



REPORT DI DIAGNOSI ENERGETICA

Convento Monte dei Cappuccini

Biblioteca Conventuale

Area Documentazione Museo Nazionale Montagna

Piazzale Monte dei Cappuccini 3 – TORINO



Il Redattore della diagnosi energetica Ing. Anna Benetti	Il Responsabile della diagnosi energetica Ing. Anna Benetti
Timbro e firma	Timbro e firma

Dott. Ing.
ANNA
BENETTI
n° 9390
INGEENERI DELLA PROVINCIA DI TORINO

Dott. Ing.
ANNA
BENETTI
n° 9390
INGEENERI DELLA PROVINCIA DI TORINO



Sommario

1. Executive summary.....	3
2. Introduzione	6
2.1. Introduzione alla diagnosi e scopo dello studio	6
2.2. Norme tecniche e legislazione di riferimento	7
2.2.1. UNI CEI/TR 11428 e verifica di coerenza	11
2.3. Oggetto della diagnosi.....	13
2.4. Riferimento e contatti auditor e personale coinvolto.....	14
2.5. Documentazione acquisita	14
3. Analisi dei consumi	16
3.1. Unità di misura, fattori di conversione.....	16
3.2. Modalità di raccolta dati di consumo	16
3.3. Analisi dei consumi elettrici.....	17
3.4. Analisi dei consumi termici.....	18
3.5. Risultati dell'analisi dei consumi	20
4. Descrizione dell'edificio.....	21
4.1. Informazioni sul sito	21
4.2. Inquadramento territoriale	23
4.3. Foto del sito	24
4.4. Dati geografici e climatici	26
4.5. Caratteristiche tecniche generali e dimensionali	26
4.6. Planimetrie	28
4.1. Considerazioni generali sull'edificio	31
4.1. Considerazioni sull'uso dell'edificio rilevate attraverso interviste.....	31
5. Modello termico	32
5.1. Modellazione involucro edilizio.....	32
5.2. Modellazione impianto termico	37
5.3. Confronto tra Consumo Operativo e Consumo Effettivo	39
5.4. Indici di prestazione energetica.....	41
6. Proposte di intervento.....	42

6.1. Generatore di calore a condensazione e valvole termostatiche.....	42
6.2. Isolamento coperture piane biblioteca e servizi	43
6.3. Sostituzione serramenti.....	43
6.4. Cappotto.....	44
6.5. Conclusioni	44
7. Allegati.....	45

1. Executive summary

Di seguito si riassumono gli elementi principali (dati e risultati) della diagnosi energetica svolta per il complesso che ospita il convento dei Cappuccini, la Biblioteca del convento e la biblioteca del Museo della Montagna, situato in piazza Monte dei Cappuccini 3 a Torino.

Dati geometrici:

Superficie (m ²)			Volumetria complessiva (m ³)	
4.180,00			16.000,0	
Piani riscaldati	Superficie utile riscaldata (m ²)	Superficie disperdente involucro edilizio (m ²)	Volume lordo riscaldato (m ³)	Rapporto S/V (m ⁻¹)
6	2527,88	6.914,75	11.375,34	0,61

Caratteristiche termo-fisiche dei componenti edilizi:

Descrizione elemento opaco	U [W/m ² K]	Sup. [m ²]
Muratura esterna cassa vuota	1,125	296,16
Muratura controterra	0,479	303,44
Muratura esterna cassa vuota	0,878	21,67
Muratura verso intercapedine	1,151	116,99
Muratura piena 80	0,847	60,22
Muratura piena 130	0,543	76,28
Muratura piena 115	0,613	36,87
Muratura piena 90	0,769	121,14
Muratura piena 90 NR	0,719	26,08
Muratura piena 50	1,218	751,7
Muratura piena 50 NR	1,098	117,8
Muratura piena 60	1,063	597,14
Muratura piena 60 NR	0,97	128,71
Muratura piena 70	0,943	305,24
Muratura piena 70 NR	0,869	24,84
muratura vs LNR 20	1,327	79,64

Descrizione elemento trasparente	U [W/m ² K]	Sup. [m ²]
finestra cappuccini	2,916	17,55
porta finestra	2,517	2,21
finestra cappuccini	2,798	25,35
finestra cappuccini	6,097	3,81
finestra biblio cappuccini metallo	4,525	4,64
finestra biblio cappuccini metallo	5,703	1,6
finestra biblio cappuccini metallo	4,889	4,62
finestra biblio cappuccini metallo	4,317	4,94
finestra biblio cappuccini metallo intercapedine	3,7	2,21
finestra biblio cappuccini metallo intercapedine	3,513	3,09
finestra cappuccini	3,068	7,38
finestra cappuccini	3	4,12
finestra cappuccini vetro singolo	4,075	10,05
porta finestra cappuccini vetro singolo	3,842	3,36
finestra cappuccini vetro singolo	4,024	8,76
finestra cappuccini vetro singolo	4,327	0,86
finestra cappuccini vetro singolo	4,024	0,4
finestra cappuccini vetro singolo	3,872	7,74
finestra cappuccini	2,914	4,59
finestra cappuccini vetro singolo	4,153	1,55
finestra cappuccini vetro singolo	3,304	1,98
finestra cappuccini	2,881	5,97
portafinestra cappuccini	2,636	2,07
finestra cappuccini vetro singolo	3,748	7,29
finestra cappuccini portineria	4,459	5,58
finestra cappuccini vetro singolo	3,65	32,67
finestra cappuccini vetro singolo	3,923	14,7
finestra cappuccini	3,009	6,55
finestra cappuccini	3,044	27,54
finestra cappuccini	2,952	7,35
finestra cappuccini	2,933	3,8
finestra cappuccini vetro singolo	3,426	1,24
finestra cappuccini coro	3,13	7,28
finestra cappuccini vetro singolo	4,036	6,52
finestra cappuccini vetro singolo	4,113	2,23
finestra cappuccini vetro singolo	3,836	6,5
C1 - ingresso biblio CAI	4,335	6,86
C2 - finestra biblio CAI	2,703	2,67

C3 - biblio CAI	4,034	11,66
C4 - biblio CAI	4,538	13
C5 - biblio CAI intercapedine	4,617	6,48
C6 - biblio CAI intercapedine	4,464	13,5
C7 - biblio CAI deposito	5,11	6,72
finestra W1 doppia cappuccini	2,311	5,4
W11 bis - finestra vetro singolo	3,894	8,1
W3 bis - finestra cappuccini vetro singolo	4,069	5,07

Consumi termici reali:

	Stagione 2012/'13	Stagione 2013/'14	Stagione 2014/'15
Consumi reali (Smc)	55.835	40.139	52.662
GG	2.502	2.136	2.161
Consumo Specifico (Smc/mc risc.)	4,9	3,5	4,6

I Consumi elettrici non sono disponibili.

Interventi proposti:

Interventi	Investimento	Risparmio			PB
	€	%	Smc	€/anno	anni
Generatore di calore a condensazione + valvole + regolazione climatica	57300	30%	15801	10745	5
Isolamento soletta verso sottotetto non riscaldato	85958	41%	21314	14494	6
Serramenti	185658	7%	3749	2549	73

2. Introduzione

2.1. Introduzione alla diagnosi e scopo dello studio

La diagnosi energetica viene definita, nell'ambito della legislazione che regola l'efficienza energetica negli usi finali dell'energia, come la *“procedura sistemica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di un'attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati”*.

La diagnosi energetica, oltre ad essere un servizio obbligatorio per i soggetti coinvolti, diventa utile al committente nel momento in cui quest'ultimo riesca a trovarvi le informazioni necessarie per decidere se e quali interventi di risparmio energetico mettere in atto. La conoscenza delle opportunità di risparmio energetico e la riduzione dei consumi sono gli elementi fondamentali di una diagnosi.

I vantaggi conseguenti alla Diagnosi Energetica possono quindi essere:

- maggiore efficienza energetica del sistema;
- riduzione dei costi per gli approvvigionamenti di energia elettrica e gas;
- miglioramento della sostenibilità ambientale;
- riqualificazione del sistema energetico;

Tali obiettivi sono raggiungibili attraverso l'utilizzo dei seguenti sistemi:

- razionalizzazione dei flussi energetici;
- recupero delle energie disperse (es. recupero del calore);
- individuazione di tecnologie per il risparmio di energia;
- autoproduzione di parte dell'energia consumata;
- miglioramento delle modalità di conduzione e manutenzione (O&M);
- buone pratiche;
- ottimizzazione dei contratti di fornitura energetica.

2.2. Norme tecniche e legislazione di riferimento

NORME TECNICHE E LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO			
DIRETTIVE EUROPEE			
(1)	<u>Dir. Eu.</u> <u>2003/87/CE</u>	Direttiva Europea Emission Trading	<i>Istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio</i>
(2)	<u>Dir. Eu.</u> <u>2012/27/UE</u>	Direttiva Europea sull'efficienza energetica	<i>Modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE</i>
LEGGI ITALIANE			
(3)	<u>D. Lgs.</u> <u>4 aprile 2006,</u> <u>n° 216</u>	Attuazione delle direttive 2003/87 e 2004/101/CE in materia di scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra	<i>Tra i settori industriali regolati dalla direttiva ET rientrano anche gli Impianti per la fabbricazione di prodotti ceramici mediante cottura con una capacità di produzione di oltre 75 tonnellate al giorno e con una capacità di forno superiore a 4 m³ e con una densità di colata per forno superiore a 300 kg/m³</i>
(4)	<u>D. Lgs 115/08</u>	<i>Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici</i>	<i>Decreto con cui si promuove la diffusione dell'efficienza energetica in tutti i settori. E' introdotta e definita la diagnosi energetica. Decreto abrogato dal D. Lgs 102/14</i>
(5)	<u>D. Lgs.3 marzo</u> <u>2011, n° 28</u>	Attuazione della direttiva 2009/28/CE del 23 aprile 2009 del Parlamento europeo e del Consiglio sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili	<i>Decreto che definisce gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi fino al 2020 in materia di quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e di quota di energia da fonti rinnovabili nei trasporti.</i>
(6)	<u>D. Lgs 102/14</u>	Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica	<i>In aggiunta l'Allegato 2 che riporta i criteri minimi per gli audit energetici, compresi quelli realizzati nel quadro dei sistemi di gestione dell'energia</i>
(7)	<u>D.M. 26 giugno</u> <u>2015</u>	Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici.	<i>Decreto che detta i criteri generali e i requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici. Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti e/o sottoposti a riqualificazione energetica</i>
NORME TECNICHE			
(8)	<u>UNI EN ISO</u> <u>6946 : 2008</u>	Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmissione termica – Metodo di calcolo	<i>Metodologia di calcolo per le resistenze termiche e le trasmittanze termiche dei componenti opachi</i>
(9)	<u>UNI EN ISO</u> <u>10077 – 1 :</u> <u>2007</u>	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti – Calcolo della trasmittanza termica – Parte 1: generalità	<i>La norma fornisce metodi di calcolo semplificati di stima delle prestazioni termiche dei telai e valori tabulati della trasmittanza termica delle principali tipologie di vetrazioni</i>

(10)	<u>UNI EN ISO 10211 : 1998</u>	Ponti termici in edilizia. Flussi termici e temperature superficiali. Calcoli dettagliati	<i>La norma definisce le specifiche dei modelli geometrici 3D e 2D di un ponte termico, ai fini del calcolo numerico. La norma include i limiti del modello geometrico e le sue suddivisioni, le condizioni limite ed i valori termici che sono ad esse collegate</i>
(8)	<u>UNI 10339 : 1995</u>	Indicazioni in merito alla classificazione e la definizione dei requisiti minimi degli impianti e dei valori delle grandezze di riferimento durante il funzionamento degli stessi	<i>Applicata agli impianti aeraulici destinati al benessere delle persone e consentire di raggiungere e mantenere: le condizioni di qualità e movimento dell'aria e le condizioni termiche ed igrometriche dell'aria specifiche delle funzioni assegnate (filtrazione, riscaldamento ...)</i>
(9)	<u>UNI 10349 : 1994</u>	Dati climatici necessari per il riscaldamento ed il raffrescamento	<i>La seguente norma fornisce i dati climatici convenzionali necessari per la progettazione e la verifica sia degli edifici sia degli impianti tecnici per il riscaldamento ed il raffrescamento</i>
(10)	<u>UNI 10351 : 1994</u>	Valori di conduttività termica e permeabilità al vapore dei materiali da costruzione	<i>La presente norma fornisce i valori conduttività termica e di permeabilità al vapore dei materiali da costruzione. Deve essere applicata quando non esistano specifiche norme per il materiale considerato</i>
(11)	<u>UNI 10355 : 1994</u>	Murature e solai: Valori della resistenza termica e metodo di calcolo	<i>La norma fornisce i valori delle resistenze termiche unitarie di tipologie di pareti e solai più diffuse in Italia</i>
(12)	<u>UNI EN ISO 10456 : 2008</u>	Materiali e prodotti per l'edilizia – proprietà igrometriche – Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto	<i>La norma specifica i metodi per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto per materiali e prodotti per l'edilizia tecnicamente omogenei. Fornisce i procedimenti per convertire i valori ottenuti per un insieme di condizioni in quelli validi per un altro insieme di condizioni</i>
(13)	<u>UNI/TS 11300 - 1 : 2014</u>	Prestazione energetica degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale	<i>La norma specifica i procedimenti di calcolo per la determinazione dei fabbisogni di energia termica per la climatizzazione estiva ed invernale dell'edificio</i>
(14)	<u>UNI/TS 11300 - 2 : 2014</u>	Prestazione energetica degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria	<i>La norma fornisce oltre ai metodi di calcolo dei fabbisogni di energia termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria ed il calcolo dei fabbisogni di energia fornita e energia primaria per i servizi di climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria, anche il metodo di calcolo per la determinazione del fabbisogno di energia primaria per il servizio di ventilazione e le indicazioni e i dati nazionali per la determinazione dei fabbisogni di energia primaria per il servizio di illuminazione, per edifici non residenziali, in accordo con la UNI EN 15193</i>
(15)	<u>UNI/TS 11300 - 3 : 2014</u>	Prestazione energetica degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva	<i>La prestazione energetica di un edificio esprime la quantità di energia primaria richiesta per la climatizzazione degli ambienti e per la produzione di acqua calda sanitaria in condizioni di riferimento per</i>

			<i>quanto riguarda i dati climatici, le temperature interne ed il consumo di acqua calda sanitaria</i>
(16)	<u>UNI/TS 11300</u> <u>- 4 : 2016</u>	Prestazione energetica degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione di acqua calda sanitaria	<i>La specifica calcola il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso vi siano sottosistemi di generazione che forniscono energia termica utile da energie rinnovabili o con metodi di generazione diversi dalla combustione a fiamma di combustibili fossili trattata nella UNI/TS 11300-2</i>
(17)	<u>UNI CEI</u> <u>11339</u>	Gestione dell'energia. Esperti in gestione dell'energia. Requisiti generali per la qualificazione	<i>E' la norma che stabilisce i requisiti perché una persona possa diventare Esperto in Gestione dell'Energia (EGE): compiti, competenze e modalità di valutazione</i>
(18)	<u>UNI CEI TR</u> <u>11428:2011</u>	Gestione dell'energia. Diagnosi energetiche: Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica	<i>È la norma che regola i requisiti e la metodologia comune per le diagnosi energetiche nonché la documentazione da produrre</i>
(19)	<u>UNI EN 12831</u> <u>: 2006</u>	Impianti di riscaldamento negli edifici – Metodo di calcolo del carico termico di progetto	<i>La norma fornisce metodi di calcolo delle dispersioni termiche di progetto e del carico termico in condizioni di progetto. Essa può essere utilizzata per tutti gli edifici con altezza interna non maggiore di 5 m, ipotizzati in regime termico stazionario alle condizioni di progetto</i>
(20)	<u>UNI EN ISO</u> <u>13370 : 2001</u>	Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo	<i>La norma descrive i metodi di calcolo dei coefficienti del trasferimento del calore e dei flussi termici degli elementi di edifici in contatto con il terreno, compresi le solette appoggiate al terreno, le solette su intercapedine e soprasuoli. Essa si applica agli elementi di edifici o loro parti, che si trovano al di sotto del piano orizzontale delimitato dal perimetro esterno dell'edificio</i>
(21)	<u>UNI EN ISO</u> <u>13786 : 2001</u>	Prestazione termica dei componenti per edilizia – caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo	<i>La norma definisce metodi per il calcolo del comportamento termico in regime dinamico di componenti edilizi completi. Inoltre essa specifica quali siano le informazioni sul componente edilizio necessarie per il calcolo. Nelle appendici sono forniti metodi semplificati per la stima delle capacità termiche, informazioni per informatizzare il metodo di calcolo, un esempio di calcolo per un componente edilizio</i>
(22)	<u>UNI EN ISO</u> <u>13789 : 2001</u>	Prestazione termica degli edifici – Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione – Metodo di calcolo	<i>La norma specifica un metodo e fornisce le convenzioni per il calcolo del coefficiente di perdita di calore per trasmissione di un intero edificio e di parti di edificio</i>
(23)	<u>UNI EN ISO</u> <u>13790 : 2005</u>	Prestazione energetica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento	<i>La norma fornisce un metodo di calcolo semplificato per la determinazione del fabbisogno energetico annuo per il riscaldamento di edifici residenziali e non residenziali, o di loro parti</i>
(24)	<u>UNI EN ISO</u>	Sistemi di gestione ambientale –	<i>La ISO 14001 è una norma internazionale di carattere volontario, applicabile a tutte le tipologie di imprese,</i>

	<u>14001 : 2004</u>	Requisiti e guida per l'uso	<i>che definisce come deve essere sviluppato un efficace Sistema di Gestione Ambientale. La Certificazione ISO 14001 dimostra l'impegno concreto nel minimizzare l'impatto ambientale dei processi, prodotti e servizi e attesta l'affidabilità del Sistema di Gestione Ambientale applicato. La norma richiede che l'Azienda definisca i propri obiettivi e target ambientali e implementi un Sistema di Gestione Ambientale che permetta di raggiungerli.</i>
(25)	<u>UNI EN ISO 14683 : 2001</u>	Ponti termici in edilizia – Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento	<i>La norma specifica dei metodi semplificati per la determinazione del flusso di calore attraverso i ponti termici lineari che si manifestano alla giunzioni degli elementi dell'edificio. Essa non tratta i ponti termici associati agli infissi e alle facciate</i>
(26)	<u>UNI EN ISO 15316 – 4 – 8 : 2011</u>	Impianti di riscaldamento degli edifici – Metodo di calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto	<i>Parte 4-8: Sistemi di generazione per il riscaldamento degli ambienti, riscaldamento ad aria e sistemi di riscaldamento radianti</i>
(27)	<u>UNI CEI EN 16212 : 2012</u>	Calcoli dei risparmi e dell'efficienza energetica - Metodi top-down (discendente) e bottom-up (ascendente)	<i>La norma ha lo scopo di fornire un approccio generale per i calcoli dei risparmi e dell'efficienza energetica utilizzando metodologie standard. L'impostazione della norma permette l'applicazione ai risparmi energetici negli edifici, nelle automobili, nei processi industriali, ecc. Il suo campo d'applicazione è il consumo energetico in tutti gli usi finali</i>
(28)	<u>UNI CEI EN 16231 : 2012</u>	Metodologia di benchmarking dell'efficienza energetica	<i>La norma definisce i requisiti e fornisce raccomandazioni sulla metodologia di benchmarking dell'efficienza energetica. Lo scopo del benchmarking è l'individuazione di dati chiave e indicatori del consumo energetici. Gli indicatori possono essere sia tecnici che comportamentali, qualitativi e quantitativi, e devono essere mirati alla comparazione delle prestazioni</i>
(29)	<u>UNI CEI EN 16247 : 2012</u>	Requisiti e la metodologia comune per le diagnosi energetiche	<i>È la norma europea che regola i requisiti e la metodologia comune per le diagnosi energetiche nonché la documentazione da produrre: Parte 1 - Requisiti generali Parte 2 - Edifici Parte 3 - Processi Parte 4 - Trasporti Parte 5 – Auditor energetici (in fase di elaborazione)</i>
(30)	<u>UNI CEI EN ISO 50001 : 2011</u>	Sistemi di gestione dell'energia - Requisiti e linee guida per l'uso	<i>E' la versione ufficiale italiana della norma internazionale ISO 50001. La norma specifica i requisiti per creare, avviare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia. L'obiettivo di tale sistema è di consentire che un'organizzazione persegua, con un approccio sistematico, il miglioramento continuo della propria prestazione energetica comprendendo in</i>

			questa l'efficienza energetica nonché il consumo e l'uso dell'energia. La norma ha sostituito la UNI CEI EN 16001, di derivazione europea
--	--	--	---

2.2.1. UNI CEI/TR 11428 e verifica di coerenza

Al fine di sintetizzare schematicamente la metodologia di lavoro adottata, si riporta di seguito un algoritmo riassuntivo delle fasi di lavoro di audit eseguito come previsto dalla "Procedura di dettaglio della diagnosi energetica" riportata nella UNI CEI TR 11428 par. 4.7.

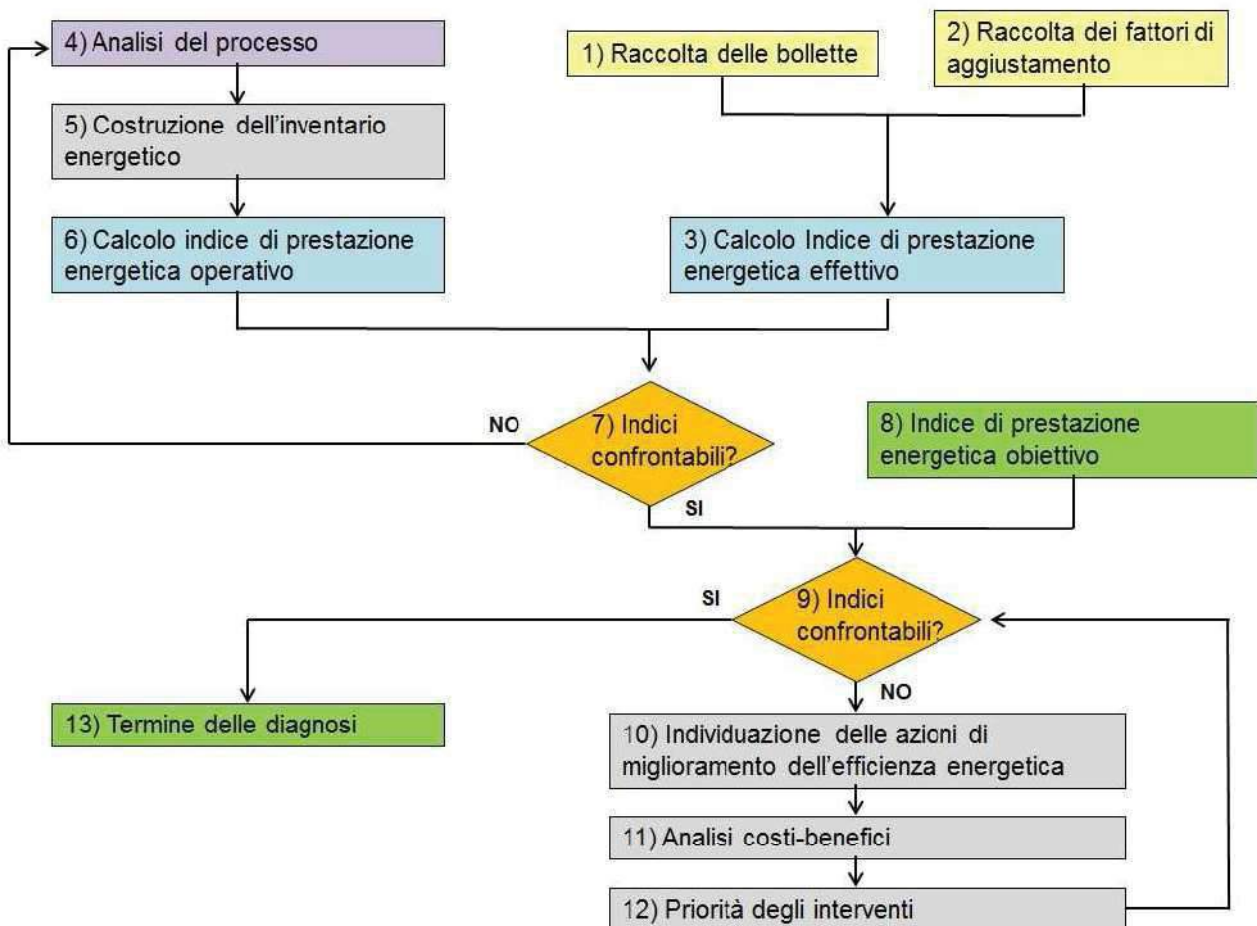


Figura 1 - Azioni previste per la Diagnosi Energetica secondo la norma UNI CEI TR 11428

In base alla norma UNI CEI TR 11428, la Diagnosi Energetica (DE) deve prevedere almeno le seguenti azioni:

1) raccolta dei dati relativi alle bollette di fornitura energetica e ricostruzione dei consumi effettivi di elettricità e combustibili, per uno o più anni considerati significativi ai fini della DE;	CAP.3
2) identificazione e raccolta dei fattori di aggiustamento cui riferire i consumi energetici (es.: orari di utilizzo; superfici, volumetrie, gradi giorno...)	CAP.3
3) identificazione e calcolo di un indice di prestazione energetica effettivo espresso in energia/fattore di riferimento (es.: Tep/unità di prodotto anno, GJ/posto letto anno; kWh/m ² anno);	CAP.5
4) raccolta delle informazioni necessarie alla creazione dell'inventario energetico e allo svolgimento della diagnosi (es.: Processo produttivo, censimento dei macchinari, layout e planimetrie, contratti di fornitura energetica, dati dell'edificio e degli impianti di produzione e trasformazione dell'energia);	CAP.4 e 5
5) costruzione degli inventari energetici (elettrico e termico) relativi all'oggetto della diagnosi;	CAP.5
6) calcolo dell'indice di prestazione energetica operativo;	PAR. 5.4
7) confronto tra l'indice di prestazione energetica operativo e quello effettivo. Se gli indici tendono a convergere, si prosegue l'analisi col passo successivo; altrimenti si ritorna al passo 4) e si affinerà l'analisi del processo produttivo e degli inventari energetici individuando le cause della mancata convergenza. La convergenza tra gli indici può considerarsi raggiunta per scostamenti percentuali tra gli indici ritenuti accettabili in funzione del settore d'intervento e dello stato del sistema energetico;	PAR.5.3
8) individuazione dell'indice di prestazione energetica obiettivo (Nota. Il valore di riferimento serve per il confronto con l'indice di prestazione energetica che, in funzione del mandato impartito al REDE, può essere la media di settore o il benchmark o un riferimento di legge o il consumo precedente ridotto di una certa percentuale per lo stesso settore di intervento. Il dato può essere reperito dalla letteratura, da studi di mercato, presso gli uffici studi delle associazioni di categoria, da istituti di ricerca, dalle stazioni sperimentali, da atti di congressi, oppure può anche essere un riferimento normativo).	
9) se i valori espressi dagli indicatori sono tra loro comparabili, la diagnosi può considerarsi conclusa in quanto l'obiettivo definito dall'indice di riferimento è stato raggiunto;	
10) se esiste uno scarto significativo tra l'indice di prestazione operativo ottenuto nel punto 6 e l'indice di prestazione obiettivo di cui al punto 8, si individuano le misure di miglioramento dell'efficienza che consentano il loro riallineamento;	
11) per tali misure devono essere condotte le rispettive analisi di fattibilità tecnico-economiche;	CAP. 6
12) le misure individuate, singole e/o integrate, sono ordinate in funzione degli indici concordati tra il REDE e il committente. Al termine di tale operazione, eseguire nuovamente il punto 9);	CAP. 6
13) una volta attuati i passi di cui sopra, la diagnosi si considera conclusa.	

2.3. Oggetto della diagnosi

L'obiettivo di questo documento è quello di riportare gli esiti della diagnosi energetica effettuata dalla Fondazione Torino Smart City per conto di IREN Servizi e Innovazione sul complesso che ospita il convento dei Cappuccini, la Biblioteca del convento e la biblioteca del Museo della Montagna, situato in piazza Monte dei Cappuccini 3 a Torino.

Dati geometrici:

Superficie (m2)			Volumetria complessiva (m3)	
Piani riscaldati	Superficie utile riscaldata (m2)	Superficie disperdente involucro edilizio (m2)	Volume lordo riscaldato (m3)	Rapporto S/V (m-1)
6	2527,88	6.914,75	11.375,34	0,61

L'analisi dei consumi si basa sui consumi termici riferiti alle stagioni termiche 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, mentre non sono disponibili i consumi elettrici.

Consumi termici:

	Stagione 2012/'13	Stagione 2013/'14	Stagione 2014/'15
Consumi reali (Smc)	55.835	40.139	52.662
GG	2.502	2.136	2.161
Consumo Specifico (Smc/mc risc.)	4,9	3,5	4,6

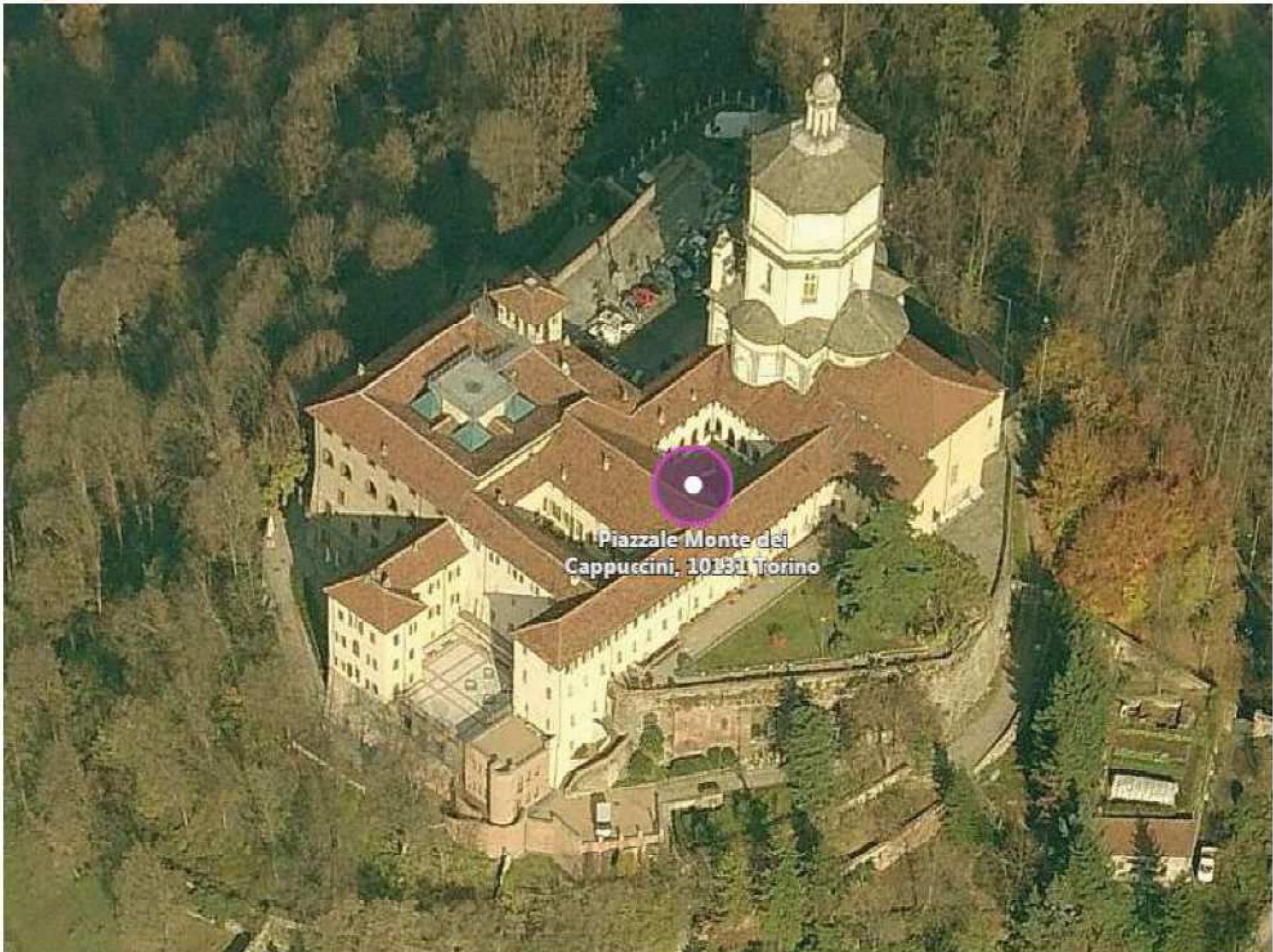


Figura 2 - Vista aerea dell'edificio oggetto di analisi

2.4. Riferimento e contatti auditor e personale coinvolto

NOME	FUNZIONE
Ing. Anna Benetti	Fondazione Torino Smart City
Arch. Gianluca Cesario	Fondazione Torino Smart City

2.5. Documentazione acquisita

I documenti acquisiti sono:

- elaborati grafici in formato digitale (planimetrie, sezioni e prospetti);
- consumi termici rilevati attraverso letture periodiche per le stagioni termiche 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015;
- documentazione fotografica prodotta durante i sopralluoghi.
- documentazione fotografica della centrale termica;
- rilievo con strumentazione non invasiva.

Strumentazione non invasiva utilizzata nei sopralluoghi:



Bindella metrica e distanziometro laser:

strumenti utilizzati al fine di definire i volumi riscaldati e le superfici disperdenti; misurazione dei locali e dei serramenti con l'utilizzo di bindella metrica e distanziometro laser.



Macchina fotografica digitale:

strumento utilizzato per registrare informazioni di interesse quali le tipologie dei componenti opachi e trasparenti, i terminali di emissione, i corpi illuminanti ed i componenti della centrale termica, con il rilievo di tutti i dati necessari di targa.



Rilevatore trattamento bassoemissivo:

Lo strumento Low-E identifica i vetri con trattamenti di basso emissivo semplicemente premendo un pulsante.

I vetri di tipo basso emissivo, sono componenti vitali nell'efficienza delle finestre e/o porte finestrate.

Lo strumento permette oltre alla rilevazione dei trattamenti anche la possibilità di identificare qual è la faccia del vetro trattata.



Spessivetro:

Lo strumento, particolarmente semplice e preciso, permette misure accurate sul vetro e sulle vetrocamera fino a 3 camere.

Lo strumento può misurare le seguenti tipologie di vetro: vetro semplice piano; vetro a 1, 2, 3 camere d'aria; vetro camera con pellicola PVB; vetro stratificato.

3. Analisi dei consumi

3.1. Unità di misura, fattori di conversione

Nel presente documento, i vettori energetici sono espressi con le seguenti unità di misura:

- Energia elettrica [kWh_e]
- Metano [Smc]

Ogni vettore è inoltre correlato con il fattore di conversione in tonnellate di petrolio equivalente (circolare Mise del 18 dicembre 2014 e indicazioni ENEA).

Unità di misura e fattori di conversione dei vettori energetici

VETTORE	FATTORE DI CONVERSIONE IN TEP	UNITÀ DI MISURA	FONTE
Energia Elettrica	0,000187	tep/kWh _e	ENEA
Metano	0,000777	tep/Smc	ENEA
Densità	0,678	Kg/Smc	

3.2. Modalità di raccolta dati di consumo

Tutti i dati energetici sono costituiti da:

- Lettura diretta in campo;
- Analisi dei dati relativi alle bollette;
- Stima dei consumi delle utenze non monitorate.

3.3. Analisi dei consumi elettrici

Non è stato possibile reperire i dati relativi ai consumi elettrici.

In sede di sopralluogo sono state comunque rilevate le apparecchiature elettriche presenti, ovvero:

- Materiale per ufficio: pc, stampante e fotocopiatrice.
- Le pompe di circolazione dei circuiti di riscaldamento
- Gli apparecchi di illuminazione
- Apparecchiature da cucina (convento)
- Lavatrici (convento)
- Boiler elettrici per la produzione di acs (convento)

Le apparecchiature di illuminazione interna sono costituite essenzialmente da plafoniere e/o apparecchiature ad incasso dotate di sorgenti luminose a tubi fluorescenti con alimentatori elettromagnetici e/o elettronici.

3.4. Analisi dei consumi termici

L'edificio possiede un PDR unico:

PDR	09951207788942
-----	----------------

I consumi analizzati derivano da lettura stagionale del contatore:

Consumo metano gest. 2012/2013 [Smc]	Consumo metano gest. 2013/2014 [Smc]	Consumo metano gest. 2014/2015 [Smc]
55.835	40.139	52.662

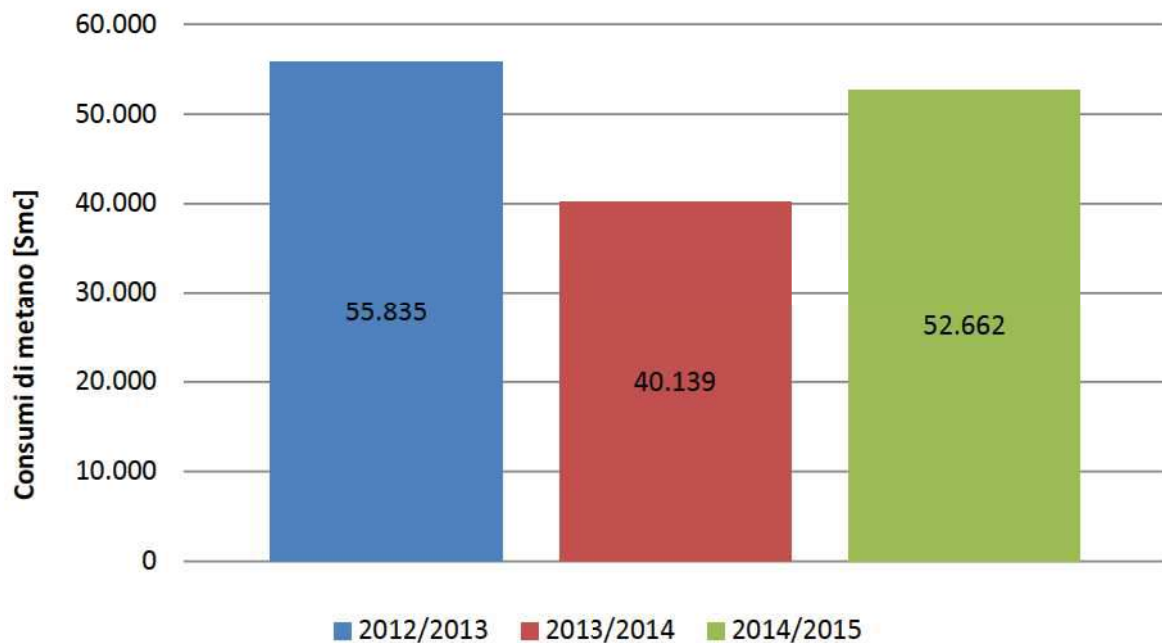


Figura 3 - Consumi di metano ultime tre stagioni di riscaldamento

I Gradi Giorno reali (fonte ARPA) delle 3 stagioni termiche sono:

GG 2012/2013	GG 2013/2014	GG 2014/2015	GG Torino MEDI rilevati
2.502	2.136	2.161	2.266

I consumi normalizzati risultano essere:

	Stagione termica 2012/'13	Stagione termica 2013/'14	Stagione termica 2014/'15
Consumi normalizzati (Smc)	50.579	42.591	55.233
Consumo Specifico (Smc/mc risc.)	4,45	3,74	4,86

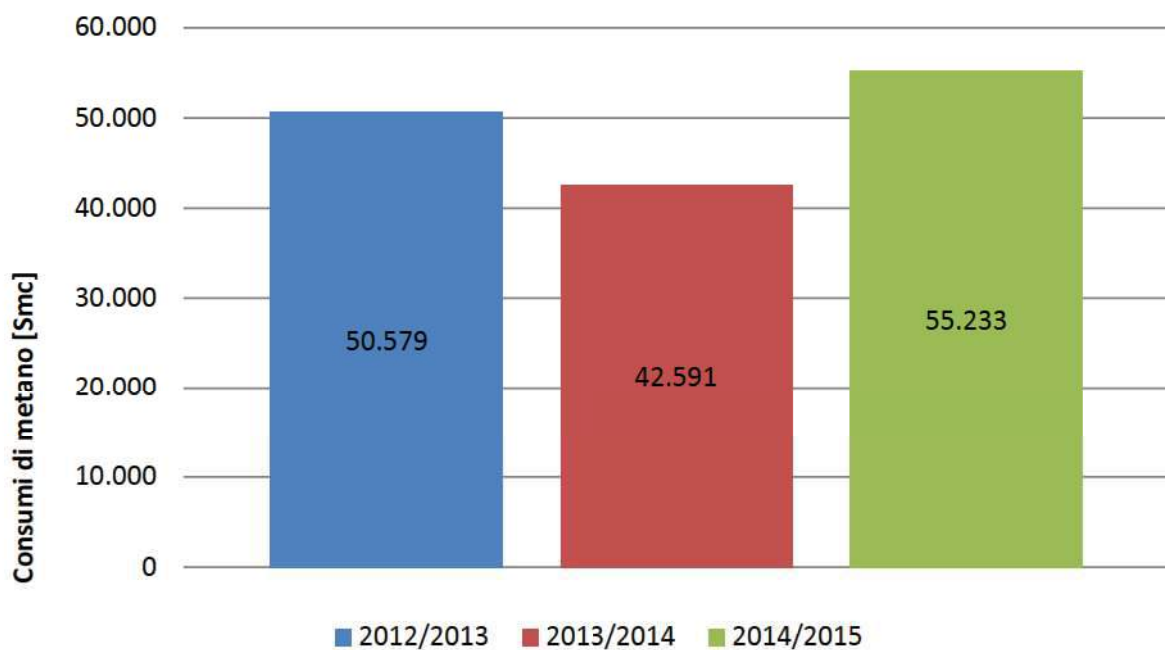


Figura 4 - Consumi di metano normalizzati ultime tre stagioni di riscaldamento

Il grafico ci restituisce un andamento dei consumi di gas all'incirca simile per ogni periodo. Le differenze che intercorrono tra i periodi analizzati, sono dovute al diverso andamento della temperatura esterna e al diverso uso dell'impianto di riscaldamento. Il consumo medio riferito al periodo in analisi è di **49.545 Smc**.

Il costo complessivo di approvvigionamento del combustibile, utilizzato per le simulazioni, è pari a:

0,68	€/Smc IVA ESCLUSA
-------------	--------------------------

3.5. Risultati dell'analisi dei consumi

In questo paragrafo sono presentati i risultati principali dell'analisi dei consumi, mentre si rimanda al capitolo 4 per il dettaglio dell'analisi.

	Smc	TEP
Consumo medio metano	49.545	38,5

Di seguito è riportata la spesa media sostenuta per il consumo di gas metano:

Servizio	€/anno
Spesa media per usi termici	33.998,01

4. Descrizione dell'edificio

4.1. Informazioni sul sito

Comune	Torino
Nome edificio	<i>Complesso Monte dei Cappuccini</i>
Indirizzo	Piazzale Monte dei Cappuccini 3
Destinazione d'uso	E.1(1) Abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme E.4 (2) Edifici adibiti ad attività ricreative: quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto.
Contesto urbano	Il Monte dei Cappuccini è una collina di 283 m s.l.m. che sorge nella città di Torino, a circa 200 metri dalla riva destra del Po, in quartiere Borgo Po. È molto vicino al centro storico, in prossimità del ponte Vittorio Emanuele I, che dà accesso a piazza Vittorio Veneto.
Anno di costruzione	Dal 1583
Descrizione generale	<p>Sul Monte dei Cappuccini, si erge il convento e la chiesa barocca di Santa Maria al Monte, affidato ai frati Cappuccini, da cui il nome.</p> <p>La collina ospita inoltre, nell'ala sud del convento, il Museo nazionale della montagna, accessibile dal piazzale panoramico in cima, quindi un ristorante a mezza collina, un laboratorio sotterraneo di fisica nucleare, una villa liberty in via Gaetano Giardino 9, che ospita alcuni uffici e una parte dell'archivio storico provinciale dei frati Cappuccini.</p> <p>Complesso di valore storico artistico ed ambientale, raro e significativo esempio di edilizia religiosa tardo-manierista. I lavori dell'impianto iniziarono nel 1583, sulle basi di un primo progetto manierista dell'ingegner Giacomo Soldati, proseguiti successivamente da Ludovico Vanello. Già nel 1590, a cantieri aperti, i frati Cappuccini poterono insediarsi nel convento, autorizzati anche officiare messa nel 1596, tuttavia con la chiesa ancora in costruzione. Due anni dopo i lavori si arrestarono, sia per mancanza di fondi che per l'arrivo della peste a Torino. Il cantiere fu ripreso nel 1611 da Ascanio Vitozzi, che completò il progetto della chiesa con una pianta a croce greca, recuperando un piccolo spazio per l'attuale vestibolo d'ingresso, più la retrostante sala del coro, posta dietro l'altare maggiore. A tutto ciò, aggiunse il progetto dell'imponente tamburo ottagonale in muratura, terminante con un'alta cupola in piombo. Tuttavia, Vitozzi morì nel 1615, e i lavori dovettero proseguire con l'architetto Carlo di Castellamonte, che modificò solo alcune parti in classico stile barocco. Nel 1630 giunse una nuova epidemia di peste, che rallentò la fine dei lavori. Questi vennero riaperti e conclusi dal</p>

	<p>figlio di Carlo, Amedeo di Castellamonte ma, ancora, la guerra civile di Torino 1637-1640 ne impedì la consacrazione e l'inaugurazione.</p> <p>Nel 1963 la Biblioteca conventuale del Monte dei Cappuccini diventa Biblioteca Provinciale dei Cappuccini del Piemonte, cioè centro di riferimento culturale per l'intera Provincia dei Cappuccini del Piemonte. Essa vuole anche essere centro di raccolta e tutela per i volumi più preziosi ed antichi prima presenti nelle biblioteche conventuali di Pinerolo, Racconigi, Bra, Villafranca Piemonte, Fossano, Revello e Ceva.</p> <p>Annesso alla Biblioteca c'è l'Archivio Storico della Provincia dei Cappuccini, per la conservazione dei documenti storici.</p>
<p>Dati di occupazione</p>	<p>Il convento è attualmente abitato da 9 frati dell'ordine dei Cappuccini.</p> <p>La biblioteca conventuale è aperta ad un pubblico sia laico che religioso, ed in particolare agli studiosi e ricercatori. Gli orari di apertura sono i seguenti:</p> <p>Lunedì dalle 15 alle 18 Martedì dalle 9 alle 12 e dalle 15 alle 17 Mercoledì dalle 9 alle 12 e dalle 15 alle 17 Giovedì dalle 9 alle 12 Venerdì dalle 9 alle 12</p> <p>La biblioteca del CAI, denominata "Area documentazione museo della montagna" è aperta al pubblico con i seguenti orari:</p> <p>il martedì ed il giovedì dalle 12 alle 18 il mercoledì e il venerdì dalle 10 alle 16.</p>

4.2. Inquadramento territoriale

Il Monte dei Cappuccini è una collina di 283 m s.l.m. che sorge nella città di Torino, a circa 200 metri dalla riva destra del Po, in quartiere Borgo Po. È molto vicino al centro storico, in prossimità del ponte Vittorio Emanuele I, che dà accesso a piazza Vittorio Veneto.

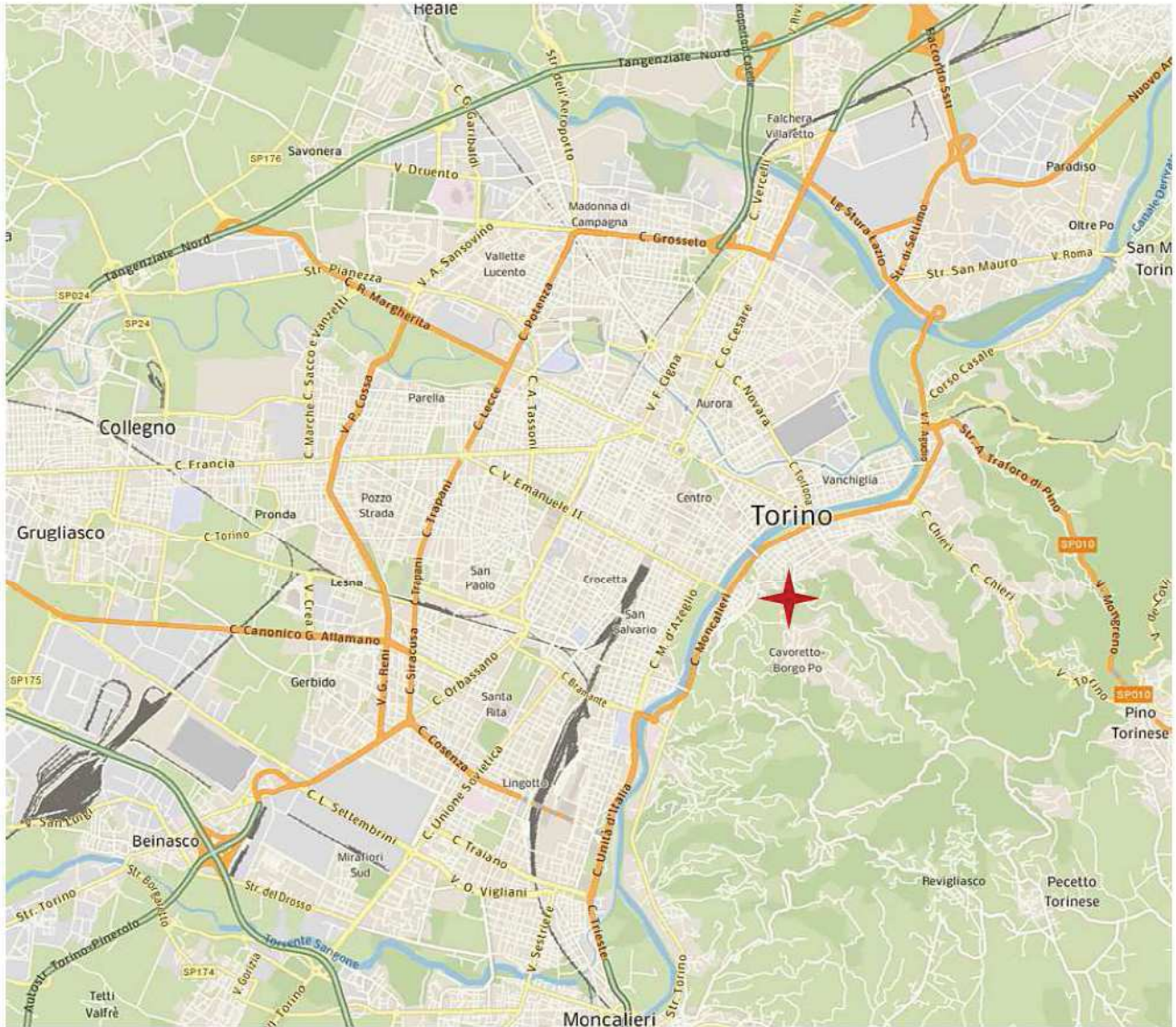


Figura 5 – Localizzazione dell'edificio nel territorio comunale

4.3.Foto del sito

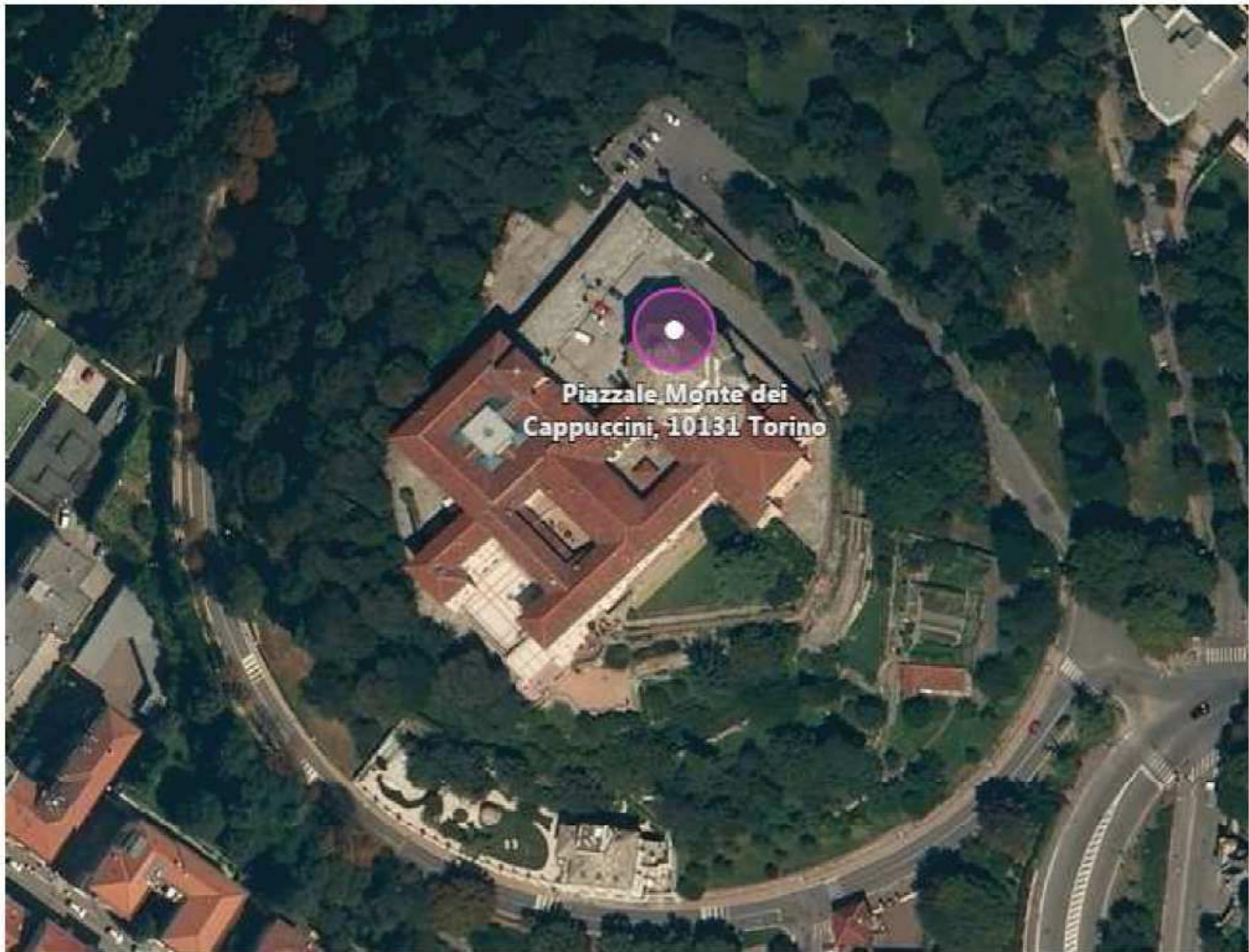


Figura 6 – inquadramento aerofotogrammetrico dell'edificio





Chiostro



Cortile interno del convento



Refettorio convento



Sacrestia



Copertura biblioteca CAI



Biblioteca CAI

4.4. Dati geografici e climatici

Zona climatica e GG	Zona climatica E Gradi Giorno 2617 ai sensi della UNI 10349
Durata convenzionale del periodo di riscaldamento	15 aprile – 15 ottobre
Temperatura esterna di progetto	-8 °C
Temperatura interna di progetto	20°C
Altitudine s.l.m.	239 m
Latitudine	45° 3' 34.92" N
Longitudine	7° 41' 49.99" E

Il parametro più interessante ai fini dell'analisi sono i Gradi Giorno (GG), ovvero un parametro che definisce l'andamento delle temperature in una stagione termica. I GG indicano la somma annuale delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura convenzionale fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera per la stagione del riscaldamento. I GG definiti dalla norma UNI 10349 vengono convenzionalmente utilizzati per il calcolo del fabbisogno termico di un edificio e rappresentano il dato medio su 40 anni.

I valori di irradianza sono desunti dalla norma UNI 10349/1994

L'analisi della variabilità delle condizioni climatiche è il presupposto di qualsiasi valutazione del comportamento energetico di un edificio. In primo luogo, infatti, i consumi termici di un edificio variano al variare delle condizioni climatiche, pertanto ogni variazione non riconducibile all'aumento o alla diminuzione della temperatura esterna dipende da fattori legati all'uso ed alla manutenzione dell'edificio.

Per questo motivo i consumi forniti per gli ultimi 3 anni sono stati analizzati confrontandoli con i gradi giorno dell'anno relativo e successivamente normalizzati secondo i gradi giorno medi reali del sito.

4.5. Caratteristiche tecniche generali e dimensionali

Piani riscaldati	Superficie utile riscaldata (m ²)	Superficie disperdente involucro edilizio (m ²)	Volume lordo riscaldato (m ³)	Rapporto S/V (m ⁻¹)
6	2527,88	3.255,70	11.375,34	0,61

Si riporta di seguito una descrizione del complesso in oggetto:

Involucro

L'involucro dell'edificio originario è costituito da muratura portante di dimensioni variabili (da 50 cm a 130 cm). La porzione che ospita la biblioteca del CAI e parte della biblioteca conventuale è di più recente costruzione ed è costituita da muratura a cassa vuota presumibilmente senza isolante.

I solai interpiano dell'edificio originario sono a volta, mentre il solaio dell'ultimo piano è piano e confinante con un sottotetto non abitabile e non riscaldato, fortemente permeabile (solo assito e tegole in copertura). Essendo realizzato su una collina, gran parte dell'edificio si presenta con un lato controterra.

I serramenti del convento sono originari, in legno perlopiù con vetro singolo, salvo qualche eccezione, in cui ai serramenti originari è stato aggiunto un vetrocamera.

I serramenti della porzione più recente che ospita le biblioteche, sono invece in alluminio con vetrocamera.

Impianto di riscaldamento

Il complesso è servito da un impianto di riscaldamento così composto:

- 2 caldaie a basamento a gas (con recupero del calore di condensazione) RENDAMAX 2905, di potenza utile pari a 333 kW ciascuna.
- La distribuzione primaria del fluido termovettore per ogni circuito è garantita da una coppia di pompe di circolazione, di cui una equivalente utilizzata come backup;
La distribuzione ai terminali avviene per mezzo di una rete di trasporto del fluido vettore posta in orizzontale nel terreno. Le pompe di circolazione sono a giri fissi per tutti i circuiti;
- Terminali di emissione: radiatori in ghisa senza valvole termostatiche in tutto il complesso, eccetto nella Biblioteca CAI dove sono presenti Fancoil;
- Regolazione con compensazione climatica in centrale termica per ogni circuito di mandata;
- 2 circuiti di distribuzione per il riscaldamento: uno per i radiatori, uno per i fancoil;
- Accensione impianto (dato fornitoci dal responsabile IREN per gli impianti termici): tutti i giorni dalle 7 alle 21.

Impianto di produzione acqua calda sanitaria

- La produzione dell'acs avviene con boiler elettrici da 1500W posti nei servizi igienici, tranne per l'acs della cucina che viene prodotta con una caldaietta a gas da 32 kW.

Impianto di ventilazione meccanica controllata

- Gli archivi delle due biblioteche sono dotati di un sistema VAV al fine di controllare la temperatura e l'umidità dei locali.

4.6. Planimetrie



Figura 7 – Pianta piano seminterrato: in giallo la biblioteca CAI, in rosso la biblioteca conventuale

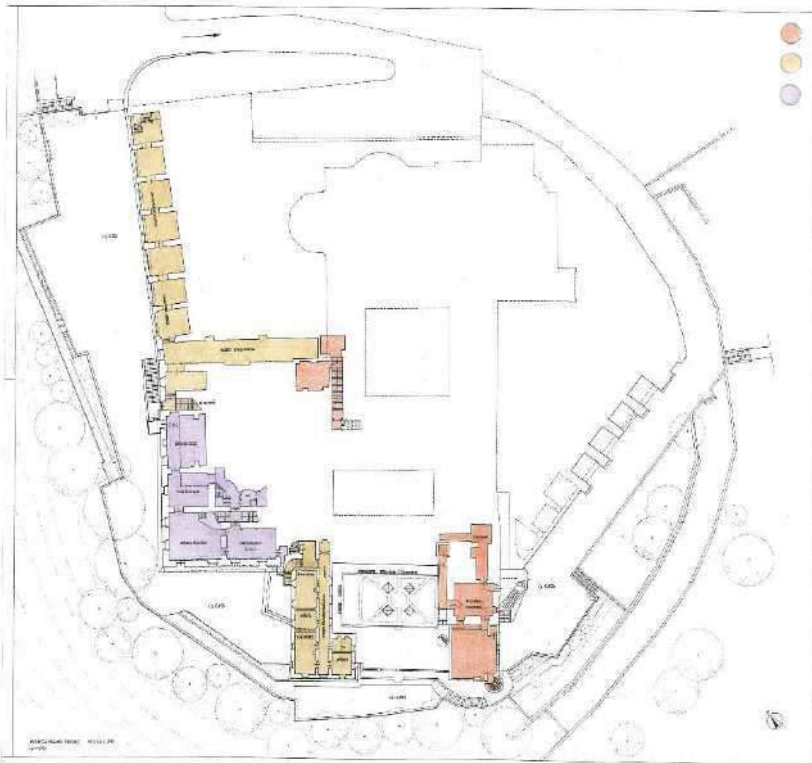


Figura 8 - Pianta piano seminterrato; in giallo, nella zona sud, la biblioteca CAI, in rosso la biblioteca conventuale

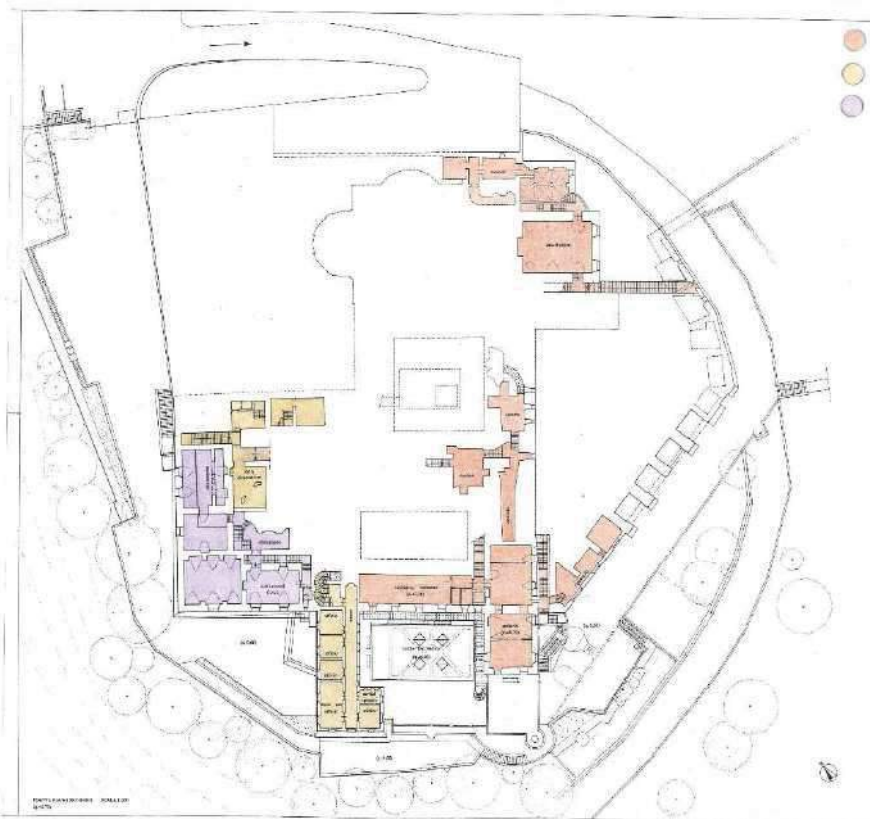


Figura 9 - Pianta piano seminterrato; in giallo, nella zona sud, la biblioteca CAI, in rosso la biblioteca conventuale

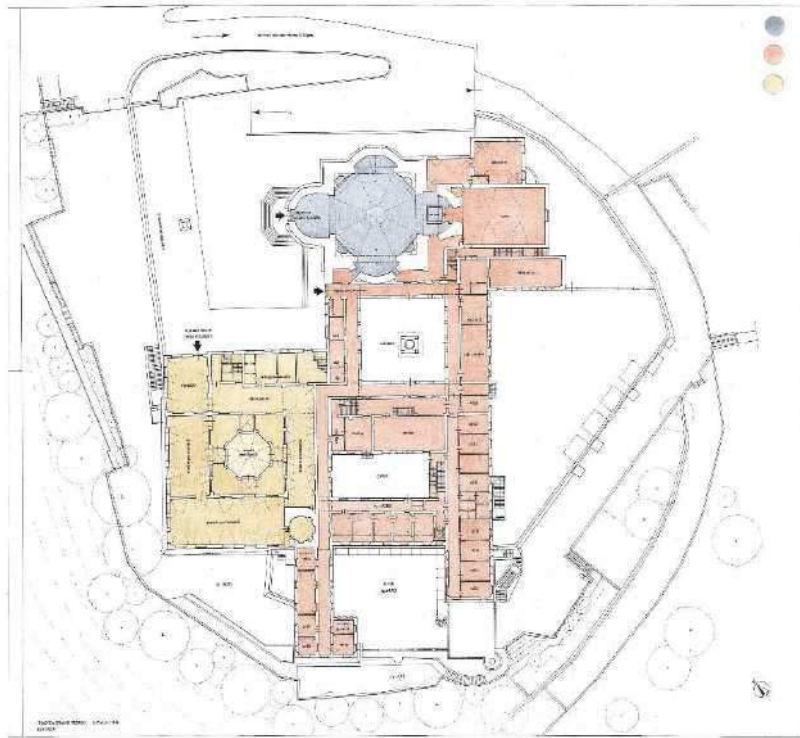


Figura 10 - Pianta piano terreno (piazzale); in rosso i locali del convento



Figura 11 - Pianta piano primo; in rosso i locali del convento

4.1.Considerazioni generali sull'edificio

Il complesso si presenta complessivamente in condizioni di manutenzione discrete.

La particolarità del sito e l'importanza dal punto di vista storico limitano la possibilità di effettuare interventi di efficientamento energetico sull'involucro esterno.

4.1.Considerazioni sull'uso dell'edificio rilevate attraverso interviste

Non sono state rilevate condizioni particolari dagli utenti intervistati.

Il convento ha un'estensione molto ampia e molti locali vengono utilizzati solo saltuariamente.

5. Modello termico

5.1. Modellazione involucro edilizio

Per la costruzione del modello energetico del complesso, sono state individuate tre zone termiche (convento e le due biblioteche) servite dalla stessa centrale termica.

Il modello è stato eseguito utilizzando il software Edilclima EC 700.

Le stratigrafie murarie, non potendo effettuare carotaggi diffusi, sono state ipotizzate sulla base dei dati reperiti durante il sopralluogo e l'analisi documentale.

In allegato vengono riportate le caratteristiche fisiche e termo-igrometriche dei componenti di involucro utilizzati nel modello al fine di definire il fabbisogno di energia termica dell'edificio.

Dispersioni per componente

Zona 1 : Convento

INTERA STAGIONE

Strutture opache

Cod	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	Sup. [m ²]	Q _{H,tr} [kWh]	%Q _{H,tr} [%]	Q _{H,r} [kWh]	%Q _{H,r} [%]	Q _{sol,k} [kWh]	%Q _{sol,k} [%]
M11	Muratura piena 50	1,155	706,60	35581	12,2	9132	35,5	6799	14,3
M12	Muratura piena 50 NR	1,098	117,80	897	0,3	-	-	-	-
M13	Muratura piena 60	1,015	597,14	27244	9,3	7245	28,1	5300	11,2
M14	Muratura piena 60 NR	0,970	128,71	793	0,3	-	-	-	-
M15	Muratura piena 70	0,904	305,24	11632	4,0	3302	12,8	2361	5,0
M16	Muratura piena 70 NR	0,869	8,25	46	0,0	-	-	-	-
M21	muratura vs LNR 20	1,327	58,62	540	0,2	-	-	-	-
M22	Porta legno su LNR	1,460	12,66	128	0,0	-	-	-	-
M33	Porta REI	0,682	5,40	173	0,1	0	0,0	0	0,0
P1	Pavimento su terreno	0,285	797,80	9803	3,4	-	-	-	-
P3	pavimento intermedio a volta su LNR	1,005	136,92	2420	0,8	-	-	-	-
P5	pavimento a volta su porticato	1,099	141,15	6528	2,2	0	0,0	0	0,0
S1	Soffitto su sottotetto	2,519	1562,88	171687	58,8	-	-	-	-
Totali				267472	91,7	19679	76,4	14460	30,5

Strutture trasparenti

Cod	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	Sup. [m ²]	Q _{H,tr} [kWh]	%Q _{H,tr} [%]	Q _{H,r} [kWh]	%Q _{H,r} [%]	Q _{sol,k} [kWh]	%Q _{sol,k} [%]
W1	finestra cappuccini	2,097	4,05	399	0,1	94	0,4	711	1,5
W3	finestra cappuccini	2,033	18,59	1773	0,6	420	1,6	3564	7,5
W11	finestra cappuccini	2,160	7,38	678	0,2	177	0,7	614	1,3
W12	finestra cappuccini	2,129	4,12	392	0,1	98	0,4	838	1,8
W13	finestra cappuccini vetro singolo	2,537	10,05	1197	0,4	284	1,1	1973	4,2
W14	porta cappuccini vetro singolo	2,442	3,36	385	0,1	91	0,4	586	1,2
W15	finestra cappuccini	2,517	8,76	954	0,3	245	1,0	814	1,7

	<i>vetro singolo</i>								
W16	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,639	0,86	107	0,0	25	0,1	189	0,4
W17	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,517	0,40	47	0,0	11	0,0	29	0,1
W18	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,455	7,74	808	0,3	211	0,8	524	1,1
W19	<i>finestra cappuccini</i>	2,110	4,59	369	0,1	108	0,4	847	1,8
W20	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,569	1,55	169	0,1	44	0,2	121	0,3
W21	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,216	1,98	187	0,1	49	0,2	93	0,2
W23	<i>finestra cappuccini</i>	2,072	5,97	526	0,2	138	0,5	483	1,0
W24	<i>portafinestra cappuccini</i>	2,500	2,07	220	0,1	58	0,2	104	0,2
W25	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	3,194	7,29	1093	0,4	259	1,0	1206	2,5
W26	<i>finestra cappuccini portineria</i>	3,680	5,58	964	0,3	228	0,9	496	1,0
W27	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,363	32,67	3245	1,1	859	3,3	3350	7,1
W28	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,476	14,70	1740	0,6	405	1,6	2199	4,6
W30	<i>finestra cappuccini</i>	2,147	6,55	610	0,2	156	0,6	773	1,6
W31	<i>finestra cappuccini</i>	2,169	27,54	2788	1,0	664	2,6	4987	10,5
W32	<i>finestra cappuccini</i>	2,130	7,35	725	0,2	174	0,7	1201	2,5
W33	<i>finestra cappuccini</i>	2,124	3,80	343	0,1	90	0,3	225	0,5
W34	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,269	1,24	120	0,0	31	0,1	169	0,4
W35	<i>finestra cappuccini coro</i>	2,890	7,28	895	0,3	234	0,9	986	2,1
W36	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,522	6,52	772	0,3	183	0,7	1267	2,7
W37	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,553	2,23	242	0,1	63	0,2	450	0,9
W38	<i>finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,440	6,50	675	0,2	176	0,7	1140	2,4
W46	<i>finestra W1 doppia cappuccini</i>	2,086	5,40	528	0,2	125	0,5	744	1,6
W111	<i>W11 bis - finestra vetro singolo</i>	2,464	8,10	849	0,3	222	0,9	1465	3,1
W333	<i>W3 bis - finestra cappuccini vetro singolo</i>	2,536	5,07	490	0,2	143	0,6	795	1,7
Totali		24289	8,3	6067	23,6	32944	69,5		

Zona 2 : Biblioteca CAI

INTERA STAGIONE

Strutture opache

Cod	Descrizione elemento	U [W/m²K]	Sup. [m²]	Q_{H,tr} [kWh]	%Q_{H,tr} [%]	Q_{H,r} [kWh]	%Q_{H,r} [%]	Q_{sol,k} [kWh]	%Q_{sol,k} [%]
M1	<i>Muratura esterna cassa vuota</i>	1,071	77,20	4010	7,0	989	7,2	1911	9,4
M2	<i>Muratura controterra</i>	0,479	124,77	2886	5,0	-	-	-	-
M3	<i>Muratura esterna cassa vuota</i>	0,844	21,67	1019	1,8	219	1,6	423	2,1
M4	<i>Muratura verso intercapedine</i>	1,151	116,99	6753	11,8	-	-	-	-
M5	<i>Muratura piena 80</i>	0,816	60,22	2521	4,4	588	4,3	446	2,2
M10	<i>Muratura piena 90 NR</i>	0,719	13,43	68	0,1	-	-	-	-
M33	<i>Porta REI</i>	0,682	5,25	181	0,3	43	0,3	41	0,2
P1	<i>Pavimento su terreno</i>	0,285	237,48	3511	6,1	-	-	-	-
S5	<i>Copertura piana CAI</i>	1,811	230,31	22899	40,1	9974	73,0	8728	42,9
Totali		43847	76,7	11812	86,5	11549	56,8		

Strutture trasparenti

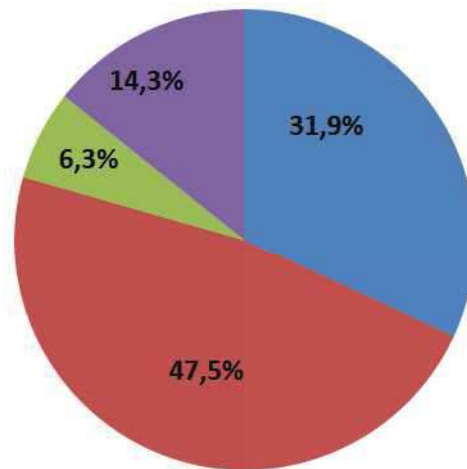
Cod	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	Sup. [m ²]	Q _{H,tr} [kWh]	%Q _{H,tr} [%]	Q _{H,r} [kWh]	%Q _{H,r} [%]	Q _{sol,k} [kWh]	%Q _{sol,k} [%]
W39	C1 - ingresso biblio CAI	4,027	6,86	1418	2,5	307	2,3	673	3,3
W40	C2 - finestra biblio CAI	2,481	2,67	340	0,6	74	0,5	575	2,8
W41	C3 - biblio CAI	3,704	11,66	2406	4,2	480	3,5	3266	16,0
W42	C4 - biblio CAI	4,263	13,00	3087	5,4	616	4,5	3041	14,9
W43	C5 - biblio CAI intercapedine	4,617	6,48	1500	2,6	-	-	-	-
W44	C6 - biblio CAI intercapedine	4,464	13,50	3022	5,3	-	-	-	-
W45	C7 - biblio CAI deposito	4,886	6,72	1541	2,7	365	2,7	1246	6,1
Totali				13313	23,3	1843	13,5	8801	43,2

Zona 3 : Biblioteca convento
INTERA STAGIONE
Strutture opache

Cod	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	Sup. [m ²]	Q _{H,tr} [kWh]	%Q _{H,tr} [%]	Q _{H,r} [kWh]	%Q _{H,r} [%]	Q _{sol,k} [kWh]	%Q _{sol,k} [%]
M1	Muratura esterna cassa vuota	1,071	218,96	9973	25,7	2805	30,1	3903	23,5
M2	Muratura controterra	0,479	178,67	3741	9,7	-	-	-	-
M7	Muratura piena 130	0,530	76,28	1733	4,5	484	5,2	468	2,8
M8	Muratura piena 115	0,597	36,87	936	2,4	263	2,8	165	1,0
M9	Muratura piena 90	0,743	121,14	4223	10,9	1077	11,6	863	5,2
M10	Muratura piena 90 NR	0,719	12,65	64	0,2	-	-	-	-
M11	Muratura piena 50	1,155	45,10	2444	6,3	623	6,7	602	3,6
M16	Muratura piena 70 NR	0,869	16,59	101	0,3	-	-	-	-
M21	muratura vs LNR 20	1,327	21,02	188	0,5	-	-	-	-
M33	Porta REI	0,682	17,54	514	1,3	102	1,1	83	0,5
P1	Pavimento su terreno	0,285	307,84	3868	10,0	-	-	-	-
S5	Copertura piana CAI	1,811	58,04	4469	11,5	2514	27,0	2199	13,3
Totali				32255	83,3	7867	84,4	8283	49,9

Strutture trasparenti

Cod	Descrizione elemento	U [W/m ² K]	Sup. [m ²]	Q _{H,tr} [kWh]	%Q _{H,tr} [%]	Q _{H,r} [kWh]	%Q _{H,r} [%]	Q _{sol,k} [kWh]	%Q _{sol,k} [%]
W1	finestra cappuccini	2,097	13,50	1279	3,3	315	3,4	2369	14,3
W2	porta finestra	2,371	2,21	246	0,6	58	0,6	318	1,9
W3	finestra cappuccini	2,033	6,76	630	1,6	153	1,6	1095	6,6
W4	finestra cappuccini	3,559	3,81	636	1,6	151	1,6	991	6,0
W5	finestra biblio cappuccini metallo	4,241	4,64	837	2,2	219	2,3	1103	6,7
W6	finestra biblio cappuccini metallo	5,544	1,60	377	1,0	99	1,1	213	1,3
W7	finestra biblio cappuccini metallo	4,644	4,62	912	2,4	239	2,6	949	5,7
W8	finestra biblio cappuccini metallo	4,011	4,94	843	2,2	220	2,4	1269	7,6
W9	finestra biblio cappuccini metallo intercapedine	3,700	2,21	313	0,8	-	-	-	-
W10	finestra biblio cappuccini metallo intercapedine	3,513	3,09	416	1,1	-	-	-	-
Totali				6489	16,7	1453	15,6	8307	50,1



■ Componenti opachi verticali ■ Coperture ■ Pavimenti ■ Componenti finestrati

Figura 12 - %, per componente, di dispersioni per trasmissione ed extraflusso

Fabbisogno di energia utile

Dispersioni, apporti e fabbisogno di energia utile:

Mese	Dispersioni			Apporti		Fabbisogno
	QH,tr,vetr kWh	QH,tr,op kWh	QH,ve kWh	Qsol,k kWh	Qint kWh	QH,nd kWh
Ottobre	-1.769,05	-10.601,95	-1.775,00	5.244,00	7.128,00	7.876,00
Novembre	-6.985,26	-41.862,74	-5.909,00	6.589,00	12.579,00	43.587,00
Dicembre	-11.842,69	-70.973,31	-9.686,00	6.708,00	12.998,00	80.498,00
Gennaio	-11.659,36	-69.874,64	-9.543,00	6.512,00	12.998,00	80.616,00
Febbraio	-10.237,51	-61.353,49	-8.555,00	7.792,00	11.740,00	67.877,00
Marzo	-6.603,17	-39.572,83	-6.035,00	11.072,00	12.998,00	40.511,00
Aprile	-1.435,29	-8.601,71	-1.659,00	6.135,00	6.289,00	6.984,00
	-50.532,34	-302.840,66	-43.162,00	50.052,00	76.730,00	327.949,00
	13%	76%	11%	39%	61%	

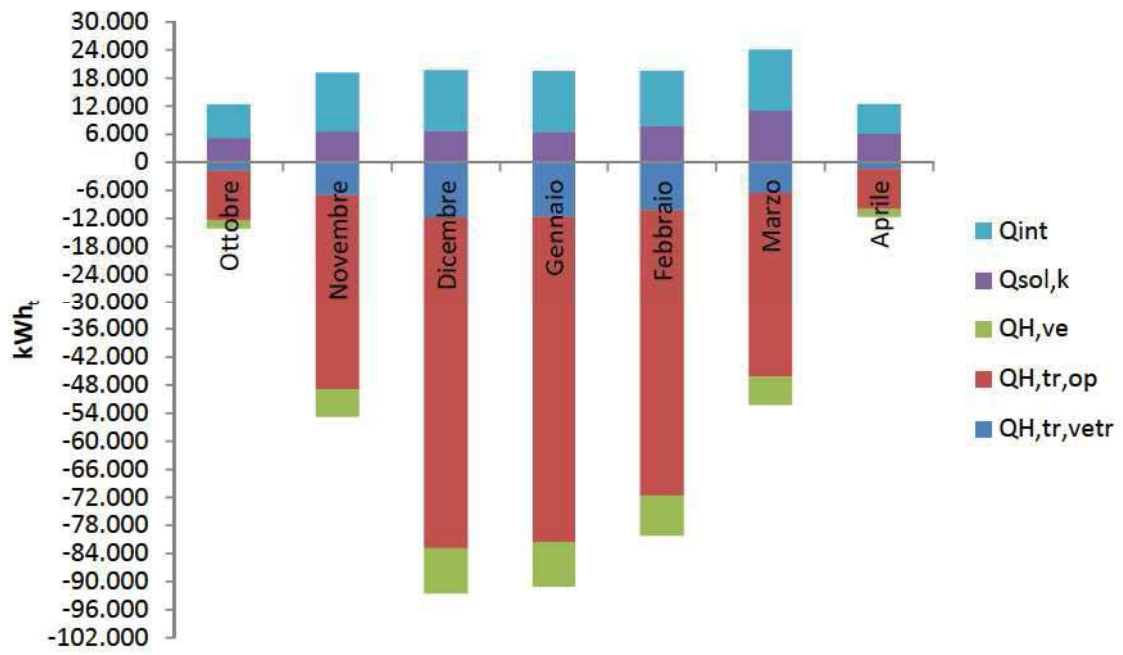


Figura 13 - Andamento mensile dispersioni ed apporti edificio

5.2. Modellazione impianto termico

Elenco sistemi di generazione in centrale termica:

Priorità	Tipo di generatore	Metodo di calcolo
1	Caldia a condensazione	Analitico
2	Caldia a condensazione	Analitico

Generatore 1 - Caldaia a condensazione

Dati generali:

Servizio	Riscaldamento e ventilazione		
Tipo di generatore	Caldia a condensazione		
Metodo di calcolo	Analitico		
Marca/Serie/Modello	Rendamax R2905		
Potenza nominale al focolare	Φ_{cn}	333,00	kW

Generatore 2 - Caldaia a condensazione

Dati generali:

Servizio	Riscaldamento e ventilazione		
Tipo di generatore	Caldia a condensazione		
Metodo di calcolo	Analitico		
Marca/Serie/Modello	Rendamax R2905		
Potenza nominale al focolare	Φ_{cn}	333,00	kW

Ambiente di installazione:

Ambiente di installazione	Centrale termica		
Fattore di riduzione delle perdite	$k_{gn,env}$	0,30	-

Circuito Riscaldamento Radiatori

Caratteristiche sottosistema di emissione:

Tipo di terminale di erogazione	Radiatori su parete esterna non isolata ($U > 0,8$ W/m²K)		
Temperatura di mandata di progetto	85,0	°C	
Potenza nominale dei corpi scaldanti	326328	W	
Fabbisogni elettrici	0	W	
Rendimento di emissione	91,0	%	

Caratteristiche sottosistema di regolazione:

Tipo	Solo climatica (compensazione con sonda esterna)		
Caratteristiche	--		
Rendimento di regolazione	100,0	%	

Circuito Fancoil biblioteca

Caratteristiche sottosistema di emissione:

Tipo di terminale di erogazione	Ventilconvettori (tmedia acqua = 45°C)
Potenza nominale dei corpi scaldanti	7848 W
Fabbisogni elettrici	0 W
Rendimento di emissione	95,0 %

Caratteristiche sottosistema di regolazione:

Tipo	Solo climatica (compensazione con sonda esterna)
Caratteristiche	--
Rendimento di regolazione	100,0 %

Caratteristiche sottosistema di distribuzione utenza:

Metodo di calcolo	Semplificato
Tipo di impianto	Centralizzato con montanti non isolati correnti in traccia nel lato interno delle pareti esterne



Caldie in CT



Nella tabella seguente si riportano i valori relativi ai rendimenti dei singoli sottosistemi del modello impiantistico:

Rendimenti stagionali dell'impianto:

Descrizione	Simbolo	Valore	u.m.
Rendimento di emissione	$\eta_{H,e}$	91,1	%
Rendimento di regolazione	$\eta_{H,rg}$	85,1	%
Rendimento di distribuzione utenza	$\eta_{H,du}$	93,8	%
Rendimento di generazione	$\eta_{H,gn}$	86,5	%
Rendimento globale medio stagionale	$\eta_{H,g}$	61,6	%

5.3. Confronto tra Consumo Operativo e Consumo Effettivo

Si riportano, di seguito i dati stagionali di consumo in (Smc di gas metano) registrati nelle precedenti tre stagioni termiche con i relativi Gradi Giorno invernali. I gradi giorno presenti in tabella, rappresentano la media dei dati rilevati presso le stazioni meteorologiche presenti sul territorio del comune di Torino e sono stati desunti dal sito web di Arpa Piemonte:

Periodo	Smc Consumo	GG
Dati 2012/13	55835	2502
Dati 2013/14	40139	2136
Dati 2014/15	52662	2161

Se ne determinano i seguenti consumi normalizzati:

	Smc norm.
Consumo effettivo 2012/13 normalizzato	50.579
Consumo effettivo 2013/2014 normalizzato	42.591
Consumo effettivo 2014/2015 normalizzato	55.233

Si individua la media dei consumi termici normalizzati come valore di consumo effettivo dell'edificio:

	Smc
Consumo effettivo	49.468

D'altra parte il modello ha restituito i seguenti valori di consumo:

Fabbisogno ambiente	$Q_{H,nd}$ [kWh]	327.949
Energia del combustibile risc.	$Q_{H,gn,in}$ [kWh]	476.542

Consumo operativo METANO [Smc]	52088
Scostamento	5%

Il modello risulta essere veritiero e ben tarato in quanto lo scostamento tra consumo effettivo e consumo operativo è pari al **5%**, perciò inferiore al range di accettabilità previsto, del 10%.

5.4. Indici di prestazione energetica

Dall'analisi dei consumi si dovrebbero ricavare a questo punto gli indicatori di prestazione energetica. Questi indicatori rappresentano il benchmark di riferimento, rispetto al quale comparare il consumo energetico di un edificio con un set di altri edifici simili. Inoltre hanno lo scopo di fornire gli elementi tecnici oggettivi per verificare le prestazioni relative allo stato di fatto dell'edificio, attraverso il quale, è possibile individuare e poi valutare le possibili azioni di efficientamento energetico.

Il caso in esame risulta però particolare, in quanto si tratta di un insieme di destinazioni d'uso di cui non si conosce la ripartizione dei consumi.

Pertanto non è stato possibile effettuare un confronto dei consumi con valori di riferimento.

Viene però calcolato un ulteriore indice di prestazione normalizzato rispetto ai gradi giorno standard (UNI 10349) utilizzando i seguenti dati di partenza:

Consumo termico effettivo normalizzato [kWh]	474.891
Volume lordo riscaldato [m ³]	11.375,34
GG per utilizzati per la normalizzazione	2617
$EP_{(i+w)}$ [Wh/m ³ GG]	16,0

6. Proposte di intervento

Alla luce dell'analisi fin qui svolta, e di quanto rilevato durante il sopralluogo, si esamina la fattibilità tecnico economica dei seguenti interventi di efficientamento energetico dell'edificio in esame:

1. Sostituzione generatore di calore + posa valvole termostatiche
2. Isolamento solai piani su esterno e verso sottotetto non abitabile
3. Sostituzione serramenti
4. Cappotto esterno

6.1. Generatore di calore a condensazione e valvole termostatiche

Si propone la sostituzione del generatore di calore tradizionale con uno nuovo a condensazione con le seguenti caratteristiche:

- Funzionamento a temperatura scorrevole;
- Bruciatore ad aria soffiata;
- Regolazione climatica guidata da sonda esterna di temperatura.

Dalle simulazioni di calcolo si ottengono i seguenti risultati:

1	Generatore di calore a condensazione + valvole + regolazione climatica	Consumo ante	52.088	smc
		$\eta_{H,g}$ ante	0,616	
		$\eta_{H,g}$ post	0,883	
		Consumo post	36.287	smc
		Risparmio	30%	
		Costo intervento	57.300	
		Risparmio	10.745	Euro/anno
		PB	5,3	anni

6.2. Isolamento coperture piane biblioteca e servizi

L'intervento prevede la posa di 16 cm di isolante tipo lana di roccia sull'estradosso del solaio del sottotetto.

Descrizione elemento	U ante [W/m ² K]	U post [W/m ² K]	Sup. [m ²]
Soffitto su sottotetto	2,519	0,201	1562,9

Dalle simulazioni di calcolo si ottengono i seguenti risultati:

2	Isolamento soletta verso sottotetto non riscaldato	Consumo ante	52.088	smc
		Consumo post	30.774	smc
		Risparmio	41%	
		Costo intervento	85.958	
		Risparmio	14.494	Euro/anno
		PB	5,9	anni

6.3. Sostituzione serramenti

L'intervento prevede la sostituzione dei vecchi serramenti con nuovi serramenti dalle medesime forme e dimensioni, con telaio in legno ad elevate prestazioni e vetrocamera bassoemissivo con intercapedine riempita in gas argon per una trasmittanza complessiva di circa 1,50 W/m²K.

Descrizione elemento	U ante MEDIA [W/m ² K]	U post [W/m ² K]	Sup. [m ²]
Serramenti vari	3,77	1,5	337,56

Dalle simulazioni di calcolo si ottengono i seguenti risultati:

3	Serramenti	Consumo ante	52.088	smc
		Consumo post	48.339	smc
		Risparmio	7%	
		Costo intervento	185.658	
		Risparmio	2.549	Euro/anno
		PB	72,8	anni

6.4. Cappotto

Data la natura degli edifici, non è pensabile realizzare un cappotto termico.

6.5. Conclusioni

Di seguito la sintesi degli interventi proposti:

Interventi	Investimento	Risparmio			PB
	€	%	Smc	€/anno	anni
Generatore di calore a condensazione + valvole + regolazione climatica	57300	30%	15801	10745	5
Isolamento soletta verso sottotetto non riscaldato	85958	41%	21314	14494	6
Serramenti	185658	7%	3749	2549	73

In conclusione si osserva che l'intervento più vantaggioso in termini economici è la sostituzione del generatore di calore.