilità tecnica** (incluso il rispetto dei vincoli paesaggistici, ambientali, architettonici, archeologici, ecc.) **ed economica**. Nello specifico, per la fattibilità economica delle soluzioni integrate si dovranno intendere accettabili le soluzioni che verificano i seguenti scenari economici:

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice,  $TRS \leq 25$  anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice,  $TRS \leq 15$  anni.

Tabella 2- Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>

Combustibile	tCO <sub>2</sub> /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010	

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzioni integrate che includono interventi sull'involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

Scopo dell'analisi di fattibilità economica è l'individuazione dello scenario di intervento ottimale, che fornisca i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

La valutazione economico-finanziaria degli interventi da proporre, sia singoli che integrati, dovrà essere eseguita secondo le disposizioni riportate ai paragrafi 4.3.3, 4.3.4 e 4.3.6, mentre per i soli scenari ottimali vale quanto riportato ai paragrafi 4.3.5 e 4.3.7 del presente Capitolato.

### 4.3.3 Procedura per la redazione dell'analisi dei costi

La fattibilità economica degli interventi proposti dovrà essere valutata a partire dalla redazione di un computo metrico delle opere, (analisi dei costi), da eseguire per conseguire le migliori performance energetiche utilizzando, come riferimento per l'elaborazione dei prezzi unitari e delle voci di computo, il Prezzario Regionale o altri Listini Ufficiali adottati dalla Regione Liguria; l'utilizzo di prezziari differenti dovrà essere opportunamente documentato così come la definizione di prezzi per voci non incluse in nessun prezzario.

Nell'analisi economica dovrà essere considerato esplicitamente il costo di manutenzione e gestione; per ogni singola EEM considerata deve essere indicato il nuovo costo relativo alla gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria. Analogamente si procederà alla valutazione del nuovo costo complessivo relativo alla gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria per gli scenari ottimali.

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici ed agli oneri di gestione e manutenzione dell'edificio dovrà riguardare almeno le annualità per le quali sono stati rilevati i consumi storici.

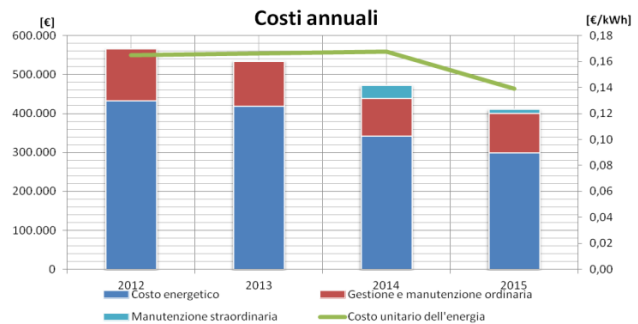
La valutazione dovrà mostrare la variabilità dei costi che si è verificata nei periodi analizzati e dovrà consentire l'individuazione delle tariffe utili – intesi come costi unitari complessivi al netto della sola IVA – per la realizzazione dell'analisi costi-benefici:

- $Cu_{EE}$ , [€/kWh] è il costo unitario dell'energia elettrica: si considera il valore relativo all'ultimo anno a disposizione;

- $C_{uQ}$ , [€/kWh] è il costo unitario dell'energia termica: si considera il valore relativo all'ultimo anno a disposizione;
- $C_{MO}$ , [€/anno] è il costo per la gestione e manutenzione ordinaria: si considerano il corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere;
- $C_{MS}$ , [€/anno] è il costo per la manutenzione straordinaria: si considera la media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici.

I costi unitari dei vettori energetici devono essere moltiplicati per i consumi normalizzati di baseline al fine di definire la baseline dei costi energetici, che verrà utilizzata per la definizione dei risparmi economici conseguibili a seguito della realizzazione delle EEM proposte.

Figura 5 - Esempio di analisi dei costi energetici e manutentivi



Dovrà essere inoltre determinato il **Baseline dei Costi** definito come la somma della componente di costo di riferimento per la fornitura dei vettori energetici pre-intervento e la componente di costo di riferimento per la gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria pre-intervento.

Per la componente energetica vale la seguente formula:

$$C_E = Q_{baseline} \times C_{uQ} + EE_{baseline} \times C_{uEE}$$

La Baseline dei Costi per il sistema edificio/impianti pre-intervento è pertanto uguale a:

$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

#### 4.3.4 Procedura per la valutazione economico - finanziaria

La valutazione economico finanziaria derivante dall'applicazione delle EEM e dei due scenari ottimali, dovranno essere sviluppate secondo il metodo dei flussi di cassa, presentando chiaramente i valori dei costi, ricavi, flussi di cassa e redditività. Per ogni EEM proposta e gli scenari ottimali dovrà essere indicato il nuovo costo relativo alla gestione, manutenzione ordinaria e straordinaria considerato nell'analisi dei flussi di cassa.

Inoltre, particolare attenzione deve essere posta nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili agli scenari (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc.), con la quantificazione dell'importo incentivabile e l'analisi dei flussi di cassa e degli indicatori finanziari con e senza il contributo degli incentivi considerati.

Gli indicatori economici d'investimento che dovranno essere utilizzati in queste valutazioni dovranno essere:

- TRS (tempo di ritorno semplice);
- TRA (tempo di ritorno attualizzato);
- VAN (valore attuale netto);
- TIR (tasso interno di rendimento)
- IP (indice di profitto);

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

$$TRS = \frac{I_0}{\overline{FC}}$$

Dove:

- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale;
- $\overline{FC}$  è il flusso di cassa medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento.

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

$$TRA = \frac{I_0}{\overline{FC}_{att}}$$

Dove:

- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale;
- $\overline{FC}_{att}$  è il flusso di cassa attualizzato medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento, opportunamente attualizzati tramite il tasso di attualizzazione.

$$FC_{att,n} = FC_n \frac{(1+f)^n (1+f')^n}{(1+R)^n} \approx FC_n \frac{1}{(1+i)^n}$$

Dove:

- $FC_n$  è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- $f$  è il tasso di inflazione;
- $f'$  è la deriva dell'inflazione;
- $R$  è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$  è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$  è il fattore di annualità ( $FA_n$ ).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FC_n}{(1+i)^n} - I_0$$

Dove:

- $n$  sono gli anni di vita utile per le singoli EEM proposte, o, 15 anni per SCN1, o, 25 anni per SCN2;

4) Tasso Interno di Rendimento (TIR), è il valore di  $i$  che rende il VAN = 0.

5) Indice di Profitto (IP):

$$IP = \frac{VAN}{I_0}$$

I tassi di interesse da utilizzare per le operazioni di attualizzazione e analisi economico sono i seguenti:

- Tasso di sconto:  $R = 5\%$
- Tasso di inflazione:  $f = 0\%$
- Deriva dell'inflazione relativa al costo dei vettori energetici e dei servizi di manutenzione:  $f' = 1\%$ .
- Tasso di attualizzazione, o c.d. di interessi reali:  $i = R - f - f' = 4\%$

Inoltre per i soli scenari ottimali, nella formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo (vedi paragrafo 4.3.7 del presente Capitolato) si dovrà assumere che i capitali per la realizzazione degli interventi sono resi disponibili da un privato, con una ripartizione dell'investimento al 20% tramite mezzi propri (equity) ed all'80% tramite finanziamento terzi (debito). Nel calcolo del VAN di Progetto il tasso di attualizzazione  $i$  usato coinciderà con il WACC (costo medio ponderato del capitale) e sarà pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

$$WACC = Kd \times \frac{D}{D + E} \times (1 - \tau) + Ke \times \frac{E}{D + E}$$

Dove:

$Kd$  = costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%

$Ke$  = costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%

$D$  = Debito, pari a 80% di  $I_0$

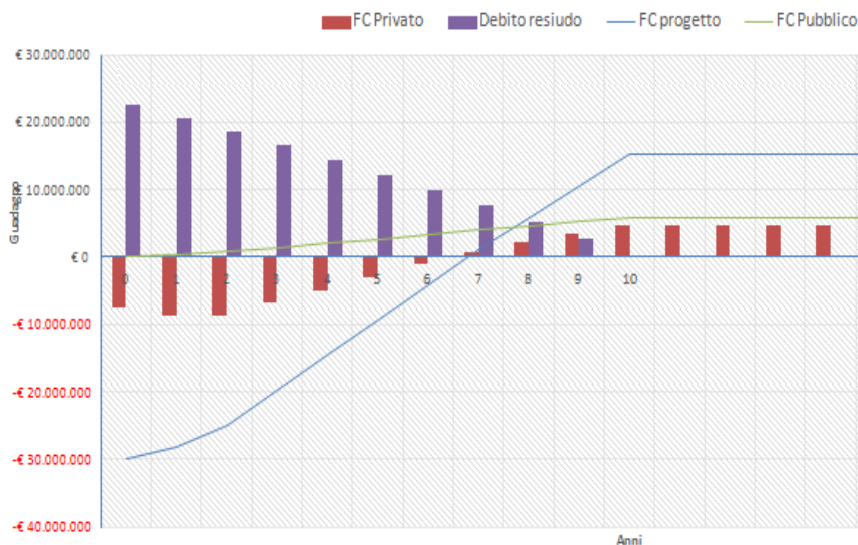
$E$  = Equity, pari a 20% di  $I_0$

$\frac{D}{D+E}$  = leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%

$\tau$  = aliquota fiscale, sarà posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

I risultati dell'analisi economica tramite flussi di cassa dovranno essere rappresentati all'interno del rapporto di DE mediante tipici grafici a farfalla, come quello in Figura 6, dal quale è possibile evincere i flussi di cassa cumulati di progetto, l'investimento capitale iniziale,  $I_0$ , e il TRS. Analogamente la rappresentazione grafica dei flussi di cassa cumulati attualizzati permetterà la visualizzazione del TRA e del VAN.

Figura 6 – Esempio di grafico relativo alla valutazione del VAN e dei flussi di cassa cumulati



### 4.3.5 Procedura per valutazione della sostenibilità finanziaria

L'ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

Per i soli scenari ottimali, si dovrà procedere ad una valutazione della sostenibilità finanziaria. Gli indicatori di bancabilità che dovranno essere utilizzati sono:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo. Esprime la capacità dell'investimento di rimborsare il servizio del debito (capitale e interessi) per tutta la durata del finanziamento; e
- LLCR (*Loan Life Cover Ratio*) medio di periodo. Esprime la capacità del progetto di generare flussi di cassa positivi dopo aver ripagato il servizio del debito;

Essi sono così definiti:

1) *Debt Service Cover Ratio* (DSCR):

$$DSCR = \frac{FCO_n}{K_n + I_t}$$

Dove:

$FCO_n$  = Flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo

$K_n$  = quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo

$I_n$  = quota interessi da ripagare nell'anno tn-esimo

2) *Loan Life Cover Ratio* (LLCR):

$$LLCR = \frac{\sum_{n=s}^{s+m} \frac{FCO_n}{(1+i)^n} + R}{D_n}$$

Dove:

$s$  = periodo di valutazione dell'indicatore

$s+m$  = ultimo periodo di rimborso del debito

$FCO_n$  = flusso di cassa per il servizio del debito

$D$  = debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo

$i$  = tasso di attualizzazione dei flussi di cassa

$R$  = eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*)

Valori positivi (nell'intorno di 1,3) del DSCR indicano convenzionalmente la capacità dell'investimento di generare risorse sufficienti a ripagare il servizio del debito; valori maggiori di 1 del LLCR indicano la liquidità generata dal progetto dopo aver ripagato il debito. Pertanto, per la proposta di scenari ottimali bancabili verranno considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

#### 4.3.6 Procedura per la presentazione dei risultati della valutazione economico-finanziaria

A conclusione della valutazione economico-finanziaria, i risultati delle analisi dovranno essere presentati in forma tabellare all'interno del rapporto di DE, in modo da consentire un rapido confronto tra i risultati ottenuti, distinguendo fra il caso in cui siano considerate forme di finanziamento da incentivi e il caso senza, come indicato nelle seguenti tabelle:

Tabella 3- Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI													
	$\% \Delta_E$	$\% \Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
EEM 1	....	....	....	....	....	....	....	....	.... $\geq 0$	....	....	n/a	n/a
EEM 2	....	....	....	....	....	....	....	....	.... $\geq 0$	....	....	n/a	n/a
EEM 3	....	....	....	....	....	....	....	....	.... $\geq 0$	....	....	n/a	n/a
.....	....	....	....	....	....	....	....	....	.... $\geq 0$	....	....	n/a	n/a
SCN 1	....	....	....	....	....	....	.... $\leq 25$	....	.... $\geq 0$	....	....	.... $\approx 1.3$	.... $\geq 1$
SCN 2	....	....	....	....	....	....	.... $\leq 15$	....	.... $\geq 0$	....	....	.... $\approx 1.3$	.... $\geq 1$

Tabella 4- Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI													
	$\% \Delta_E$	$\% \Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
EEM 1	....	....	....	....	....	....	....	....	.... $\geq 0$	....	....	n/a	n/a
EEM 2	....	....	....	....	....	....	....	....	.... $\geq 0$	....	....	n/a	n/a
EEM 3	....	....	....	....	....	....	....	....	.... $\geq 0$	....	....	n/a	n/a
.....	....	....	....	....	....	....	....	....	.... $\geq 0$	....	....	n/a	n/a
SCN 1	....	....	....	....	....	....	.... $\leq 25$	....	.... $\geq 0$	....	....	.... $\approx 1.3$	.... $\geq 1$
SCN 2	....	....	....	....	....	....	.... $\leq 15$	....	.... $\geq 0$	....	....	.... $\approx 1.3$	.... $\geq 1$

Dove, alcune dei parametri indicati nei campi della tabella hanno il significato degli indicatori economici e di sostenibilità finanziaria descritti nei precedenti paragrafi, mentre per gli altri vale quanto segue:

- $\% \Delta_E$  è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- $\% \Delta_{CO_2}$  è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di  $CO_2$  rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta C_E$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta C_{MO}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta C_{MS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

La scelta degli scenari ottimale dovrà pertanto essere effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella sopra indicata, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

#### 4.3.7 Procedura per la presentazione di un modello semplificato di PEF

Come anticipato al paragrafo 1 del presente Capitolato, nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il Rapporto di DE sarà fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinate all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

Al fine di effettuare concretamente un'analisi finanziaria preliminare e verificare quindi gli aspetti di convenienza economica e sostenibilità finanziari, come specificato rispettivamente ai paragrafi 4.3.4 e 4.3.5 del presente Capitolato, per ciascun scenario ottimale dovrà essere presentato un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo.

Tale modello dovrà essere predisposto secondo le “*Linee Guida per la realizzazione di interventi di efficienza energetica in Partenariato Pubblico-Privato*” e le “*Linee Guida per la costruzione /riqualificazione di edifici scolastici in Partenariato Pubblico-Privato*” pubblicate da Finlombarda e disponibili rispettivamente ai seguenti link:

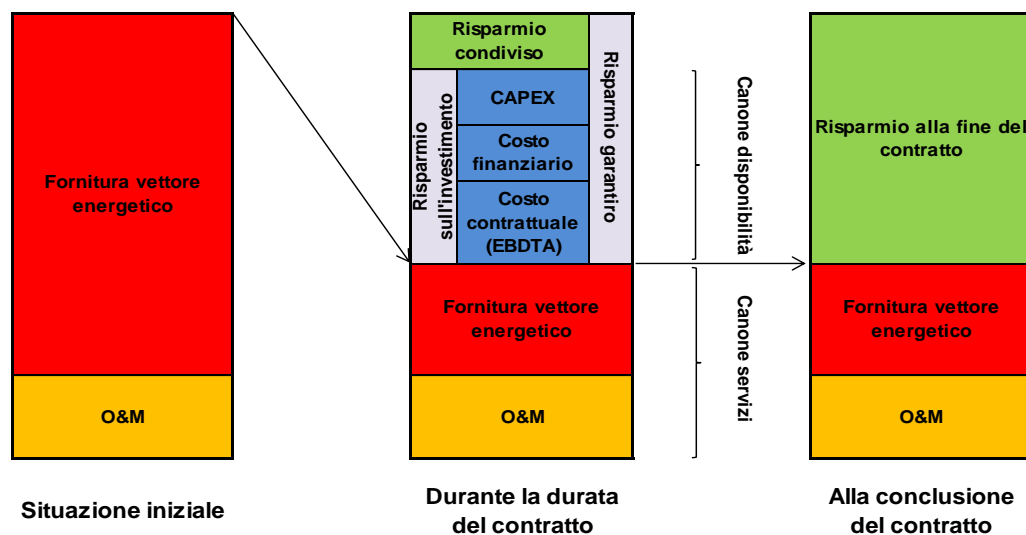
<http://www.ppp-lombardia.it/linee-guida-settoriali-sul-partenariato-pubblico-privato-efficientamento-energetico/>; e <http://www.ppp-lombardia.it/linee-guida-edilizia-scolastica/>.

Per la preparazione del PEF indicativo è possibile utilizzare un file di lavoro in Excel, “Modello-PEF-preliminare6.xls”, allegato alle linee guide sopra citate e scaricabile dagli stessi link sopra riportati insieme ad un manuale d'istruzioni. Per entrambi gli scenari ottimali dovranno essere debitamente compilati i suddetti file di lavoro Excel e gli elaborati finali che ne deriveranno dovranno essere presentati sia in formato cartaceo che XLS editabile e PDF in allegato al Rapporto di DE.

Al fine della standardizzazione del metodo, la PA si riserva di rendere disponibile in fase di esecuzione delle DE uno specifico foglio di calcolo per uso dell'Auditor che aggiorni il file di lavoro in Excel sopracitato, qualora ciò si renda opportuno.

Infine, si dovrà procedere all'identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCo secondo lo schema di *Energy Performance Contract* (EPC), descritto in Figura 7.

Figura 7 - Schema di Energy Performance Contract





## 4.4 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

### 4.4.1 AUDIT - Check-list per le fasi di raccolta dati e attività in campo

La raccolta e il rilievo dei dati dovrà essere effettuato mediante una metodologia basata su liste di controllo, (check-lists). Tale metodo dovrà assicurare una raccolta coordinata e standardizzata per successiva analisi ed individuazione delle opportunità di risparmio energetico dell'edificio.

In tal senso dovranno essere utilizzate i fac-simile di schede previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assital, Assopetroli e Assoenergia - ISBN 978-88-7325-555-0 (con riferimento alla procedura prevista per diagnosi di II° livello), scaricabili al link <http://www.energiaefficiente.org/lineeguida/download>.

Di seguito vengono elencate le sezioni costituenti la specifica check-list che dovrà essere utilizzata per la raccolta dati:

1. DATI GENERALI
  - 1.1 Inquadramento
  - 1.2 Operazioni di manutenzione sull'edificio
  - 1.3 Ambito di intervento, grado di accuratezza e obiettivi
  - 1.4 Vincoli della committenza
  - 1.5 Vincoli energetici ed economici
  
2. DATI STORICI
  - 2.1 Combustibile gas naturale
  - 2.2 Combustibile GPL o gasolio
  - 2.3 Teleriscaldamento
  - 2.4 Elettricità
  - 2.5 Sommario
  
3. GEOMETRIA
  - 3.1 Disegni schematici
  - 3.2 Zone termiche
  
4. INVOLUCRO
  - 4.1 Componenti opachi
  - 4.2 Componenti trasparenti
  - 4.3 Porte
  
5. IMPIANTO TERMICO
  - 5.1 Tipologia
  - 5.2 Informazioni generali
  
6. SISTEMA IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
  - 6.1 Generatori di calore a combustione
  - 6.2 Pompa di calore, teleriscaldamento
  - 6.3 Accumulo
  - 6.4 Distribuzione
  - 6.5 Emissione e controllo
  
7. SISTEMA IMPIANTO PRODUZIONE ACS
  - 7.1 Generazione
  - 7.2 Accumulo

### 7.3 Distribuzione

8. SISTEMA IMPIANTO VENTILAZIONE MECCANICA
9. SISTEMA IMPIANTO SOLARE
10. SISTEMA ILLUMINAZIONE
11. ALTRI SERVIZI
12. PROFILI DI FUNZIONAMENTO
13. BENESSERE TERMOIGROMETRICO NEGLI AMBIENTI
14. VALUTAZIONE PRELIMINARE DEGLI INTERVENTI

Ad ognuno dei 14 punti sopra riportati corrisponderà una scheda di audit preparata dall'Auditor.

L'audit dovrà essere condotto raccogliendo tutti i dati richiesti da ciascuna scheda come disposto all'appendice A delle LGEE. A suo volta le schede dovranno essere raccolte in un unico file del tipo foglio di calcolo elettronico, in formato XLS editabile, associando un foglio separato per ciascuna scheda all'interno del file.

Per quanto riguarda le tavole grafiche sarà necessario inserire dei collegamenti ipertestuali ai files degli elaborati salvati in un'unica cartella di archivio elettronico dove saranno contenuti tutti i file relativi ad ogni singolo edificio, incluso il file del foglio di calcolo.

Ogni edificio dovrà avere un'unica cartella di archivio elettronico; le cartelle dovranno essere nominate con la seguente codifica:

**“DE\_Lotto.n-CodiceEdificio”**

Con *n* da 1 a 9, e *CodiceEdificio* deducibile per ogni edificio dalla tabella degli edifici allegata al presente capitolato, (es. *E1234*, ecc.).

#### **4.4.2 Contenuti minimi del Rapporto di Diagnosi Energetica, (Rapporto DE)**

Per ciascun edificio oggetto di audit dovrà essere presentato al Committente il relativo rapporto di DE, in forma di relazione tecnica con allegati; ogni fascicolo dovrà essere organizzato secondo la seguente struttura e contenuti minimi (con riferimento all'Appendice J della norma UNI CEI EN 16247-2:2014):

##### **EXECUTIVE SUMMARY**

Breve riassunto dei principali risultati ottenuti dall'analisi, con riferimento agli interventi fattibili che verranno successivamente descritti ed all'individuazione dello scenario ottimale, con indicazione degli indicatori finanziari ottenuti. La sintesi della diagnosi dovrà contenere i seguenti contenuti minimi:

- I. Consumi attuali e indicatori di performance
- II. Principali interventi migliorativi individuati
- III. Tabella riassuntiva scenari ottimale per ESCO: baseline, scenari interventi, investimento e indicatori economici e di sostenibilità finanziaria.

##### **1. INTRODUZIONE**

- 1.1 Riferimento e contatti auditor e personale coinvolto
- 1.2 Identificazione del complesso edilizio
- 1.3 Metodologia di lavoro (informazioni su raccolta dati, strumentazione e misure effettuate, metodo di calcolo ecc.)
- 1.4 Struttura del Report

##### **2. DATI DELL'EDIFICIO**

- 2.1 Informazioni sul sito
- 2.2 Inquadramento territoriale, socio-economico e destinazione d'uso
- 2.3 Verifica dei vincoli interferenti sulle parti dell'immobile interessate dall'intervento

- 2.4 Modalità di gestione e manutenzione di edifici ed impianto
- 3. DATI CLIMATICI
  - 3.1 Dati climatici di riferimento
  - 3.2 Dati climatici reali
  - 3.3 Analisi dell'andamento dei dati climatici e profili annuali dei gradi giorno
- 4. AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI
  - 4.1 Descrizione e prestazioni energetiche e prestazioni energetiche dell'involucro edilizio
  - 4.2 Descrizione e prestazioni energetiche e prestazioni impianto di riscaldamento/ climatizzazione invernale
  - 4.3 Descrizione e prestazioni energetiche impianto produzione acqua calda sanitaria
  - 4.4 Descrizione e prestazioni energetiche impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva (se esistente)
  - 4.5 Descrizione e prestazioni energetiche impianto di ventilazione
  - 4.6 Descrizione e prestazioni energetiche impianto elettrico e principali utenze elettriche
  - 4.7 Descrizione e prestazioni energetiche impianto illuminazione
  - 4.8 Descrizione e prestazioni energetiche di impianti di produzione energia elettrica o cogenerazione
- 5. CONSUMI RILEVATI
  - 5.1 Consumi energetici storici per ciascun vettore e connessione alle reti gas naturale ed elettrica
  - 5.2 Indicatori di performance energetici ed ambientali
- 6. MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO
  - 6.1 Metodologia di calcolo adottata e validazione dei modelli di calcolo
  - 6.2 Fabbisogni Energetici e Profili annuali
  - 6.3 Profili mensili di consumo energetico
  - 6.4 Baseline energetico e delle emissioni di CO2
- 7. ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO
  - 7.1 Costi relativi alla fornitura dei vettori energetici
  - 7.2 Costi di gestione e manutenzione di edificio ed impianti
  - 7.3 Tariffe e prezzi vettori energetici utilizzati nell'analisi
  - 7.4 Baseline dei Costi
- 8. IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA
  - 8.1 Descrizione, fattibilità e prestazioni dei singoli interventi migliorativi
    - 8.3.1 Involucro edilizio
    - 8.3.2 Impianto riscaldamento
    - 8.3.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria
    - 8.3.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva
    - 8.3.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico
    - 8.3.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili
- 9. VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA
  - 9.1 Analisi de Costi dei singoli interventi migliorativi considerati fattibili
  - 9.2 Analisi di Convenienza dei singoli interventi migliorativi considerati fattibili
  - 9.3 Identificazione delle soluzioni integrate d'intervento e scenari d'investimento
    - 9.3.1 Scenario 1 - Analisi di Convenienza
    - 9.3.2 Scenario 1 - Analisi di Sostenibilità Finanziaria
    - 9.3.3 Scenario 1 - Modello ESCo e Schema EPC proposto
    - 9.3.4 Scenario 2 - Analisi di Convenienza
    - 9.3.5 Scenario 2 - Analisi di Sostenibilità Finanziaria

### 9.3.6 Scenario 2 - Modello ESCo e Schema EPC proposto

## 10. CONCLUSIONI

- 10.1 Riassunto degli indici di performance energetica
- 10.2 Riassunto degli scenari di investimento e dei principali risultati
- 10.3 Conclusioni e commenti

Nelle conclusioni dovranno essere sinteticamente rappresentati i seguenti elementi:

- lista delle raccomandazioni ed opportunità di risparmio energetico con la stima della loro fattibilità tecnico – economica;
- programma di attuazione delle raccomandazioni proposte;
- potenziali interazioni fra le raccomandazioni proposte;
- proposta di un piano di misure e verifiche per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

Al fine della standardizzazione del metodo, la PA si riserva di rendere disponibile in fase di esecuzione delle DE uno specifico modello Word per uso dell'Auditor come *template* del rapporto DE, comprensivo di una schematizzazione dei grafici richiesti, che aggiorni l'indice soprariportato qualora ciò si renda opportuno.

### 4.4.3 REPORT DI BENCHMARK

Dovrà infine essere elaborato un Report di benchmark riassuntivo che riporta tutti gli indicatori di performance scelti per tutti gli edifici analizzati con confronto tabellare e relazione tecnica di commento. Tale Report verrà allegato al Rapporto DE. Di seguito sono riportate le Specifiche per l'individuazione dei benchmark energetici e ambientali e degli indici di performance:

Gli indici energetico-ambientali da utilizzare nella presentazione dovranno essere almeno i seguenti così come definiti dai DM 26/06/2015:

$$EP_{gl,nren} = EP_H + EP_w + EP_v + EP_c + EP_L + EP_T$$

dove:

- $EP_{gl,nren}$  = indice di prestazione energetica globale non rinnovabile
- $EP_H$  = indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale
- $EP_w$  = indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria
- $EP_v$  = indice di prestazione energetica per la ventilazione
- $EP_c$  = indice di prestazione termica utile per il raffrescamento
- $EP_L$  = indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale
- $EP_T$  = indice di prestazione energetica per il trasporto di persone e cose
- $CO_{2eq}$  = emissioni equivalenti di  $CO_2$ , calcolati secondo la Tabella 2 del presente Capitolato, per ciascun vettore energetico, relativamente alla situazione di consumo reale e agli scenari di miglioramento energetico ipotizzati.

Gli indici dovranno essere calcolati sempre con riferimento all'energia primaria non rinnovabile e all'energia primaria totale così come definita dalla Raccomandazione CTI 14. Gli indicatori di performance individuati dovranno essere espressi in duplice forma:

- Rispetto a condizioni standard di riferimento (calcolo in valutazione standard UNI TS 11300);
- Rispetto ai consumi energetici reali con riferimento ai dati storici come media delle ultime 3 annualità qualora significativo.

Dovranno essere inoltre definiti indicatori di performance normalizzati rispetto alle condizioni climatiche e alla caratteristiche geometriche dell'edificio (es. nel caso delle prestazioni in riscaldamento, gradi giorno e volume riscaldato).

Trattandosi di edifici scolastici, in particolare si dovranno determinare i due seguenti indici, per la cui completa definizione si farà riferimento alle Linee Guida ENEA- FIRE “Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole” (scaricabili al link [http://www.sg64.it/m5s/wp-content/uploads/2012/07/guida\\_scuole.pdf](http://www.sg64.it/m5s/wp-content/uploads/2012/07/guida_scuole.pdf)).

L'indicatore introdotto dalla Guida ENEA-FIRE si basa sui consumi di energia primaria per gas naturale normalizzati in funzione dei seguenti fattori di aggiustamento:

- Fattore di forma dell'edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore  $F_e$ )
- Ore di occupazione dell'edificio scolastico (fattore  $F_h$ )
- Gradi Giorno della Stagione di riscaldamento (ottenuto dai dati climatici, si veda il relativo paragrafo)
- Volume riscaldato

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Energia primaria nonrinnov} \times F_e \times F_h}{GG \times V_{risc}}$$

L'energia primaria non rinnovabile è la somma dell'energia primaria non rinnovabile così come definita dalla raccomandazione CTI 14.

L'indicatore di performance energetico definito dalla Guida ENEA – FIRE per i consumi di energia elettrica è un semplice indicatore normalizzato sui seguenti fattori:

- Superficie lorda ai piani dell'edificio  $A_p$ ;
- Fattore  $F_h$  relativo all'orario di occupazione, così come descritto nel paragrafo su  $IEN_E$ ;

La formula per il calcolo dell'indice è la seguente:

$$IEN_E = \frac{\text{Consumoenergiael} \times F_h}{A_p}$$

Dovranno inoltre essere definiti anche indicatori economici con la determinazione dei prezzi dei vettori energetici e del loro andamento storico.

#### 4.4.4 Allegati al Rapporto di Diagnosi Energetica

Gli allegati rappresentano parte integrante e sostanziale del Report di Diagnosi Energetica e saranno costituiti da:

- A. Elaborati grafici e documentazione fotografica relativi alla contestualizzazione geografica, climatica, urbana e di progetto (a titolo non esaustivo ed esemplificativo: mappe catastali, fotografie, ecc.);
- B. Report di indagine termografica (qualora effettuata), redatto secondo quanto disposto dalla norma UNI 9252;
- C. Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali (termo-flussimetria, endoscopia, ecc.);
- D. Relazione di calcolo rilasciata dal software utilizzato comprensiva di dati di input inseriti nel modello e di output risultati dalla simulazione.
- E. La certificazione di conformità del software rilasciata dal CTI.
- F. Attestato di Prestazione Energetica (APE) relativa allo stato attuale del sistema edificio-impianti, redatto ai sensi della normativa vigente, e valido ai fini di legge;

- G. Due bozze di APE relative ai due scenari ottimali determinati in fase di analisi, attestati un miglioramento della prestazione superiore a due classi energetiche;
- H. Dati climatici reali usati con indicazioni della stazione meteorologica di origine dei dati e calcolo dei gradi giorni reali.
- I. Schede di rilievo ed acquisizione dati, predisposte secondo il formato digitale specificato al paragrafo 4.4.1 del presente Capitolato, restituite compilate in ogni sezione, in formato cartaceo e su supporto di archiviazione digitale; tali schede costituiscono allegato obbligatorio da presentare (debitamente compilato) insieme al Report di Diagnosi Energetica, sia in formato cartaceo sia in formato digitale XLS editabile e PDF.
- J. Schede ORE associate alle sole EEM proposte.
- K. Due modelli semplificati di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo per entrambi gli scenari ottimali determinati e predisposti secondo il formato digitale specificato al paragrafo 4.3.7 del presente Capitolato, e fornito dalla PA all'auditor. Tali elaborati dovranno essere presentati sia in formato cartaceo che XLS editabile e PDF.
- L. Report di Benchmark riassuntivo che riporta tutti gli indicatori di performance scelti per tutti gli edifici analizzati con confronto tabellare e relazione tecnica di commento.
- M. CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.