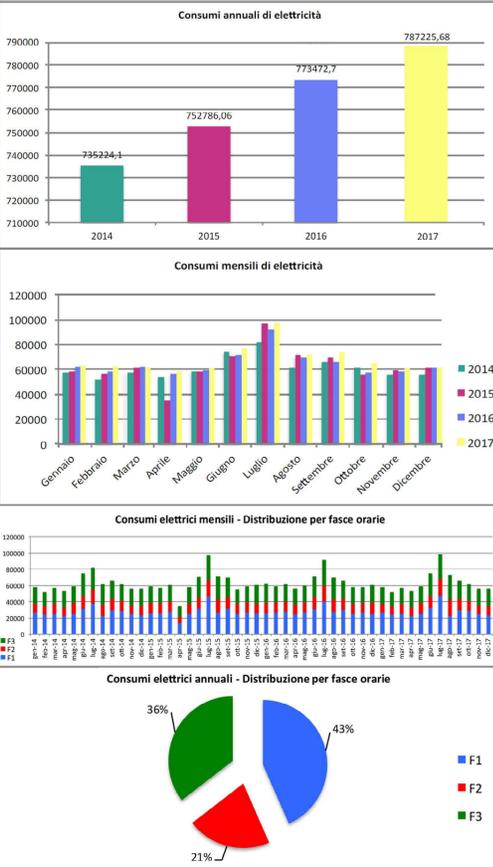


## DATI CONSUMI ELETTRICI REALI



I consumi termici dell'edificio non sono direttamente deducibili dai dati disponibili, poiché non è possibile stimare precisamente l'ammontare dei consumi relativi alla sola facoltà di chimica in quanto aggregati ai consumi di altri istituti della Città Universitaria. Diversamente, analizzando i consumi elettrici desunti dalle ultime bollette elettriche, è possibile definire per il periodo che va dall'anno 2014 al 2017 un consumo medio di **39,77 kWh/m<sup>2</sup>anno**. Appare inoltre evidente l'andamento progressivo dei consumi, con un incremento dal 2014 al 2017 del 7,07%.

I consumi mensili testimoniano picchi di energia nel mese di luglio, specialmente nelle annate 2015 e 2017, viste le alte temperature di quegli anni. I valori sono più o meno uniformi, ma livelli più elevati sono evidenti nei due anni più caldi.

La divisione dei consumi mensili nelle fasce orarie F1, F2 e F3 denota più specificamente l'andamento mediamente regolare, con picchi nei mesi di luglio apprezzabili in tutti gli anni, sempre speciale nel 2015 e 2017.

I consumi elettrici annuali relativi all'Istituto di Chimica per fasce orarie, in percentuale, mostrano il 43% dei consumi destinato alle ore di maggiore affluenza in F1, il 21% nella fascia F2 delle ore intermedie. Molto rilevanti risultano invece i consumi F3 delle ore fuori punta, con 7 punti in meno rispetto alla fascia F1. I consumi risultano pienamente in linea con i consumi elettrici annuali della Città Universitaria, come emerso dal Piano Energetico Sapienza. (F1: 44,8%; F2: 20,4%; F3: 34,8%)

## UNI/TS 11300: PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI

**PARTE 1: DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA DELL'EDIFICIO PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA ED INVERNALE**  
 Ricepisce la norma UNI EN ISO 13790:2008 con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni per di energia termica per riscaldamento e per raffreddamento.

**PARTE 2: DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA E DEI RENDIMENTI PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE, LA PRODUZIONE DI ACS, LA VENTILAZIONE E L'ILLUMINAZIONE IN EDIFICI NON RESIDENZIALI.**  
 La specifica tecnica fornisce dati e metodi per la determinazione dei fabbisogni di energia termica utile per il servizio di produzione di acs, nonché di energia fornita e di energia primaria per i servizi di climatizzazione invernale e acs. Fornisce inoltre il metodo di calcolo per la determinazione dei fabbisogni di energia primaria per il servizio di ventilazione e le indicazioni e dati nazionali per la determinazione dei fabbisogni di energia primaria per il servizio di illuminazione in accordo con la UNI EN 15192. La specifica tecnica fornisce dati e metodi di calcolo di rendimenti di sottosistemi di generazione alimentare con combustibili fossili, liquidi o gassosi. La specifica tecnica si applica a sistemi di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti: per il solo riscaldamento, misti o combinati per riscaldamento e produzione di acs, per solo produzione acs per uso igienico sanitario, per i sistemi di sola ventilazione, per i sistemi di ventilazione combinati a climatizzazione invernale, per i sistemi di illuminazione negli edifici non residenziali.

**PARTE 3: DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA E DEI RENDIMENTI PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA.**  
 La specifica tecnica fornisce dati e metodi per la determinazione: dei rendimenti e dei fabbisogni di energia dei sistemi di climatizzazione estiva. La specifica tecnica si applica unicamente ad impianti fissi di climatizzazione estiva con macchine frigorifere azionate elettricamente o ad assorbimento. La specifica tecnica si applica a sistemi di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti: per il solo raffreddamento; per la climatizzazione estiva. La specifica tecnica non si applica a singoli componenti di sistemi di climatizzazione estiva.

**PARTE 4: UTILIZZO DI ENERGIE RINNOVABILI E DI ALTRI METODI DI GENERAZIONE PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE E PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA.**  
 La specifica tecnica calcola il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e la produzione di acs, nel caso vi siano sottosistemi di generazione che forniscono energia termica utile da energie rinnovabili con metodi di generazione diverse dalla combustione. Si considerano sorgenti rinnovabili: le biomasse, il solare termico, le fonti geotermiche, geotermiche e idrauliche nel caso di pompe di calore per la quota considerata rinnovabile.

**PARTE 5: CALCOLO DELL'ENERGIA PRIMARIA E DELLA QUOTA DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI.**  
 La specifica tecnica fornisce metodi di calcolo per determinare in modo univoco il fabbisogno di energia primaria degli edifici e la quota di energia da fonti rinnovabili. Fornisce inoltre precisazioni e metodi di calcolo che riguardano: le modalità di valutazione dell'apporto di energia rinnovabile nel bilancio energetico; la valutazione dell'energia elettrica esportata; la definizione delle modalità di compensazione dei fabbisogni con energia elettrica attraverso energia elettrica prodotta da rinnovabili; la valutazione dell'energia elettrica prodotta da unità cogenerative.

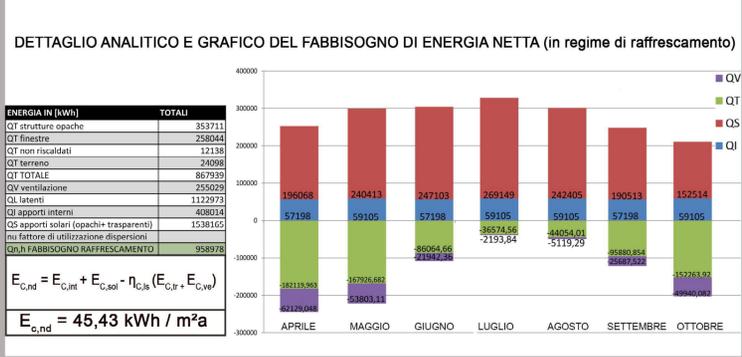
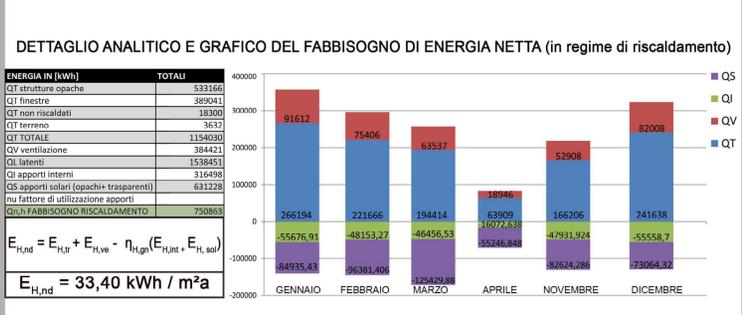
## ANALISI DI PRESTAZIONE INVOLUCRO

**DATI DI PROGETTO**

Altitudine	[m]	20
Latitudine	41° 53'	
Longitudine	12° 28'	
Temperatura esterna	Te [°C]	0
Località di riferimento per temperatura esterna	ROMA	
Gradi giorno GG	[°C·h]	1415
Località di riferimento per gradi giorno	ROMA	
Zona climatica	D	
Volume	[m <sup>3</sup> ]	59581,7
Area	[m <sup>2</sup> ]	17300
Destinazione d'uso: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli	E	7
Inizio riscaldamento	01-11	
Fine riscaldamento	15-04	
Durata periodo di riscaldamento	p [giorno]	166
Ore giornaliere di riscaldamento	[ore]	12
Situazione esterna	Centro città	
Temperatura aria ambiente invernale - estiva	Ta [°C]	20,0 - 26,0
Umidità interna	Ui [%]	50,0

**RIEPILOGO DISPERSIONI**

GAIOLE EDIFICIO	16800.2	59581.7	0.322	896628
AMBIENTE	A	VOLUME	S/V	DISPERSIONI
Piano/Scala : 01 PIANO TERRA	7480.2	22002.8	0.340	233919
Piano/Scala : 02 PIANO PRIMO	3267.6	15423.9	0.212	213439
Piano/Scala : 03 PIANO SECONDO	3779.2	12497.9	0.302	223751
Piano/Scala : 03 PIANO TERZO	4189.3	9096.5	0.462	209676
Piano/Scala : 04 PIANO QUARTO	448.4	587.5	0.763	15843



## ANALISI ENERGETICA STIMA 10 TFM

E' stato costruito un modello dell'edificio utilizzando Stima 10-TFM: il software è dedicato al calcolo del carico termico di picco ed alla valutazione del fabbisogno energetico in regime invernale ed estivo dei sistemi edificio/impianto secondo le Norme tecniche UNI/TS 11300, alla verifica dei requisiti minimi previsti di legge sia per l'involucro che dell'impianto, alla determinazione della copertura percentuale di fabbisogno da fonte rinnovabile alla compilazione della Relazione tecnica ed alla generazione dell'Attestato di Prestazione Energetica (APE).



**INDICATORI DI PRESTAZIONE DELL'EDIFICIO**

Riscaldamento	$EP_{H,ren} = 0,00$	$EP_{H,ren} = 45,06$	$EP_{H,ren} = 45,06$
Illuminazione	$EP_{L,ren} = 9,72$	$EP_{L,ren} = 40,34$	$EP_{L,ren} = 50,05$
Totale	$EP_{gl,ren} = 9,72$	$EP_{gl,ren} = 85,40$	$EP_{gl,ren} = 95,12$

La stima sul fabbisogno globale è frazionabile al 47,3% per la quota relativa al riscaldamento invernale, la gran parte di essa è attribuibile invece all'illuminazione per il 52,6%, dato che conferma anche i dati relativi agli alti consumi desunti dalle bollette. La quota di energia rinnovabile è molto bassa (10,2%) e si riferisce alla quota rinnovabile derivante dall'impiego di energia elettrica della rete pubblica. Considerando separatamente la prestazione relativa all'involucro edilizio alla prestazione degli impianti, si avranno i seguenti indicatori di prestazione

Riscaldamento	$EP_{H,ren} = 23,96$	$kWh/m^2\text{anno}$
Raffreddamento	$EP_{C,nd} = 36,41$	$kWh/m^2\text{anno}$
Rendimento medio stagionale impianto riscaldamento	$\eta_{m} = 0,53$	[-]

Confrontando il modello Stima e dati reali, desunti approssimativamente dai consumi termici, imprecisi poiché non si hanno dati specifici per la sola facoltà ma per l'intera città universitaria, emerge con evidenza che il consumo di energia primaria connesso al riscaldamento dell'edificio risulta dal modello superiore al dato reale di circa il 35%. Inerente all'illuminazione invece evince un calcolo dal modello inferiore ai dati reali.

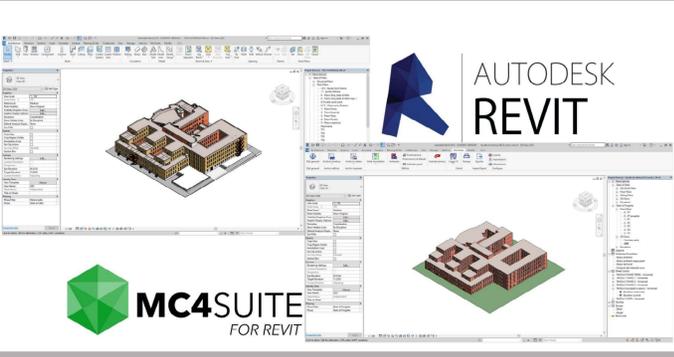
Riscaldamento	Reale da consumi - kWh/m²anno	Stimato - kWh/m²anno	Differenza %
Illuminazione	$EP_{L,real} = 33,08$	$EP_{L,real} = 45,06$	+ 36,2 %
	$EP_{L,real} = 46,81$	$EP_{L,real} = 50,05$	+ 7,2 %

## METODO BIM + MC 4 SUITE

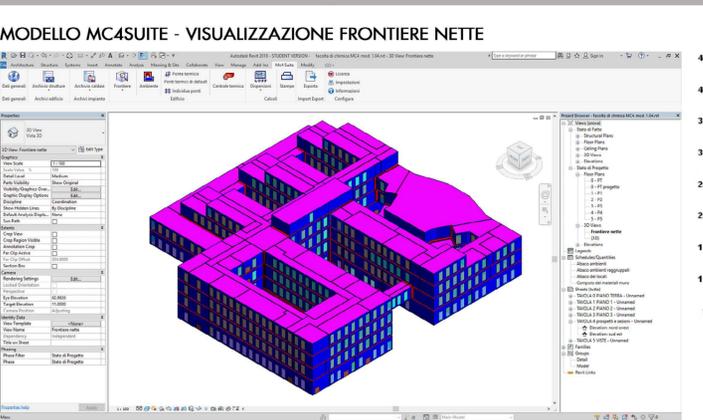
La digitalizzazione del modello della Facoltà di Chimica in Revit permette di ricreare un campione virtuale dell'edificio tramite il quale effettuare diagnosi prestazionale al fine di garantire livelli di efficienza sempre più elevati.

Una volta definite in BIM le caratteristiche che qualificano l'involucro e ne qualificano le prestazioni in funzione delle dispersioni, come i pacchetti murari, la stratigrafia di solai e coperture e gli infissi, si è proceduto alla definizione delle strutture, dei infissi e delle esposizioni, la tipologia di vano (ambiente riscaldato, climatizzato...) dell'inserimento dell'attuale impianto alimentato dalla sottocentrale termica e dell'impianto elettrico che serve illuminazione e acqua calda sanitaria in McSuite, per poter ottenere simulazioni energetiche che confermano la fattibilità di interventi di retrofit energetico, aggiungendo nuove tecnologie e funzionalità ad un sistema e prolungandone la vita utile.

Infine, a seguito delle analisi riportate e nel contesto della normativa vigente, quindi in accordo con le Linee Guida nazionali e i decreti regionali è stata possibile redigere l'Attestato di Prestazione Energetica (APE) e definire la classe dell'edificio in oggetto di analisi.



## ANALISI MODELLO BIM



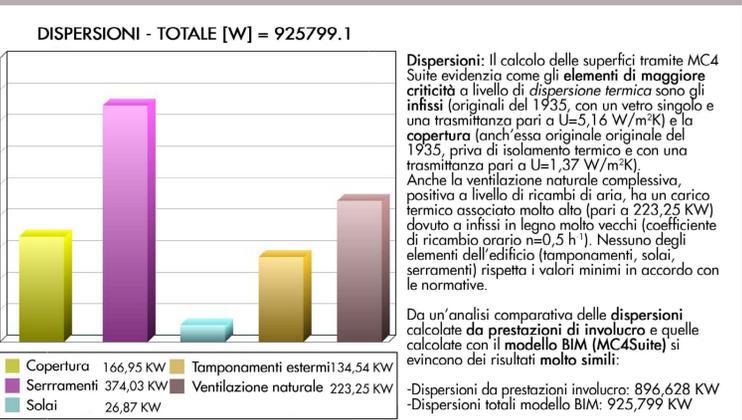
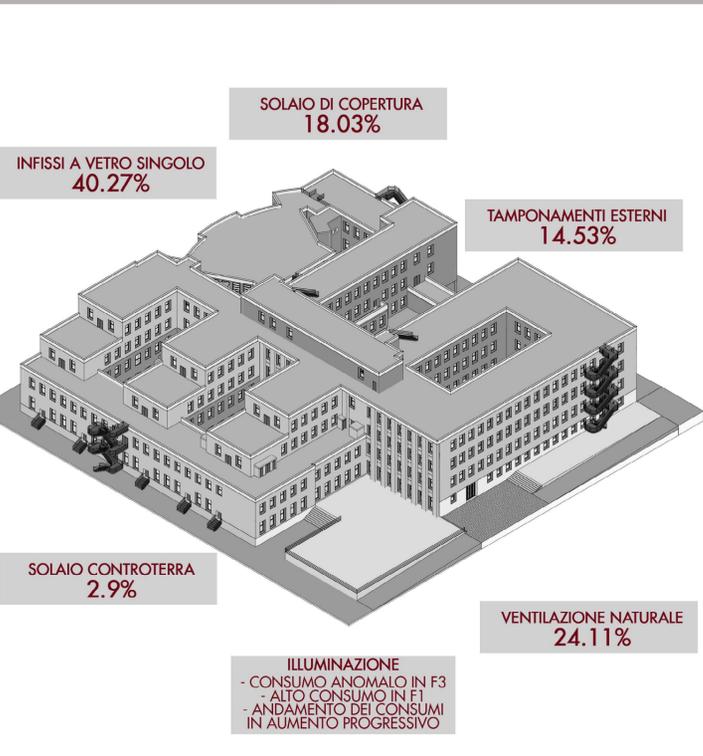
L'esecuzione di questo comando restituisce una visualizzazione tridimensionale di tutte le superfici scambianti che il programma individua nell'edificio. Le frontiere appaiono di diverso colore a seconda delle loro caratteristiche in base alla seguente convenzione cromatica:

- Frontiere blu: Le frontiere di questo colore sono quelle a contatto con l'aria esterna
- Frontiere rosse: Le frontiere rosse sono adiabatiche, non sono quindi attraversate da nessun flusso termico
- Frontiere magenta: Hanno questo colore le frontiere con esposizione diversa da "Calcolata", ovvero frontiere con esposizione fissa. Questo comando è utile per creare con maggiore precisione esposizioni particolari come: solai controterra, partizioni verso ambienti a una temperatura differente, o coperture.

**Risultati di calcolo**

	Valore Effettivo	Valore di Riferim.	
$EP_{H,tot}$	54,87	$EP_{H,lim}$ 33,63 [kWh/(m²·anno)]	non verificato
$EP_{H,nd}$	31,84	$EP_{H,nd,lim}$ 25,15 [kWh/(m²·anno)]	non verificato
$EP_{C,nd}$	43,35	$EP_{C,nd,lim}$ 28,49 [kWh/(m²·anno)]	non verificato
$EP_{L,tot}$	37,17	$EP_{L,lim}$ 33,00 [kWh/(m²·anno)]	non verificato
$\eta_h$	0,58	$\eta_{h,lim}$ 0,75 [-]	non verificato
$EP_{H,ren}$	84,82		
$EP_{gl,tot}$	92,04	$EP_{gl,tot,lim}$ 66,63 [kWh/(m²·anno)]	non verificato

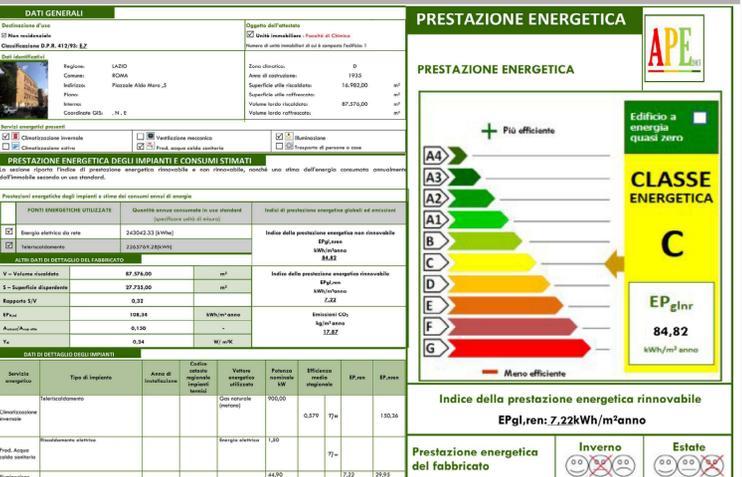
## CRITICITA' : DISPERSIONI E ILLUMINAZIONE



**Fabbisogni energetici:** Dall'analisi del modello BIM, risultano dei valori effetti EP di fabbisogno in linea, con quelli derivanti dall'analisi del modello statico. Come si evince dalla tabella "Risultati di calcolo" a sinistra, nessuno dei valori effettivi EP di fabbisogno, presi in considerazione nell'analisi dell'edificio in vista della redazione della certificazione energetica, risulta inferiore ai valori di riferimento ( $EP_{H,nd}$ = fabbisogno energetico invernale di riscaldamento;  $EP_{C,nd}$ =fabbisogno estivo di raffreddamento;  $EP_{L,nd}$ = fabbisogno energetico per illuminazione). L'APE dal 1° Ottobre 2015 con il nuovo DM 26/6/2015 ha introdotto un nuovo metodo per calcolare i valori di riferimento: essi si basano sui valori di fabbisogno di un edificio fittizio chiamato edificio di riferimento, esso è un edificio identico a quello oggetto della progettazione per geometria, orientamento, ubicazione geografica, destinazione d'uso e tipologia d'impianto, avente però caratteristiche termiche ed energetiche predeterminate.

**Comparazione con il modello Stima 10:** E' stata eseguita una doppia analisi sull'edificio: una derivante dall'analisi di un modello Stima 10, più tradizionale, e una derivante dall'analisi di un modello BIM, più innovativa. I risultati sono congruenti fra loro e in linea con i risultati ottenuti nel corso degli anni da altri studi sullo stesso edificio. Dal punto di vista del calcolo delle dispersioni e del calcolo del fabbisogno per illuminazione le due analisi restituiscono valori pressoché identici (con scostamenti inferiori al 2%). Il modello BIM restituisce un valore EP heating superiore a quello del modello statico, ma in linea con il suo valore di riferimento e motivato da una caratterizzazione maggiore del modello BIM rispetto a quest'ultimo. Il valore di  $EP_{H,nd}$  infatti risulta in linea con le notevoli dispersioni che caratterizzano l'edificio. Tale parametro è fondamentalmente legato alla prestazione degli elementi costituenti l'involucro edilizio (pareti opache, componenti trasparenti, ponti termici), alla ventilazione, e agli apporti gratuiti endogeni e solari. La comparazione fra gli attestati di prestazione energetica derivanti dalle due analisi parallele, evidenzia una leggera differenza: l'APE redatto dal modello BIM certifica una classe energetica C, a differenza di quello del modello Stima 10 (classe en. D). La classificazione energetica derivante dal BIM risulta più vicina al comportamento reale dell'edificio.

## ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA MC4SUITE



Il presente documento attesta la prestazione e la classe energetica dell'edificio, ovvero la quantità di energia necessaria ad assicurare il comfort attraverso i diversi servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in condizioni convenzionali d'uso. Prestazione energetica globale (EPgl,ren): fabbisogno annuale di energia primaria non rinnovabile relativa a tutti i servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in base al quale è identificata la classe di prestazione dell'edificio in una scala da A4 (edificio più efficiente) a G (edificio meno efficiente). Prestazione energetica del fabbricato: indice qualitativo del fabbisogno di energia necessario per il soddisfacimento del comfort interno, indipendente dalla tipologia e dal rendimento degli impianti presenti. Tale indice dà un'indicazione di come l'edificio, d'estate e d'inverno, isola termicamente gli ambienti interni rispetto all'ambiente esterno. I valori di soglia per la definizione del livello di qualità, suddivisi per tipo di indicatore (Alto, medio, basso), sono riportati nelle linee guida per l'attestazione energetica degli edifici: si veda il decreto previsto dall'articolo 6, comma 12 del d.lgs. 192/2005. Riferimento: raffronto con l'indice di prestazione globale non rinnovabile di un edificio simile ma dotato dei requisiti minimi degli edifici nuovi, nonché con la media degli indici di prestazione degli edifici esistenti simili, ovvero contrattidisti da stessa tipologia d'uso, tipologia costruttiva, zona climatica, dimensioni ed esposizione di quella oggetto dell'attestato. Prestazioni energetiche degli impianti e consumi stimati: la sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile dell'immobile oggetto di attestazione. La sezione riporta infine una stima del quantitativo di energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard, suddivisi per tipologia di vettore energetico. Indici di prestazione: energetica rinnovabile, non rinnovabile e totale come risultati dal calcolo eseguito. Essa riporta inoltre la quantità di energia prodotta in situ ed esportata annualmente, nonché la sua tipologia. Riporta infine, suddivisa in due sezioni relative rispettivamente al fabbricato e agli impianti, i dati di maggior dettaglio alla base del calcolo.