



Ricerca di Sistema elettrico

Lay-out di progetto di riqualificazione energetica di un edificio della PA ad uso scuola

F. Cumo, A.M. Fogheri, S. Agnoli, G. Centi, C. Romeo

LAY-OUT DI PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO DELLA PA AD USO SCUOLA

F. Cumo, A.M. Fogheri (CITERA), S. Agnoli, G. Centi, C. Romeo (ENEA)

Settembre 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2012

Area: Razionalizzazione e Risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico

Obiettivo: Modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica per le Pubbliche Amministrazioni

Responsabile del Progetto: Gaetano Fasano, ENEA



Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione " Lay - out di progetto di riqualificazione energetica di un edificio della PA ad uso scuola"

Responsabile scientifico ENEA: Gaetano Fasano

Responsabile scientifico CITERA: Fabrizio Cumo

Si ringrazia la Provincia di Roma per la collaborazione

Indice

SOMMARIO	5
INTRODUZIONE	6
1. EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DI EDIFICI SCOLASTICI IN BASE AI VIGENTI STANDARD DI SOSTENIBILITÀ.....	7
1.1. ANALISI DEL PATRIMONIO EDILIZIO SCOLASTICO A LIVELLO NAZIONALE	7
1.1.1. PERIODO DI COSTRUZIONE	7
1.1.2. <i>Impianti installati</i>	8
1.2. ANALISI PATRIMONIO EDILIZIO SCOLASTICO DELLA REGIONE LAZIO	10
1.3. ANALISI PATRIMONIO EDILIZIO SCOLASTICO DELLA PROVINCIA DI ROMA	11
1.3.1. METODOLOGIA DI INDAGINE	11
1.3.2. TIPOLOGIE DI SCUOLE.....	11
1.3.4. TECNOLOGIA COSTRUTTIVA E MATERIALI	13
1.3.5. CLASSE ENERGETICA DI RIFERIMENTO E CARATTERIZZAZIONE IN RELAZIONE ALLA TECNOLOGIA COSTRUTTIVA ADOTTATA	14
1.3.5.1. EDIFICI IN CLASSE ENERGETICA DI RIFERIMENTO TIPO D	14
1.3.5.2. EDIFICI IN CLASSE ENERGETICA DI RIFERIMENTO TIPO E	15
1.3.5.3. EDIFICI IN CLASSE ENERGETICA DI RIFERIMENTO TIPO F.....	15
1.3.5.4. EDIFICI IN CLASSE ENERGETICA DI RIFERIMENTO TIPO G	16
1.4. ANALISI EDIFICI SCUOLA MEDIA SUPERIORE DI II° LIVELLO NEL COMUNE DI ROMA.....	23
1.4.1. PERIODO DI COSTRUZIONE	23
2. CASO STUDIO APPLICATIVO	30
2.1. MOTIVAZIONE DEL CASO APPLICATIVO	30
2.2. ORIGINALITÀ E REPLICABILITÀ DEL PROGETTO	30
2.2.1. EFFICIENZA DELL'INTERVENTO PROPOSTO	31
2.2.2. COSTO - BENEFICIO	31
2.2.3. SOSTENIBILITÀ.....	31
2.2.4. INTEGRAZIONE DI PROCESSO.....	31
2.2.5. REPLICABILITÀ	31
2.3. CRITERI DI PROGETTO	32
2.3.1. PROTOCOLLO ITACA: VALUTAZIONE ENERGETICO – AMBIENTALE DELL'EDIFICIO	32
2.3.2. METODOLOGIA	32
2.4. CASO STUDIO	34
2.4.1. ANALISI DELL' EDIFICIO	34
2.4.2. IMPIANTO PLANIMETRICO	36
2.4.3. TECNOLOGIA COSTRUTTIVA, MATERIALI E CARATTERISTICHE TERMO FISICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO ALLO STATO DI FATTO.	39
2.4.4. CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	40
2.4.4.1. VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGOMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI DELLE PARETI PERIMETRALI.....	41
2.4.4.1.1. VERIFICA IGOMETRICA DELLA STRUTTURA.....	42
2.4.4.2. VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGOMETRICI E TERMICI DINAMICI DEL SOLAIO CONTROTERRA	42
2.4.4.2.1. VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGOMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI OPACHI	43
2.4.4.2.2. VERIFICA IGOMETRICA DELLA STRUTTURA.....	43
2.4.4.3. VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGOMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI DEL SOLAIO DI COPERTURA	44
2.4.4.3.1. VERIFICA IGOMETRICA DELLA STRUTTURA.....	45
1.1.1. ANALISI DEL SOLEGGIAMENTO E DELLE OMBRE	45
1.1.2. SISTEMA DI ILLUMINAZIONE INTERNO/ESTERNO.....	50
1.1.3. ALBERATURE	51
1.1.4. IMPIANTO CONDIZIONAMENTO INVERNALE-ESTIVO	52

1.1.5.	SIMULAZIONE CON CODICI INFORMATICI DELLO STATO DELL'ARTE DEL PROGETTO	53
1.1.5.1.	RISULTATI DELLA SIMULAZIONE DELLO STATO DELL'ARTE DEL PROGETTO CON CODICI INFORMATICI	53
1.1.6.	CRITICITÀ RILEVATE	57
1.2.	STUDIO DI PROGETTO	58
1.2.1.	PECULIARITÀ DELL'INTERVENTO DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO PROPOSTO	59
1.2.2.	SOLUZIONI IPOTIZZATE	60
1.2.2.1.	CORPO 1: SOLUZIONE TIPO A	60
1.2.2.2.	CORPO 2: SOLUZIONE TIPO B	60
1.2.2.3.	CORPO 3: SOLUZIONE TIPO C	61
1.2.2.4.	CORPO 4: MODULO CONNETTORE	62
1.2.3.	IMPIANTI	63
1.2.3.1.	FONTE ENERGETICHE ELETTRICHE E TERMICHE PROPOSTE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE RINNOVABILE	63
1.2.3.2.	CONDIZIONAMENTO INVERNALE/ESTIVO	63
1.2.3.3.	IMPIANTO ELETTRICO: ILLUMINAZIONE	63
1.2.3.4.	IMPIANTO ELETTRICO: ALIMENTAZIONE APPARECCHI	63
1.2.3.5.	SOLUZIONI E CRITERI BIOCLIMATICI	64
1.2.3.6.	BEMS – BUILDING ENERGY MANAGEMENT SYSTEM	64
1.2.4.	GESTIONE E RICICLO DEI RIFIUTI	65
1.2.5.	GESTIONE E RICICLO DELLE ACQUE	65
1.2.6.	RIORGANIZZAZIONE DEGLI SPAZI ESTERNI	65
2.	CONCLUSIONI	66
3.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	67
4.	RIFERIMENTI SITOGRAFICI	67
5.	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI	68
	CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO	69

Sommario

L'Accordo di Programma stipulato tra Ministero dello Sviluppo Economico ed ENEA per lo svolgimento delle attività di ricerca indicate nel Piano Triennale 2012-2014 della Ricerca e Sviluppo di Interesse Generale per il Sistema Elettrico Nazionale, è un'opportunità per la programmazione mirata di efficientamento energetico richiesto da più del 75% dell'intero patrimonio nazionale rappresentato dagli edifici scolastici.

L'analisi emersa dall'elaborazione dei dati da parte dell'Università Roma La Sapienza, per gli edifici appartenenti al patrimonio immobiliare della Provincia di Roma, evidenzia e conferma che essi rappresentano una grande fonte potenziale di risparmio energetico ottenibile dall'efficientamento del sistema edificio-impianto, ovvero di energia non prodotta dalle centrali in virtù del risparmio energetico derivato dall'efficacia degli interventi di ristrutturazione.

Naturalmente, ciò è consequenziale al fatto che la quasi totalità degli edifici risale al periodo antecedente il recepimento della Legge 10/91 sul risparmio energetico e quindi non adeguati alla vigente normativa europea che richiede per tutti gli edifici l'appartenenza alla classe energetica di tipo A entro il 2020.

Un piccolo nucleo di edifici scolastici con classe energetica più apprezzabile, sono chiaramente quelli antecedenti agli anni cinquanta, perché realizzati interamente in muratura portante. Tali edifici però, presentano evidenti problematiche e dilatazioni dei tempi di intervento anche per la sola sostituzione di infissi ad alte prestazioni isolanti nonché per il rinnovo degli impianti termici ed elettrici, in virtù del fatto che sono quasi tutti sottoposti a vincolo architettonico da parte della Sovrintendenza alle Belle Arti

Per questa serie di motivazioni il caso studio descritto nell'Accordo di Programma si propone di assumere carattere esemplificativo ad elevata potenzialità di replicabilità dell'intervento proposto, poiché configurato come criterio di riferimento, applicabile alla quasi totalità degli edifici scolastici appartenenti al patrimonio nazionale, le cui caratteristiche relative alla tipologia edilizia e perciò anche le carenze a livello architettonico ed energetico risultano simili tra loro; tali interventi, oltre a fornire soluzioni alle esigenze di ottimizzazione gestionale degli edifici, rispondono anche ai doveri di recepimento della vigente normativa europea e nazionale.

L'edificio proposto per il progetto pilota, appartenente al patrimonio immobiliare della Provincia di Roma, è stato individuato nell'ambito della tipologia edilizia più energivora, con carenza di progettazione bioclimatica sostenibile e quindi con le più rilevanti potenzialità in termini di risparmio energetico.

Introduzione

In Italia il 75% degli edifici scolastici è stato realizzato prima del 1980 e gran parte di tali edifici non sono stati progettati per ospitare scuole ma adattati in seguito alle esigenze.

La quasi totalità di questi edifici risale perciò al periodo antecedente il recepimento della Legge 10/91 sul risparmio energetico e quasi tutti gli edifici scolastici ad oggi realizzati, appartengono alla classe energetica di riferimento di tipo G, non essendo infatti adeguati alla vigente normativa europea che richiede per tutti gli edifici l'appartenenza alla classe energetica di tipo A entro il 2020.

Gli edifici scolastici presenti sul territorio italiano occupano un superficie di 64 milioni di metri quadrati, il cui costo energetico al 2012 era di 12,5 miliardi euro, circa 200 euro/mq di bolletta.

Il presente allegato tecnico si riferisce al Piano Annuale di Realizzazione 2012, per quanto attiene all'Area "Realizzazione e risparmio nell'uso dell'Energia Elettrica"; nello specifico, si riferisce all'obiettivo "b. Modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica per le Pubbliche Amministrazioni" del Progetto C.2 "Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico".

I temi sviluppati nell'ambito del presente accordo di collaborazione tra ENEA e CITERA (Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Architettura) dell'Università Roma La Sapienza di Roma Sapienza, riguardano una analisi energetica dell'intero patrimonio edilizio scolastico del Comune di Roma e la realizzazione di un intervento dimostrativo di riqualificazione energetica in un edificio pubblico con destinazione d'uso scolastico.

1. Efficientamento energetico di edifici scolastici in base ai vigenti standard di sostenibilità

1.1. Analisi del patrimonio edilizio scolastico a livello nazionale

1.1.1. Periodo di costruzione

Al 2012 gli edifici scolastici censiti in Italia sono 36220 unità, di cui 33078 che in valori percentuali rappresentano il 91,3%, sono utilizzati esclusivamente per l'attività scolastica ed il restante 8,7% è utilizzato per attività di tipo non scolastico.

Solamente il 4% di tali edifici è stato realizzato negli anni antecedenti il 1900 (*tab.1*), mentre nel ventennio compreso tra il 1960 ed il 1980 è stato realizzato il 44% degli edifici scolastici¹.

Dal 1993 al 2000 il flusso medio di edifici di nuova realizzazione è di 2.068 fabbricati, ovvero il 4% degli edifici scolastici esistenti².

Edifici scolastici					
Periodo di costruzione	Ante 1900	1900-1945	1946-1960	1961-1980	Dopo 1980
Valore numerico	1517	4120	5643	15872	9067
Valore percentuale	4%	11%	16%	44%	25%

Tab. 1. Anagrafe edifici scolastici sul territorio nazionale.
(Elaborazione Università Roma La Sapienza – ENEA su dati pubblicati dal MIUR)

Ad oggi, nella realtà scolastica italiana sono presenti ancora notevoli condizioni di disagio a livello di fruizione di spazi, dovute all'inadeguatezza degli stessi ad ospitare la didattica per la popolazione scolastica (*tab2*), proprio perché originariamente progettati per ospitare differenti destinazioni d'uso.

Il 2,90% delle scuole trova collocazione in edifici progettati per uso abitativo, dei quali il 2,88% in locazione. Gli ultimi dati censiti³, confermano la Sicilia con il 20% di cui l'8,24% in locazione, come regione italiana col maggior numero di scuole, indotta a tali modalità improprie di sistemazione in luoghi privi dei requisiti di base per lo svolgimento delle normali attività didattiche.

Edifici ospitanti scuole	
Scuole	90,91%
Edifici storici	5,23%
Abitazioni	2,90%
Caserme	0,20%
Altre destinazioni d'uso	0,76%

Tabella 2. Edifici ospitanti scuole ma originariamente progettati con differente destinazione d'uso
Fonte: XIII Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi

¹ Dati aggiornati al maggio 2012 dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

² Fonte: Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto; Rapporto di studio ENEA

³ Ibidem

Questa condizione, oltre ai disagi procurati dall'inappropriata destinazione d'uso, comporta notevoli rischi a livello della sicurezza,

A riprova di ciò, basti citare uno dei tanti rischi presenti: le scale interne ad un edificio progettato per civile abitazione, rispetto alla progettazione per gli edifici pubblici, supportano carichi strutturali in misura molto ridotta. Il rischio è evidente, se le consideriamo percorse contemporaneamente dal carico generato da un gruppo di duecento studenti, durante l'orario di uscita.

Le Scuole Secondarie di Secondo Livello, in base all'elaborazione e diffusione dei risultati⁴ su dati ISTAT, ottenuti dalle rilevazioni effettuate sull'intero territorio nazionale e aggiornati alla chiusura dell'anno scolastico 2011 (tab3), il 75% della gestione scolastica è di tipo pubblica – statale, il 2% è di tipo pubblica non statale, mentre il restante 23% è a gestione privata.

Gestione della Scuola	Pubblica	Pubblica		Privata	Totale
		Statale	Non statale pubblica		
Territorio					
Italia	5321	5173	148	1555	6876
Nord-ovest	1096	1075	21	391	1487
Nord-est	879	774	105	212	1091
Centro	999	998	1	269	1268
Sud	1599	1596	3	450	2049
Isole	748	730	18	233	981

Tab. 3. Scuole secondarie di II° livello su scala nazionale.
(Elaborazione Università Roma La Sapienza – ENEA su dati ISTAT aggiornati alla chiusura dell'anno scolastico 2011)

Il 69% del parco immobiliare scolastico è stato realizzato con tecnologia costruttiva mista utilizzando cemento armato per la struttura intelaiata, mentre per il tamponamento nel 67% dei casi si è utilizzata muratura e soltanto il 2% utilizzando pannelli prefabbricati. Il 15% è stato realizzato in muratura portante con pietra o mattoni. La muratura portante in laterizio è stata utilizzata nel 14% degli edifici⁵.

Tra gli edifici scolastici presenti sull'intero territorio nazionale, solo lo 0,47% è stato realizzato secondo i parametri costruttivi della bioedilizia⁶ e il 35,79% necessita a tutt'oggi di urgenti misure per la manutenzione straordinaria, mentre il 17,62% non dispone di alcun impianto elettrico a norma.

1.1.2. Impianti installati

L'analisi dei dati a livello nazionale relativi all'anno 2011⁷, rivela che soltanto il 12,40% (graf.1) degli edifici scolastici produce energia elettrica e/o termica da fonte rinnovabile, nonostante l'opportunità di detrazione fiscale, possibile dal 2007 per l'installazione di tali tecnologie nel patrimonio scolastico esistente e dal 2005 la possibilità anche di incentivi statali.

La quasi totalità degli edifici scolastici utilizza la tipologia di riscaldamento tradizionale con i classici radiatori in ghisa, basati sul principio di riscaldamento a convezione con caldaie a gas utilizzate dal 73,2%

⁴ Fonte: elaborazione dati CRESME su dati ISTAT 2001 e MIUR 2008

⁵ Fonte: Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto; Rapporto di studio ENEA

⁶ Fonte: XIII Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi

⁷ Ibidem

degli edifici scolastici e caldaie a gasolio utilizzate nel 24,0% degli edifici. L'utilizzo di unità di trattamento dell'aria è stato riscontrato solo nel 2,5% dei casi, mentre gli impianti di riscaldamento che funzionano solo con l'elettricità o biomassa o carbone (*graf.1*) rappresentano ciascuna il valore percentuale pari all'1%, totalizzando così solo il 3% a livello nazionale.

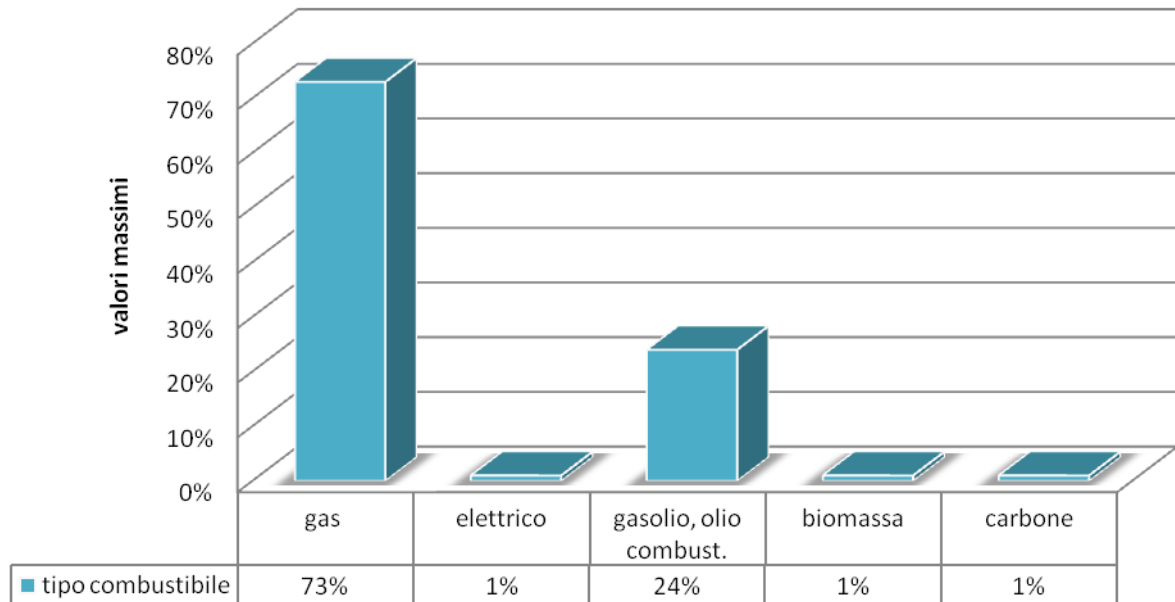


Grafico 1. Percentuali delle tipologie di impianto utilizzate negli edifici scolastici
(Elaborazione Università Roma La Sapienza – ENEA su dati desunti da Legambiente aggiornati all'anno 2011)

Le fonti di illuminazione a basso consumo nell'anno 2011, in uso nel parco immobiliare nazionale (*graf.2*), con un valore percentuale del 60,58%, hanno avuto una riduzione di utilizzo del 5% rispetto all'anno 2010⁸. Il dato percentuale 12,40%, è relativo al totale delle tecnologie per la produzione di energia termica ed elettrica da fonte rinnovabile installate negli edifici del parco immobiliare nazionale. Relativamente all'anno 2011, non è stato installato alcun impianto la produzione di energia termica ed elettrica da fonte rinnovabile nei Comuni capoluogo delle regioni Basilicata e Molise. Il Veneto rappresenta il dato nazionale più alto, con il 28% degli edifici scolastici che producono energia da FER⁹

⁸ Fonte: XIII Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi

⁹ FER: Fonti Energetiche Rinnovabili

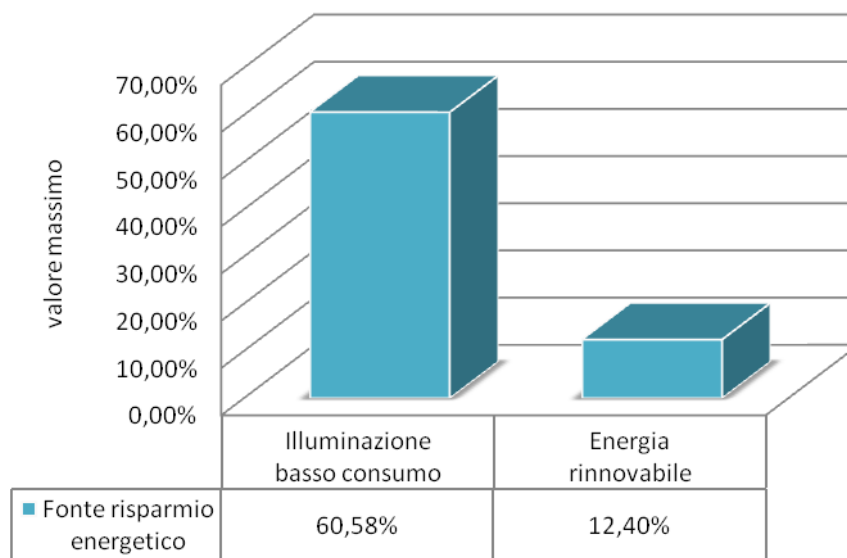


Grafico 2. Valori percentuali su scala nazionale del risparmio ed efficienza energetica degli edifici scolastici (Elaborazione Università Roma La Sapienza – ENEA su dati desunti da Legambiente aggiornati all’anno 2011)

1.2. Analisi patrimonio edilizio scolastico della Regione Lazio

In base all’elaborazione e diffusione dei risultati concernenti la rilevazione sulle scuole secondarie di secondo grado¹⁰, effettuate dall’ISTAT e dal Ministero dell’Istruzione, dell’Università Roma La Sapienza e della Ricerca, nella Regione Lazio vi sono 647 scuole, di cui 440 scuole pubbliche statali e 187 scuole private. Gli studenti iscritti in tali scuole, alla chiusura dell’anno scolastico 2011 sono 248.390, di cui 232.978 nelle scuole pubbliche statali e 16.412 nelle scuole private (tab. 4).

	Tipologia di gestione		
	Pubblica statale	Privata	Totale
Numero scuole	440	187	647
Numero studenti	232978	16412	248390

Tab. 4. Tipologia di gestione delle scuole secondarie di II° livello nella regione Lazio (Elaborazione Università Roma La Sapienza – ENEA su dati ISTAT aggiornati alla chiusura dell’anno scolastico 2011)

Considerando la media di studenti frequentanti per il numero di scuole disponibili, il risultato è smisurato, ovvero 530 studenti/scuole per la gestione pubblica a fronte di soli 88 studenti/scuole per la gestione privata. Questi dati ovviamente, sono influenzati da vari fattori che ne determinano il risultato, primo fra i quali la volumetria e la superficie a disposizione per ciascuna scuola.

Le scuole secondarie di secondo grado con gestione di tipo pubblica - statale sono disponibili 460 punti di erogazione del servizio, la cui superficie totale lorda è pari a 1.700.186 mq¹¹.

¹⁰ Dati aggiornati al maggio 2012 dal Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca

¹¹ Fonte: elaborazione dati CRESME su dati ISTAT 2001 e MIUR 2008

1.3. Analisi patrimonio edilizio scolastico della Provincia di Roma

1.3.1. Metodologia di indagine

Per ottenere un quadro dettagliato della situazione, relativamente all'identificazione del plesso scolastico su cui incentrare l'intervento del caso studio, sono state eseguite attente valutazioni circa la tipologia edilizia di riferimento da proporre.

Infatti, per realizzare un intervento significativo nell'ottica della sostenibilità ambientale ed economica per conseguire l'ottimizzazione del rapporto costi/benefici, l'analisi compiuta è perciò finalizzata all'ottenimento della caratterizzazione del patrimonio scolastico immobiliare scolastico della Provincia di Roma, in base alla definizione dei componenti edilizi utilizzati con maggiore frequenza.

Utilizzando la documentazione cartacea relativa alle Scuole Secondarie di II° livello della Provincia di Roma, ed utilizzando dati reperibili anche presso gli istituti stessi da cui derivare dati utili alla ricerca, si è proceduto all'analisi di inventario, sulla base alla classificazione della tipologia di Istituti, adottata dal Ministero dell'Istruzione.

Lo screening dettagliato è stato eseguito circoscrivendo come definitivo ogni campo tematico, in base alla completezza di indicazioni disponibili.

Gli elementi oggetto di classificazione sono relativi a:

- ✓ Tipologia e denominazione della scuola
- ✓ Indirizzo
- ✓ Anno di costruzione
- ✓ Superficie occupata dall'edificio
- ✓ Classe energetica di riferimento
- ✓ Tecnologia costruttiva e materiali
- ✓ Tipologia di schermatura
- ✓ Caratteristiche edilizie di contiguità

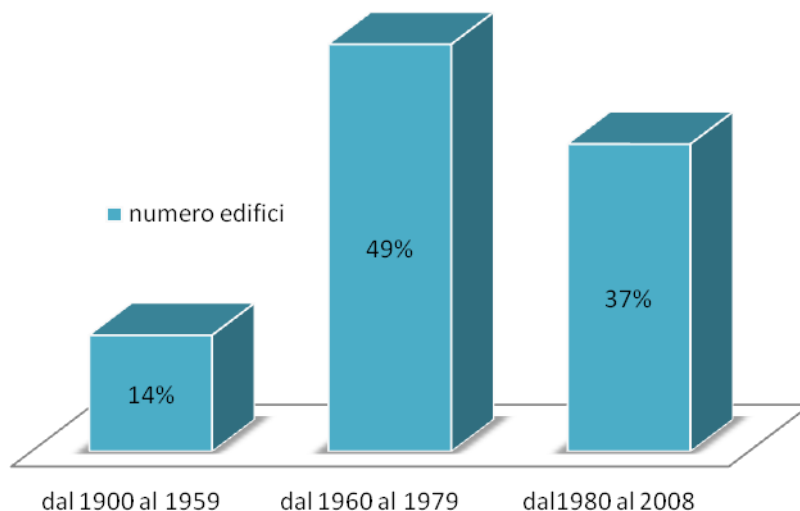
1.3.2. Tipologie di scuole

La tipologia di Scuole Secondarie di II° livello distribuite nel parco immobiliare del territorio della Provincia di Roma include:

Liceo Ginnasio, Liceo Classico, Liceo Scientifico, Liceo Artistico, Liceo Linguistico, Istituto Tecnico Commerciale, Istituto Tecnico Geometri, Istituto Tecnico Alberghiero, Istituto Tecnico Turismo, Istituto Professionale Cine Tv, Istituto Professionale per i Servizi Sociali, Istituto Superiore Alberghiero, Istituto Magistrale, Istituto Statale Sordomuti, Scuola Musica.

1.3.3. Periodo di costruzione

Lo screening dettagliato è stato eseguito su 396 edifici adibiti a Scuole Secondarie di II° livello presenti su un totale di 38 città appartenenti al territorio della Provincia di Roma (graf.3).



**Grafico 3. Edifici realizzati sul territorio della Provincia di Roma
(Elaborazione su dati elaborati da Università Roma La Sapienza – ENEA)**

Nella Provincia di Roma gli edifici adibiti a Scuole Secondarie di II grado o con cambio di destinazione d’uso a Scuole Secondarie di II° livello, il cui anno di realizzazione risale dai primi anni del 1900 al 1959 sono il 56% unità, di cui il 44% sono presenti nella città di Roma.

In base ai dati visionati¹² gli edifici realizzati dal 1960 al 1979 nella Provincia di Roma sono il 61%, di cui il 39% ubicati nella città di Roma.

Gli edifici realizzati dal 1976, anno di promulgazione della prima legge sulla regolamentazione energetica degli impianti, all’anno 2008 in riferimento all’ultimo edificio realizzato, sono il 71%, di cui il 29% sono ubicati nella città di Roma (graf.4).

¹² Nota: sono stati considerati solo i dati degli edifici di riferimento contenenti completezza accertata dei dati utili

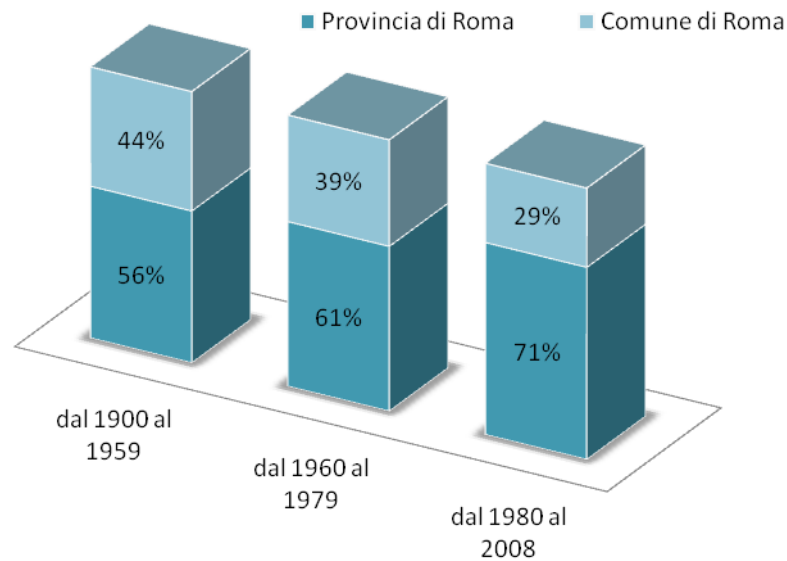


Grafico 4. Confronto edifici realizzati sul territorio della Provincia e del Comune di Roma (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

1.3.4. Tecnologia costruttiva e materiali

Su un totale di 359 edifici ad uso scolastico di II° grado, ad oggi nella Provincia di Roma sono stati realizzati il 27% dell'intero patrimonio edilizio per l'istruzione secondaria superiore, (tab.5) è realizzato in muratura portante costituita da blocchi di pietra cementati con malte.

Numero edifici (totale 359)	Tecnologia costruttiva		
	Struttura portante	Tamponamento	Valori percentuali
15	Acciaio	Pannelli prefabbricati	4%
21	Cemento armato	Pannelli prefabbricati	6%
227	Cemento armato	Muratura	63%
98	Muratura	Muratura	27%

Tab. 5. Tecnologie costruttive e materiali degli edifici scolastici II° livello Provincia di Roma (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

Tale tecnologia costruttiva, è stata utilizzata principalmente per l'edificazione di edifici risalenti al primo ventennio del novecento, ovvero prima dell'introduzione del cemento armato in Italia come principale materiale strutturale, sino agli ultimi anni '60.

Questa tipologia di pareti, avendo importanti spessori, anche 90 cm rispetto ai 30 cm delle pareti realizzate con pannelli prefabbricati, hanno una elevata massa termica e perciò ottimi livelli di isolamento interno, non presentano necessità di interventi migliorativi.

Gli edifici con tamponamenti in pannelli prefabbricati, soprattutto quelli edificati prima del recepimento della Legge 10/91 sul risparmio energetico, sono spesso realizzati con involucri scadenti e senza strato isolante.

La tecnologia costruttiva e i materiali maggiormente riscontrati nell'analisi degli edifici, è la struttura portante in cemento armato con tamponature delle pareti in muratura, presente nel 63% degli edifici oggetto di analisi e realizzati dal 1950 al 2000.

1.3.5. Classe energetica di riferimento e caratterizzazione in relazione alla tecnologia costruttiva adottata

Su 359 edifici ospitanti le Scuole Secondarie di II grado della Provincia di Roma, il 64% del patrimonio immobiliare riguarda edifici di classe energetica di tipo G, la maggioranza dei quali è stato realizzato con struttura portante in cemento armato e tamponature in pannelli prefabbricati, con epoca di edificazione risalente soprattutto al ventennio '60-'80, nel periodo cioè antecedente il recepimento della Legge 10/91 sul risparmio energetico.

Classe energetica	Valore percentuale
D	1%
E	6%
F	29%
G	64%

Tab. 6. Classe energetica di riferimento dei 359 edifici scolastici II° livello Provincia di Roma (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

Gli edifici con classe energetica di tipo D, E ed F sono realizzati soprattutto in muratura portante di grande spessore e quindi con importanti coefficienti di isolamento termico, la maggioranza dei quali realizzati nel primo cinquantennio del novecento (tab.6).

1.3.5.1. Edifici in classe energetica di riferimento tipo D

Numero edifici Totale 4	Tecnologia costruttiva		
	Struttura portante	Tamponamento	Valore percentuale
0	Acciaio	Pannelli prefabbricati	0%
0	Cemento armato	Pannelli prefabbricati	0%
2	Cemento armato	Muratura	50%
2	Muratura	Muratura	50%

Tab. 7. Tecnologia costruttiva adottata per gli edifici scolastici II° livello Provincia di Roma in classe energetica di riferimento tipo D (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

Su un parco immobiliare di 359 edifici, soltanto quattro hanno la certificazione energetica in classe D. Due edifici in classe D sono localizzati a Roma: il Liceo Ginnasio Eugenio Montale realizzato nell'anno 1943 e la palestra realizzata nell'anno 1968, entrambi interamente con struttura e tamponamento in muratura. Gli altri due edifici sono localizzati a Monterotondo: Liceo Scientifico Statale Giuseppe Peano realizzato nell'anno 1981 ed il Liceo Classico – Linguistico Catullo realizzato ante 1968, entrambi con struttura portante in cemento armato e tamponamento in muratura (tab.7).

1.3.5.2. Edifici in classe energetica di riferimento tipo E

Numero edifici Totale 23	Tecnologia costruttiva		
	Struttura portante	Tamponamento	Valore percentuale
0	Acciaio	Pannelli prefabbricati	0%
1	Cemento armato	Pannelli prefabbricati	4%
16	Cemento armato	Muratura	70%
6	Muratura	Muratura	26%

Tab. 8. Tecnologia costruttiva adottata per gli edifici scolastici II° livello Provincia di Roma in classe energetica di riferimento tipo E (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

Dei 23 edifici in classe energetica di tipo E, 17 sono stati realizzati con struttura portante in cemento armato e sono stati edificati nel periodo compreso tra gli anni 1967 e 1990, cinque dei quali sono spazi adibiti a palestra (tab.8).

1.3.5.3. Edifici in classe energetica di riferimento tipo F

Numero edifici Totale 104	Tecnologia costruttiva		
	Struttura portante	Tamponamento	Valore percentuale
3	Acciaio	Pannelli prefabbricati	3%
0	Cemento armato	Pannelli prefabbricati	0%
65	Cemento armato	Muratura	62%
36	Muratura	Muratura	35%

Tab. 9. Tecnologia costruttiva adottata per gli edifici scolastici II° livello Provincia di Roma in classe energetica di riferimento tipo F (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

36 tra gli edifici classificati in classe energetica tipo F, sono stati realizzati primi anni del 1900 al 1970 con muratura portante. Generalmente gli edifici realizzati con tale tecnologia costruttiva, hanno ottime capacità

di isolamento termico con l'esterno soprattutto perché gli spessori delle pareti perimetrali hanno dimensioni piuttosto consistenti, talvolta raggiungono anche i 90 centimetri. In questo caso la classe energetica è di tipo F in quanto, da un'analisi della tipologia dei serramenti installati, emerge che eccetto tre isolati casi di schermatura con persiane, tutti gli edifici hanno vetri non schermati (tab.9).

1.3.5.4. Edifici in classe energetica di riferimento tipo G

Numero edifici Totale 228	Tecnologia costruttiva		
	Struttura portante	Tamponamento	Valori percentuali
9	Acciaio	Pannelli prefabbricati	5%
20	Cemento armato	Pannelli prefabbricati	9%
143	Cemento armato	Muratura	63%
54	Muratura	Muratura	23%

Tab. 10. Tecnologia costruttiva adottata per gli edifici scolastici II° livello Provincia di Roma in classe energetica di riferimento tipo G (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

Gli edifici scolastici classificati in classe di tipo G sono il gruppo più numeroso: 228. La tecnologia costruttiva con il cemento armato a livello strutturale ha valore percentuale maggiore: 72%. La casistica relativa al periodo di realizzazione di tali edifici è piuttosto ampia: dal 1911 ai primi anni novanta.

1.3.6. Livelli

Il 26% degli edifici scolastici si sviluppa 1 livello fuori terra, il 28% degli edifici si sviluppa 2 livelli fuori terra. Solo un edificio si sviluppa su 7 livelli e solo uno su 8 livelli (grafico 5), entrambi ubicati nella città di Roma, nei quali oltre alle attività scolastiche, sono concentrati anche spazi per biblioteche, palestre ed uffici amministrativi.

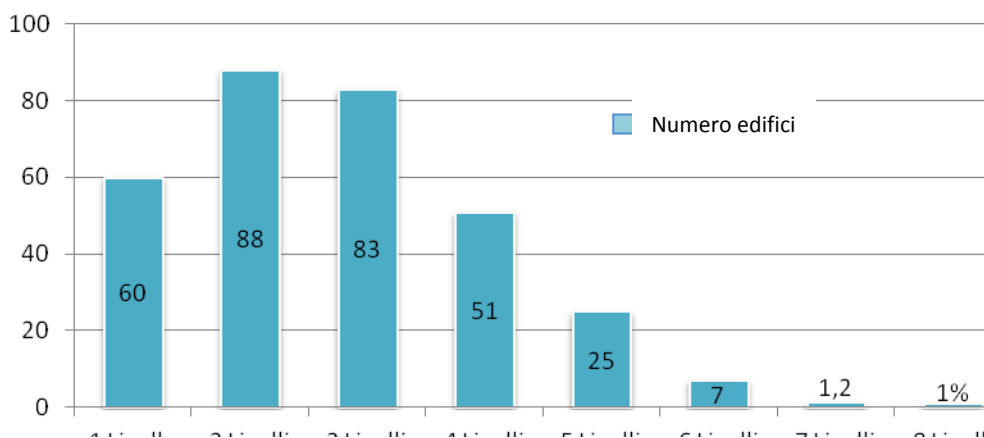


Grafico 5. Livelli degli edifici scolastici per l'istruzione superiore di II° livello realizzati sul territorio della Provincia di Roma (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

1.3.7. Distribuzione percentuale sul parco immobiliare delle tipologie di schermatura dell'involucro trasparente

Su un campione di 351 edifici non sono stati riscontrati alcun genere di aggetti esterni fissi e/o mobili come schermante, mentre l'unico edificio ad uso scolastico di proprietà della Provincia di Roma con involucro trasparente dotato di brise-soleil, non è un'aula scolastica bensì una palestra dell'Istituto Tecnico Enrico Fermi di Velletri. Il 48% di suddetti edifici non possiede alcun tipo di schermatura e solo il 4% è dotato di schermi esterni con persiane (tab.11).

Tipologia di schermatura	Numero edifici
Assente	169
Tendaggi Interni	15
Tendaggi Esterni	4
Serrande Avvolgibili	150
Persiane	12

Tab. 11. Tipologie di schermature adottate per gli edifici scolastici II° livello Provincia di Roma (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

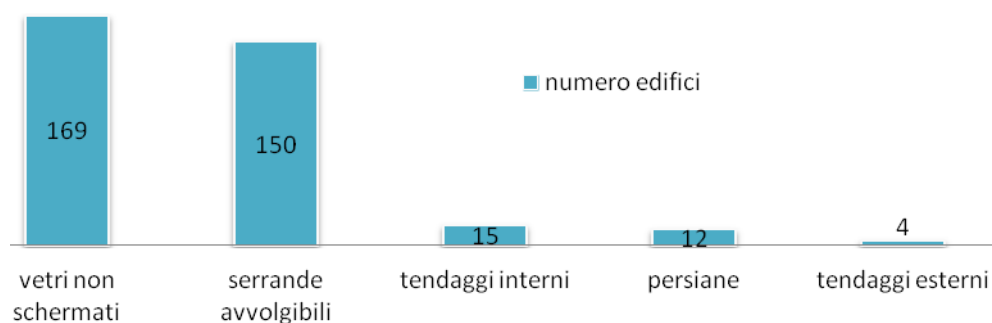


Grafico 6. Valori percentuali tipologie di schermature adottate per gli edifici (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

Poco utilizzati sono gli schermi interni, come i tendaggi, i quali rappresentano appena il 4%, e sono soprattutto presenti negli edifici la cui realizzazione risale a periodi antecedenti gli anni '60 mentre i tendaggi esterni raggiungono appena l'1% e sono tutti installati in edifici risalenti ai primi anni '80. Le serrande avvolgibili in plastica sono state installate nel 43% degli edifici la cui realizzazione risale agli anni '50 (graf.6).

DENOMINAZIONE	INDIRIZZO	A.REALIZZ.	AREA	TECNOLOGIA	SCHERMATURA	CARATTERIST.
Bracciano	Istituto Tecnico Comm. attiv. scolast. e ass.	1970	2000	strutt. portante cemento armato	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Ostia	attiv. scolast. e assimilab.	no	1985	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	edif. 3 liv.
Roma	Liceo Scientifico attiv. scolast. e assimilab.	no	1938	str. port. c.a.	persiane	edif. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1927	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 4 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1950 ca.	1910	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1967	1909	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
Roma	Istituto Tec.Industr. e ass.	no	1896	str. port. c.a.	vetri non schermati	edif. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1858	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	edif. isol. 4 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1855	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 4 liv.
Colleferro	attiv. scolast. e assimilab.	1994	1855	str. port. c.a, tamp. murat.	serrande avvolgibili	edif. non isol. 2 liv.
Anzio	Liceo Scientifico	no	1854	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	edif. 1 liv.
Roma	Liceo Scientifico attiv. scolast. e assimilab.	no	1821	str. muratura	vetri non schermati	edif. 3 liv.
Anzio	L. Scientifico	no	1771	Muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 1 liv.
Civitavecchia	attiv. scolast. e assimilab.	1980	1713	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1705	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1705	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 2 liv.
Cave	attiv. scolast. e assimilab.	2000	1691	str. port. c.a, tamp. murat.	tendaggi interni	edif. isol. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1936 ca.	1680	Struttura in muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Mentana	attiv. scolast. e assimilab.	1980 ca.	1680	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1667	str. port. c.a, tamp. murat.	no	edif. isol. 4 liv.
Civitavecchia	attiv. scolast. e assimilab.	no	1643	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Colleferro	attiv. scolast. e assimilab.	post 1967	1615	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Roma	attiv. scol. e assim.	no	1603	str. port., tamp. c.a.	serrande avvolgibili	edif. non isol. 4 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1967	1587	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
Colleferro	palestra	post 1968	1582	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1581	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 4 liv.
Roma	I.T.A.S.	no	1578	strutt. muratura portante	persiane	no
Roma	attiv. scol. e assim.	1980 ca.	1577	str. port. c.a, tamp. muratura	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
Roma	attiv. scol. e assim.	no	1577	strutt. muratura portante	no	no

Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1980 ca	1572	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. non isol. 4 liv.
Civitavecchia	palestra	no	1566	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Roma	palestra	1980 ca.	1548	str. port. c.a, tamp. muratura	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Roma	L.Classico	no	1531	str. port. c.armato	no	edif. 2 liv.
Frascati	attiv. scolast. e assimilab.	1969	1527	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1980 ca.	1527	muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 5 liv.
Roma	Istituto Tec.Industr. e ass.	no	1510	str. port. c.a.	no	no
Tivoli	attiv. scolast. e assimilab.	no	1509	strutt. muratura portante	persiane	edif. isol. 4 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca	1478	str. port. c.a, tamp. murat.	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
Guidonia M.	attiv. scol. e assim.	1970 ca.	1473	str. port. c.a, tamp. muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Roma	Istituto Tec.Industr. e ass.	no	1470	str. port. c.a.	no	no
Bracciano	attiv. scolast. e assimilab.	no	1463	muratura portante	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Roma	Istituto Tec.Industr. e ass.	no	1450	str. port. c.a.	no	no
Fiumicino	attiv. scolast. e assimilab.	ante 1967	1426	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Ciampino	Istituto Tec.CommercialeG	no	1420	strutt. muratura portante	vetri non schermati	no
Roma	IPSSAR Alberg. e ass.	no	1410	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	edif. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1395	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
Ciampino	I.Professionale	no	1392	str. port. c.armato	serrande avvolgibili	edif. 2 liv.
Ladispoli	attiv. scolast. e assimilab.	1999	1349	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 6 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1302	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1300	str. port. c.a, tamp. murat.	no	no
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1920	1295	muratura portante	persiane	edif. isol. 2 liv.
Roma	IP P.	no	1295	Muratura portante	serrande avvolgibili	edif. 2 liv.
Tivoli	attiv. scolast. e assimilab.	no	1279	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1971 ca.	1261	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Bracciano	Ist. Tecn. Comm. attiv. scolast. e assimilab.	1990	1242	strutt. portante cemento armato	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Ariccia	Istituto Tec.Industr.	no	1237	strutt. muratura portante	vetri non schermati	edif. isol. 5 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1960 ca.	1234	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
Roma	Liceo Artistico	no	1225	str. port. c.armato	serrande avvolgibili	edif. 2 liv.
Fiumicino	attiv. scolast. e assimilab.	1967	1203	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Tivoli	attiv. scol. e assim.	no	1202	str. port. c.a, tamp. pann. pref.	no	edif. isol. 1 liv.

ACCORDO DI PROGRAMMA MSE-ENEA

Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1980 ca.	1193	muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 4 liv.
Roma	palestra	no	1182	str. port. c.a, tamp. muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Fiumicino	attiv. scolast. e assimilab.	1967	1178	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Roma	palestra	1990 ca.	1178	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 1 liv.
Colleferro	palestra	post 1967	1127	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
Santa Marinella	attiv. scolast. e assimilab.	no	1085	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Tivoli	attiv. scol. e assim.	post 1950	1053	str. port. c.a, tamp. muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Roma	IPSSAR alberghiero	no	1049	strutt. muratura portante	persiane	edif. 2 liv.
Roma	palestra	post 1967	1031	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Colleferro	attiv. scolast. e assimilab.	post 1968	1025	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 1 liv.
Palombara S.	palestra	1978	1023	str. port. c.a, tamp. muratura	no	edif. isol. 2 liv.
Roma	palestra	1970 ca.	997	str. port. e tamp prefabb c.a.	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Colleferro	palestra	post 1967	976	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Roma	Istituto Tec.Commerciale	no	971	strutt. muratura portante	no	no
Albano	Istituto Prof. Stato Serv.Commerciali	no	965	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	no
Roma	Istituto Tec.Industr. e ass.	no	959	str. port. c.a.	no	no
Tivoli	attiv. scolast. e assimilab.	1960	941	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
Fiumicino	palestra	no	931	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Frascati	attiv. scolast. e assimilab.	2000	921	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1920	902	muratura portante	no	edif. Isolato
Roma	Istituto Tec.Industr.	no	888	strutt. muratura portante	no	no
Cerveteri	attiv. scolast. e assimilab.	1980 ca.	884	str. port. c.a., tamp muratura	tendaggi esterni	edif. isol. 4 liv.
Guidonia	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca.	884	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Fiumicino	attiv. scolast. e assimilab.	no	873	str. port. c.a, tamp. murat.	no	edif. isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	868	str. port. c.a, tamp. murat.	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Roma	Istituto Tec.Commerciale e ass.	no	860	str. port. c.a.	no	no
Monterotondo	attiv. scolast. e assimilab.	1940	851	Muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 4 liv.
Anzio	IPSSAR III Alberghiero	no	842	str. port. c.armato	serrande avvolgibili	edif. 1 liv.
Guidonia	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca.	837	Struttura portante mista	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Tivoli	palestra	no	826	Str. acciaio e tamp. pannelli pref.	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Genzano	IPSIA	no	802	str. port. c.armato	vetri non schermati	edif. 3 liv.
Ladispoli	attiv. scolast. e assimilab.	no	789	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 4 liv.

Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	782	strutt. muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	2000 ca.	773	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Tivoli	attiv. scolast. e assimilab.	1940	773	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 6 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	772	str. port. c.armato	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
Fiumicino	attiv. scolast. e assimilab.	post 1967	771	str. port. c.a., tamp muratura	no	no
Roma	Istituto Tec.Commerciale e ass.	no	765	str. port. c.a.	serrande avvolgibili	edif. 1 liv.
Gennazano	attiv. scolast. e assimilab.	post 1977	760	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Genzano	L. Scientifico	no	759	str. port. c.armato	vetri non schermati	no
Anzio	Istituto Prof. Stato Serv.Commerciali	no	750	str. port. c.armato	vetri non schermati	edif. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1971 ca.	744	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca	736	str. port. c.a., tamp. prefabb.	serrande avvolgibili	edif. isol. 3 liv.
Roma	attiv. scol. e assim.	ante 1967	724	str. port. c.a, tamp. muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol.
Rignano Fl.	attiv. scolast. e assimilab.	post 1950	698	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 3 liv.
Roma	attiv. scol. e assim.	ante '60	697	strutt. muratura portante	no	no
Civitavecchia	palestra	no	691	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
Genzano	L.Scientifico	no	682	strutt. muratura portante	no	no
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1980 ca	682	str. port. c.a., tamp. pannelli pref.	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Guidonia M.	palestra	1971 ca.	678	str. port. acc, tamp. pann. pref.	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1980	655	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. Isol 2 liv.
Roma	palestra	no	651	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	post 1967	647	muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 5 liv.
Zagarolo	attiv. scolast. e assimilab.	no	631	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Monterotondo	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca.	627	str. port. c.armato	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Monterotondo	attiv. scolast. e assimilab.	1981 ca.	620	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Olevano R	attiv. scol. e assim.	1982	609	str. port. c.a, tamp. muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca.	606	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	ante 1968	595	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Santa Marinella	attiv. scolast. e assimilab.	no	589	str. port. c.a., tamp pannelli	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	582	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
Roma	palestra	no	564	str. port. c.a, tamp. muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 1 liv.
Colleferro	attiv. scolast. e assimilab.	post 1967	559	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.

ACCORDO DI PROGRAMMA MSE-ENEA

Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	545	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Tivoli	palestra	no	543	str. port. c.a, tamp. pann. pref.	no	edif. isol. 1 liv.
Roma	palestra	no	512	str. port., tamp. c.a.	vetri non schermati	edif. non isol. 1 liv.
Roma	palestra	ante 1967	509	strutt. muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.

Tabella 12. Analisi edifici: scuole medie superiori della Provincia di Roma

1.4. Analisi edifici scuola media superiore di II° livello nel Comune di Roma

Nel Comune di Roma vi sono 246 edifici ospitanti attività per le Scuole Medie Superiori di II° Livello, di cui 19 vengono utilizzati per i doppi turni d'istruzione durante le ore serali.

L'analisi che seguirà, comprende il periodo di costruzione, la superficie occupata da ciascun edificio, la classe energetica di appartenenza e quindi le tecnologie e i materiali utilizzati, le schermature, i livelli, la contiguità con altri edifici (tab.18).

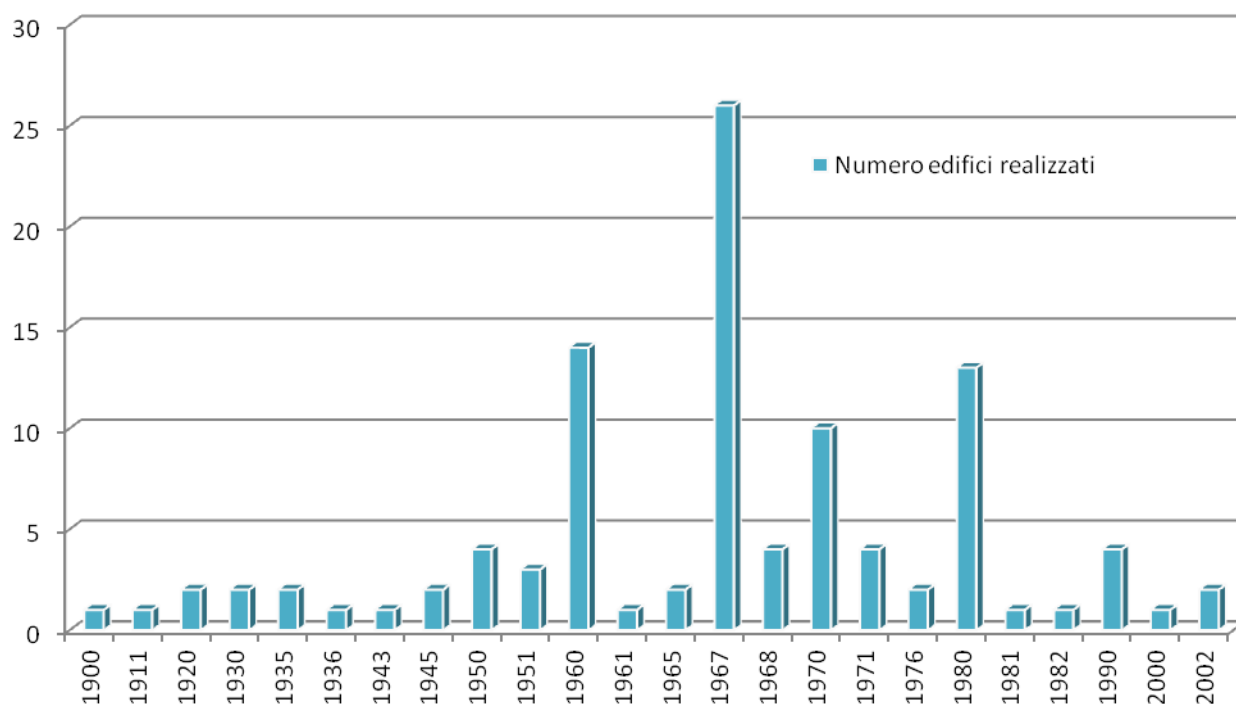
1.4.1. Periodo di costruzione

In base alla documentazione riportante data di realizzazione accertata, sono stati classificati 104 edifici. Al fine di un accurato screening degli edifici oggetto di analisi, si è proceduto in primo luogo alla classificazione di definiti periodi, corrispondenti all'emanazione di due importanti leggi sul tema del risparmio energetico degli edifici e così suddivisi (tab. 13):

- ✓ Periodo compreso dai primi anni del '900 al 1950 caratterizzato da edifici realizzati prevalentemente in muratura portante. Realizzati senza norme per il risparmio energetico
- ✓ Periodo compreso dal 1951 al 1975, caratterizzato da edifici realizzati prevalentemente con struttura in cemento armato e tamponature in pannelli prefabbricati o muratura. Realizzati senza norme per il risparmio energetico
- ✓ Periodo compreso dal 1976 al 1990, scandito dalla Legge n.373 del 30 aprile 1976, contenente norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici di nuova costruzione od oggetto di ristrutturazioni straordinarie, per la quale si richiedeva soprattutto un corretto dimensionamento degli impianti di condizionamento termico e un perfetto isolamento delle frontiere interno - esterno dell'edificio.
- ✓ Periodo compreso dal 1991 ad oggi, gli edifici vengono realizzati in base all'applicazione della Legge n.10 del 9 gennaio 1991, contenente le norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia

Numero edifici realizzati (totale 104)	Periodizzazione			
	Dal 1900 al 1950	Dal 1951 al 1975	Dal 1976 al 1990	Dal 1991 ad oggi
	16	64	21	3
Valore percentuale	15%	62%	20%	3%

Tab. 13. Periodizzazione dell'edificazione scolastica superiore di II° livello nel Comune di Roma (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)



**Grafico 7. Edificazione per le scuole secondarie di II° livello nel Comune di Roma
(Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)**

Il numero di edifici realizzati subisce una forte contrazione in coincidenza dei periodi dell'introduzione delle ultime due importanti leggi sul risparmio energetico (*graf.7*) con un periodo di stasi nel decennio 1990-2000 e soli 3 nuovi edifici scolastici realizzati nel periodo 2000-2013.

È di questo periodo l'importante la campagna di sensibilizzazione per il risparmio dell'uso del suolo nelle Pubbliche Amministrazioni, con nuove tendenze a ristrutturare e riadattare degli spazi di edifici inutilizzati per destinarli a nuove funzioni d'uso.

Gli edifici scolastici realizzati o ristrutturati in base alla Legge n.373 del 30 aprile 1976, risultano anch'essi comunque inefficienti dal punto di vista dell'efficienza energetica se non sono stati adeguati alle più restrittive normative successive.

1.4.2. Tecnologia costruttiva e materiali

Su un totale di 21 edifici ad uso scolastico di II° livello, nel Comune di Roma, L'unico edificio realizzato utilizzando l'acciaio come struttura portante è l'Istituto Cartesio – Luxemburg, realizzato nei primi anni '70. La struttura portante dei 17 edifici è stato utilizzato il cemento armato ed il tamponamento in pannelli prefabbricati è stato utilizzato solo per 3 dei 17 edifici.

Gli edifici realizzati con struttura portante e tamponamento in muratura sono 3, tra cui il Liceo Scientifico L. Pasteur, ultimo edificio realizzato nel Comune di Roma per l'istruzione secondaria superiore (tab.13).

Numero edifici Totale 21	Tecnologia costruttiva		
	Struttura portante	Tamponamento	Valori percentuali
1	Acciaio	Pannelli prefabbricati	5%
3	Cemento armato	Pannelli prefabbricati	14%
14	Cemento armato	Muratura	67%
3	Muratura	Muratura	14%

Tab. 14. Tecnologie costruttive e materiali degli edifici scolastici II° livello Comune di Roma (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)



**Foto 1: Immagine satellitare Liceo Scientifico Statale Louis Pasteur, Roma
Fonte: Google Maps**

1.4.3. Classe energetica di riferimento e caratterizzazione energetica in relazione alla tipologia costruttiva adottata

Dall'analisi dei dati riguardanti la classe energetica di appartenenza dei singoli edifici si riscontra la necessità di attivare in modo efficace un piano di riqualificazione degli stessi, al fine di raggiungere livelli ottimali di efficientamento energetico per ridurre gli sprechi e quindi avvicinarsi il più possibile al modello di edificio NZEB¹³ (tab.14).

Classe energetica	Numero edifici	Valore percentuale
D	0	0%
E	0	0%
F	4	18%
G	18	82%

Tab. 15. Classe energetica di riferimento dei 21 edifici scolastici II° livello Comune di Roma (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

i 3 edifici in classe energetica di tipo F sono realizzati con struttura portante in cemento armato e tamponamento in muratura e l'altro edificio è in muratura portante. I quattro edifici hanno infissi privi di schermature.

Numero edifici Totale 18	Tecnologia costruttiva		
	Struttura portante	Tamponamento	Valori percentuali
1	Acciaio	Pannelli prefabbricati	5%
2	Cemento armato	Pannelli prefabbricati	10%
14	Cemento armato	Muratura	74%
2	Muratura	Muratura	11%

Tab. 16. Tecnologia costruttiva adottata per gli edifici scolastici II° livello Comune di Roma in classe energetica di riferimento tipo G (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

Solo un edificio, l'Istituto d'Istruzione Superiore Cartesio-Luxemburg è realizzato con struttura portante in acciaio e tamponamento in pannelli prefabbricati.

Il 74% degli edifici scolastici realizzato con struttura portante in cemento armato e tamponamento in muratura di blocchi in cemento o mattoni.

Gli unici due edifici realizzati interamente in muratura sono del Liceo Classico Augusto ed hanno infissi schermati con serrande in plastica avvolgibile (tab.15).

¹³ NZEB (Nearly Zero Energy Building), secondo quanto indicato dalla Direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia EPBD, n. 2010/31/UE

1.4.4. Livelli degli edifici scolastici

Il 18% degli edifici scolastici si sviluppa 1 livello fuori terra e sono soprattutto palestre in edifici isolati o contigui agli edifici principali, pari percentuale per gli edifici che si sviluppano 4 livelli fuori terra.

La percentuale maggiore è rappresentata dagli edifici a 3 livelli fuori terra con 26% e a 2 livelli con il 24% del totale di 246 edifici presi in esame (Graf.8).

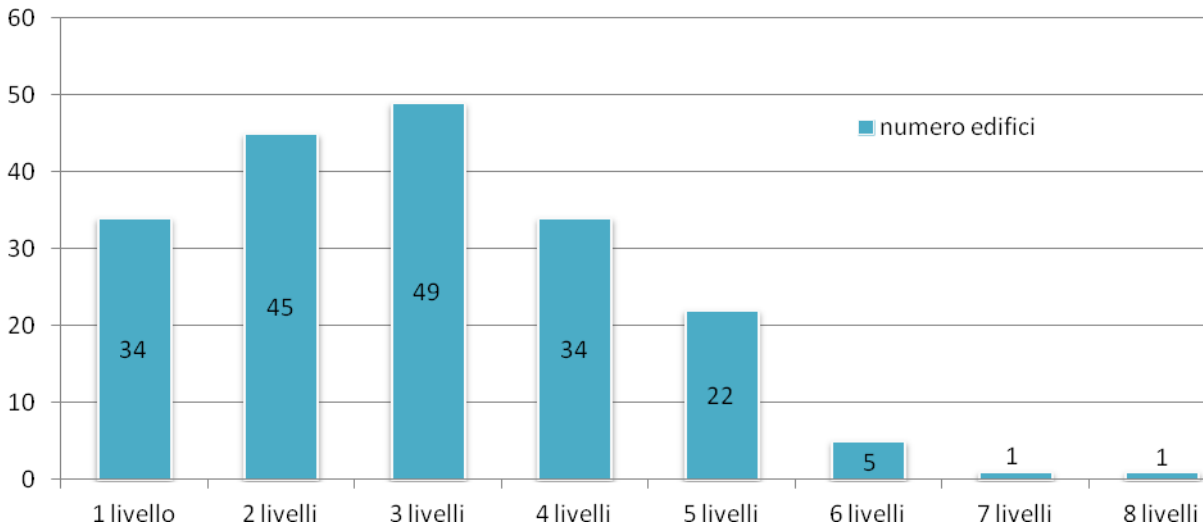


Grafico 8. Livelli degli edifici realizzati sul territorio del Comune di Roma (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

1.4.5. Tipologia di schermature solari

Numero edifici Totale 21	Tipologia di schermature solari	
	Serrande in plastica avvolgibile	Vetri non schermati
Edifici	9	13
Valori percentuali	19%	81%

Tab. 17. Tipologie di schermature adottate e valori percentuali per gli edifici scolastici II° livello Comune di Roma (Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

L'analisi della tipologia di schermature eseguita su 22 edifici, non ha riscontrato alcun genere di aggetti esterni fissi e/o mobili. L'81% di suddetti edifici non possiede alcun tipo di schermatura o elementi schermanti.

Non sono utilizzati schermi interni come i tendaggi o le veneziane.

Le serrande avvolgibili in plastica sono state installate nel 57% degli edifici (Tab.16).

DENOMINAZIONE	IINDIRIZZO	A.REALIZZ.	AREA	TECNOLOGIA	SCHERMATURA	CARATTERISTICHE
IST. D'ISTRUZ. SUP. CARTESIO -LUXEMBURG	v. C. Lombroso, 120	1980 ca.	2002	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 5 liv.
L.SCIENTIFICO -RIGHI (SUCCURSALE)	v. Boncompagni, 22	--	1938	str. port. c.a.	persiane	edif. 1 liv.
L. SCIENTIFICO -T. GULLACE TALOTTA	v. A. Solmi, 27	--	1927	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 4 liv.
I.T.I. SCIENTIFICO -VALLAURI	v. Grottaferrata, 76	--	1896	str. port. c.a.	vetri non schermati	edif. 2 liv.
L. CLASSICO -L. CARO	v. India, 12	--	1858	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	edif. isol. 4 liv.
L. SCIENTIFICO -AVOGADRO	v. Brenta, 26	--	1821	str. muratura	vetri non schermati	edif. 3 liv.
IST PROF PER I SERV. SOCIALI -JEAN PIAGET	v. M. F. Nobiliore, 79	--	1705	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 2 liv.
IST. TECN. TURISMO -C. COLOMBO	v. delle Vigne Nuove, 413	--	1705	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
I.P.S.S.A.R. -A. VESPUCCI	v. Facchinetti, 42	--	1667	str. port. c.a., tamp muratura	--	edif. isol. 4 liv.
L. SCIENTIFICO -F. D'ASSISI	v. Castore Durante, 11	--	1603	str. port., tamp. c.a.	serrande avvolgibili	edif. non isol.ato 4 liv.
I.P.SCIENTIFICO -V. WOLF	v. Carpineto, 11	1967	1587	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
L.CLASSICO -G. DE SANCTIS	v. Cassia, 726	--	1581	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 4 liv.
I.T.A. SCIENTIFICO -GENOVESI	L.go Villa Paganini, 6	--	1578	strutt. muratura portante	persiane	--
L. SCIENTIFICO -B.CROCE	v. Bardanzellu, 7	--	1577	strutt. muratura portante	--	--
SCUOLA MUSICA E INCONTRO	v. Tiburtina, 695	1980 ca.	1577	str. port. c.a., tamp. muratura	vetri non schermati	edif. isol.ato 3 liv.
L.CLASSICO -ORAZIO (SUCCURSALE)	v. Isola Bella, 5	1980 ca	1572	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 4 liv.
L. CLASSICO -PLAUTO (SUCCURSALE)	v. S. Lo Rizzo 71	--	1531	str. port. c.armato	--	edif. 2 liv.
L. CLASSICO -AUGUSTO	v. Gela, 14	1980 ca.	1527	muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 5 liv.
I.T.I. SCIENTIFICO -VALLAURI	v. Grottaferrata, 76	--	1510	str. port. c.a.	--	--
IST. PROFESSIONALE -P. GOBETTI	v. V. Brancati, 44	1970 ca	1478	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
I.T.I. SCIENTIFICO -VALLAURI	v. Grottaferrata, 76	--	1470	str. port. c.a.	--	--
I.T.I. SCIENTIFICO -VALLAURI	v. Grottaferrata, 76	--	1450	str. port. c.a.	--	--
IPSSAR ALBERGHIERO -P. ARTUSI	v. S. Tarcisio, 66	--	1410	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	edif. 3 liv.
I.P.S.S.A.R. -A. VESPUCCI	v. Facchinetti, 42	--	1395	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
IPSSAR ALBERGHIERO -TOR CARBONE	v. Tor Carbone, 53	--	1352	strutt. muratura portante	persiane	edif. 2 liv.
L. CLASSICO -G. DE SANCTIS	v. Bartolomeo Gosio, 90	--	1302	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
I.P.S.S.A.R. -A. VESPUCCI	v. Facchinetti, 42	--	1300	str. port. c.a., tamp muratura	--	--
IST. PROFESSIONALE -P. GOBETTI	v. V. Brancati, 44	--	1295	muratura portante	serrande avvolgibili	edif. 2 liv.
L. SCIENTIFICO -L. PASTEUR	v. G. Barellai, 130	1971 ca.	1261	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
IST. TECNICO INDUSTRIALE -G. FERRARIS	v. Fonteiana, 111	1960 ca.	1234	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
LA VI LICEO ARTISTICO	v. Pinturicchio 218	--	1225	str. port. c. armato	serrande avvolgibili	edif. 2 liv.

L. CLASSICO -AUGUSTO	v. Gela 14	1980 ca.	1193	muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 4 liv.
I.P.S.S.A.R. ALBERGHIERO -T.CARBONE	v. Tor Carbone, 53	--	1049	strutt. muratura portante	persiane	edif. 2 liv.
IST. TECNICO COMMERCIALE -A.GENOVESI	v. Venezuela, 43	1962	1042	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 1 liv.
IST. ARTE -ROMA 1	v. Argoli, 45	--	971	strutt. muratura portante	--	--
I.T.I.SCIENTIFICO -ARPELLINI	P.zza B. P. Riccardi, 13	--	888	strutt. muratura portante	--	--
IST. PROF. ALBERGHIERO -D. LUCILLA	v. Domizia Lucilla, 76	--	868	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
I. T. COMMERCIALE -RADICE (SUCCURSALE)	v. Campo Romano	--	860	str. port. c.a.	--	--
L. CLASSICO -L. CARO	v. India, 12	--	782	strutt. muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
L. SCIENTIFICO -L. PASTEUR	v. G. Barellai, 130	2000 ca.	773	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
L. CLASSICO -ORAZIO	v. Carlo Spegazzini, 50	--	772	str. port. c.armato	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
I. T. COMMERCIALE -RADICE (SUCCURSALE)	v. Campo Romano	--	765	str. port. c.a.	serrande avvolgibili	edif. 1 liv.
L. SCIENTIFICO -L. PASTEUR	v. G. Barellai, 130	1971 ca.	744	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
IST. TECN. INDUSTRIALE -HERTZ	v. Tuscolana, 1113	1970 ca	736	str. port. c.a., tamp. pann. pref.	serrande avvolgibili	edif. isol. 3 liv.
L. SCIENTIFICO -F. D'ASSISI	v. Monte delle Capre, 23	ante 1967	724	str. port. c.a., tamp. muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol.ato
IST. ISTRUZ. SEC. SUP. -VOLTA CECCARELLI	v. Di Bravetta, 541	1980 ca	682	str. port. c.a., tamp. pann. pref.	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
LICEO SCIENTIFICO -J.F.KENNEDY	v. Nicola Fabrizi, 7	1980	655	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. Isol 2 liv.
IST. TECN. COMMERC. -CARAVAGGIO	v. Odescalchi, 75	post 1967	647	muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 5 liv.
L. SCIENTIFICO -L. PASTEUR	v. G. Barellai, 130	1970 ca.	606	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 1 liv.
L. SPERIMENTALE -G. BRUNO (SEDE PRINC.)	v. Della Bufalotta, 594	ante 1968	595	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
ISTIT. TECN. COMMERCIALE -CALAMANDREI	v. Emery, 97	--	582	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
IPSA -EUROPA	v. Trinchieri, 49	--	545	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
IPSSAR ALBERGHIERO -TOR CARBONE	v. Tor Carbone, 53	--	487	strutt. muratura portante	persiane	edif. 2 liv.

Tabella 18. Analisi edifici: scuole medie superiori del Comune di Roma

2. Caso studio applicativo

2.1. Motivazione del caso applicativo

La modularità delle soluzioni adottate nel caso studio applicativo, comporta per esemplificazione metodologica, la definizione di un Capitolato EPC (Energy Performance Contract) conforme alla Direttiva sull'efficienza energetica del 2012/27/UE, con inserite le possibili combinazioni del parametro relativo alla valutazione economica dei costi di realizzazione e di esercizio derivanti dall'applicazione delle migliori tecnologie disponibili sul mercato italiano (BAT – Best Available Techniques) relativamente alla produzione di energia elettrica e termica da fonti rinnovabili presenti in base alle caratteristiche del territorio su cui insiste l'edificio oggetto.

Il caso studio si pone come esempio di progettazione integrata per:

- ✓ Riqualificazione edilizia
- ✓ Analisi energetica e bio-ambientale
- ✓ Eco-compatibilità dei materiali a chilometro zero, ad elevate proprietà prestazionali, con basso impatto ambientale per tutte le fasi di vita dell'edificio: cantiere, utilizzo, demolizione, smaltimento
- ✓ Organizzazione del cantiere verde per un impatto minimo sull'ambiente circostante

Ai fini dell'economia energetica, grande considerazione verrà posta anche alla individuazione di tutte le possibili strategie passive da integrare agli impianti il cui funzionamento è a soluzione attiva.

2.2. Originalità e replicabilità del progetto

Il caso studio proposto, ha carattere esemplificativo e potenzialità di replicabilità dell'intervento, poiché configurato come criterio di riferimento, applicabile alla quasi totalità degli edifici scolastici appartenenti al patrimonio nazionale, le cui caratteristiche relative alla tipologia edilizia e perciò anche le carenze a livello edilizio ed energetico, risultano simili tra loro e quindi da sottoporre in tempi urgenti a medesimo intervento di riqualificazione, conforme alla vigente normativa europea e nazionale.

Il processo di approccio adottato per la riqualificazione dell'intervento, risulta così schematizzato (Schema1):



Schema 1: Schema a blocchi del processo di approccio per la riqualificazione dell'intervento
(Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

2.2.1. Efficienza dell'intervento proposto

Le azioni dell'intervento considerano di basilare rilievo il raggiungimento di elevati standards di qualità in riferimento a:

- ✓ Idonee soluzioni proposte, di alto contenuto innovativo ma affidabili
- ✓ Qualità ambientale e comfort termo-igrometrico
- ✓ BEMS – Building Energy Management System
- ✓ Qualità dell'aria
- ✓ Benessere acustico e illuminotecnico
- ✓ Rispetto delle necessità didattiche con riduzione dei tempi di intervento tramite largo uso di elementi prefabbricati
- ✓ Ventilazione ibrida (naturale /meccanica)
- ✓

2.2.2. Costo - beneficio

L'analisi costi – benefici del profilo economico per il risparmio energetico – ambientale - sociale, è coerente con la vigente normativa e in riferimento ai vantaggi determinati dalle detrazioni fiscali e dalle possibilità incentivanti in merito all'adozione di tecnologie verdi in linea con le richieste delle normative vigenti.

Le modalità di intervento per la riqualificazione energetica e le misure scelte per l'intervento proposto sull'edificio scolastico, mirano all'ottimizzazione del rapporto costo – beneficio con l'applicazione di strategie calcolate in modo da ottenere il rapido raggiungimento dei tempi di ritorno dell'investimento, con impatti immediati su risparmio energetico e abbattimento della CO₂ [euro / tonnellata di CO₂ evitata].

Il parametro costo – beneficio tiene conto del miglior rapporto per l'ottenimento dell'obiettivo di efficienza energetica, in relazione alla migliore qualità dell'intervento dell'edificio considerato.

2.2.3. Sostenibilità

Il progetto pilota, nel suo insieme rappresenta un prodotto finale sostenibile in tutti i suoi aspetti, in quanto mira sostanzialmente al risparmio energetico ed elettrico per le risorse utilizzate a livello di impianti e materiali, però con evidente vantaggio derivante dalla le emissioni climalteranti:

- ✓ sistemi attivi e passivi integrati
- ✓ integrazione degli impianti in uso con nuovi impianti verdi
- ✓ ridotti consumi energetici
- ✓ materiali ecocompatibili a chilometro zero e/o riciclati
- ✓ risorse idriche e gestione dei rifiuti razionalizzati
- ✓ riduzione degli oneri di manutenzione
- ✓ Utilizzo di materiali e sistemi per: ottimizzazione comfort termoigrometrico – acustico – illuminotecnico – qualità dell'aria, eco sostenibilità
- ✓ Riciclo e riutilizzo dell'acqua e dei rifiuti

2.2.4. Integrazione di processo

Il criterio di sostenibilità implica l'integrazione di processo di tutti i settori coinvolti nella fase di ottimizzazione dell'efficienza energetica dell'edificio, ivi compresi componenti produttori di energia, materiali per l'involucro, arredi ed impianti

2.2.5. Replicabilità

Ogni edificio è unico, anche nell'ambito della medesima tipologia costruttiva, in quanto unici risultano i fattori legati alle coordinate geomorfologiche sul quale l'edificio insiste.

È possibile invece definire replicabile l'intervento di efficientamento energetico ed elettrico del progetto pilota per l'attendibilità dei risultati ottimali generati dall'integrazione di specifiche tecnologie, altamente innovative e convenienti in termini di:

- ✓ condizionamento invernale/estivo dell'aria
- ✓ sistema di illuminazione

- ✓ materiali con elevate caratteristiche termiche ed ecologiche, utilizzati per il miglioramento delle prestazioni di isolamento termo – acustico dell’involucro opaco e trasparente.

2.3. Criteri di progetto

Lo screening, prodotto dall’intervento del caso studio, deve fornire ai gestori dei plessi scolastici la metodologia generale per la progettazione, realizzazione e gestione di edifici NZEB.

L’edificio proposto per il progetto pilota, appartenente al patrimonio immobiliare della Provincia di Roma, è stato individuato nell’ambito della tipologia edilizia più energivora, con carenza di progettazione bioclimatica sostenibile e quindi con le più rilevanti potenzialità in termini di risparmio energetico.

L’edificio pilota prescelto richiede perciò interventi urgenti di retrofit caratterizzati dall’assenza di interruzione delle normali attività scolastiche in corso, in quanto trattasi di interventi non strutturali ma di efficientamento termico dell’ involucro edilizio e della revisione e ottimizzazione impiantistica esistente abbinata all’installazione di impianti di ultima generazione per la produzione di energia elettrica e termica da fonte rinnovabile l’edificio scolastico, in linea con la direttiva europea sul rendimento energetico dell’edilizia (EPBD 2010/31/UE) ed il decreto legge n. 63 in vigore il DL 4 giugno 2013, la cui Legge di conversione è n. 90 del 3 agosto 2013.

2.3.1. Protocollo ITACA: valutazione energetico – ambientale dell’edificio

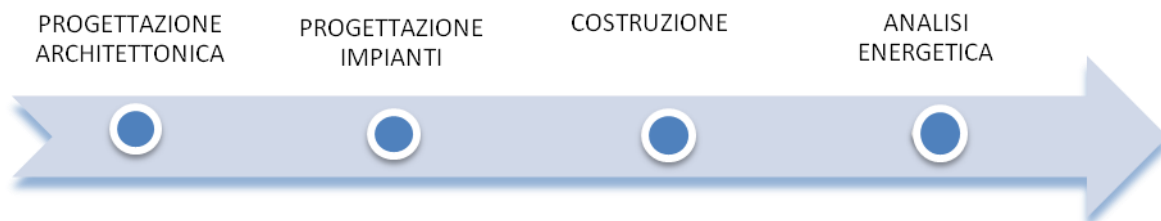
Oltre all’applicazione delle soluzioni integrate, nel progetto pilota si considerano anche altri ambiti ne valorizzano il comportamento virtuoso dal punto di vista energetico – ambientale.

Tramite il progetto pilota, si intende costruire un processo dimostrativo e comunicativo e con tale finalità, inserirlo sistematicamente nel processo metodologico di riqualificazione energetica – elettrica - ambientale di tutti gli edifici scolastici appartenenti al patrimonio nazionale.

Tali ambiti sono riassunti nella valutazione/certificazione energetico – ambientale del sistema edificio impianto.

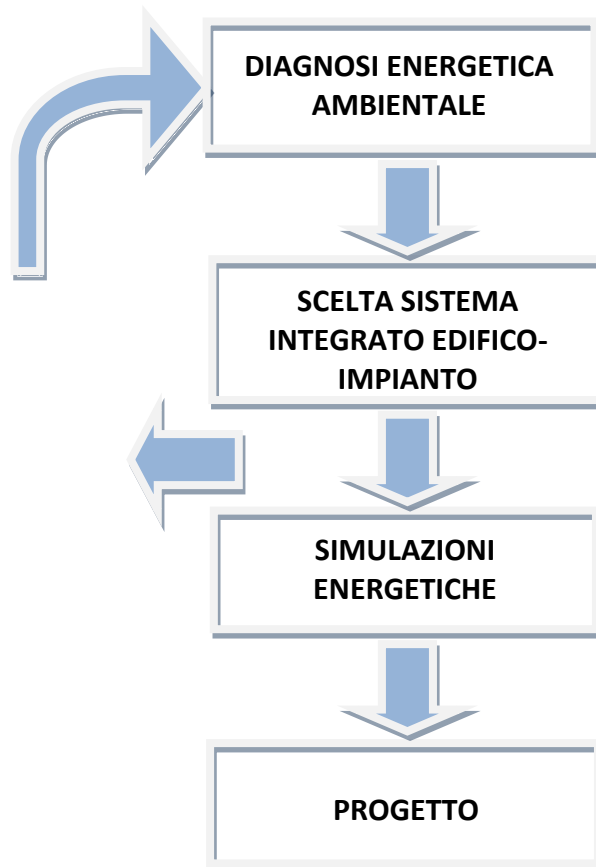
2.3.2. Metodologia

Attraverso il processo dimostrativo e comunicativo, si intende promuovere un nuovo modello metodologico, abbandonando il processo lineare tradizionale (*Schema2*) col quale sono stati progettati:



Schema 2: Tradizionale processo lineare di progettazione dell’edificio

per adottare in fase di riqualificazione il più valido, proprio perché integrato, diagramma di flusso, il quale anche se può risultare più complesso del modello tradizionale è interattivo, quindi più efficiente per il corretto funzionamento del sistema edificio – impianto (*Schema3*):



Schema 3: Processo integrato del progetto di efficientamento energetico dell'edificio

Per raggiungere i parametri di un edificio NZEB (Nearly Zero Energy Building), l'obiettivo primario della riqualificazione del sistema involucro – impianto è la riduzione della domanda di energia per il funzionamento dell'edificio, che si risolve parallelamente alla riduzione delle esigenze energetiche.

2.4. Caso studio

2.4.1. Analisi dell' edificio

L'analisi per individuare il caso studio di riferimento è stato preliminarmente concordato con la Proprietà Pubblica della Provincia di Roma.

Tipo di scuola	Scuola Media Superiore di II° Livello
Denominazione	Istituto Tecnico Commerciale A. Genovesi
Indirizzo	via Venezuela, 43 - Roma
Destinazione d'uso attuale	Uffici - Laboratori
Proprietà	Provincia di Roma

La scuola edificata alle pendici di Villa Glori, occupa un contesto a bassa densità edilizia, di particolare pregio ambientale (*foto 1*) e di pregio urbano perché l'area è limitrofa all'Auditorium, Parco della Musica. È facilmente raggiungibile tramite servizio di trasporto pubblico urbano, infatti una fermata dell'autobus ATAC, è localizzata a circa 2 metri dall'ingresso carrabile lungo la via Argentina

L'edificio insiste nel tessuto della città da ristrutturare¹⁴ e dal punto di vista planimetrico occupa un lotto di bordo, all'incrocio tra due strade di quartiere: via Venezuela e via Argentina ed è schermata a sud – est dalla barriera naturale della collina alberata di Villa Glori. L'area era definita nel Piano Particolareggiato dell'anno 1950 nel contesto urbano del Villaggio Olimpico, caratterizzato in questa parte del quartiere da edifici con tipologia abitativa non superiore ai 2-3 livelli fuori terra. L'edificio, anche se proporzionato con l'intorno urbano per sviluppo dimensionale in pianta e altezza, risulta comunque decontestualizzato dal linguaggio architettonico caratterizzante gli edifici del Villaggio Olimpico, sia per impianto planimetrico che per tecnologia costruttiva e materiali.

Attualmente l'edificio, in accordo con gli Assessorati alle Politiche della scuola e Patrimonio della Provincia di Roma, ospita il Liceo Artistico di via di Ripetta e l'Auditorium - Parco della Musica, in quanto sede di iniziative culturali, quali mostre, sperimentazioni didattiche, presentazione libri, corsi di aggiornamento e di apprendistato, oltre al laboratorio di plastici e di fotografia ed attività di tirocinio per studenti e ricerche per conto di Istituzioni ed Enti pubblici e privati.

L'uso dell'edificio è caratterizzato da più profili d'utenza (Università Roma La Sapienza, Uniroma Tv) coerenti nell'uso degli spazi della didattica corrispondenti a circa 10 ore/giorno. Mentre il Laboratorio Fotografico ha un utilizzo di circa 6 ore/giorno.

¹⁴ Norme Tecniche di Attuazione del Comune di Roma



Foto 2. Vista satellitare della planimetria del luogo. Fonte: Google Maps



Foto 3. Vista prospettica su via Venezuela. Fonte: Google Maps

2.4.2. Impianto planimetrico

Il lotto ha superficie di 3085 mq. La superficie calpestabile esterna che circonda l'intero edificio è 1349 mq e si compone di uno spazio non interamente pavimentato e con alcune alte alberature su terreno incolto la cui superficie occupata è 560 mq.

L'edificio (fig. 1) si sviluppa un piano fuori terra e non presenta piani interrati o seminterrati.

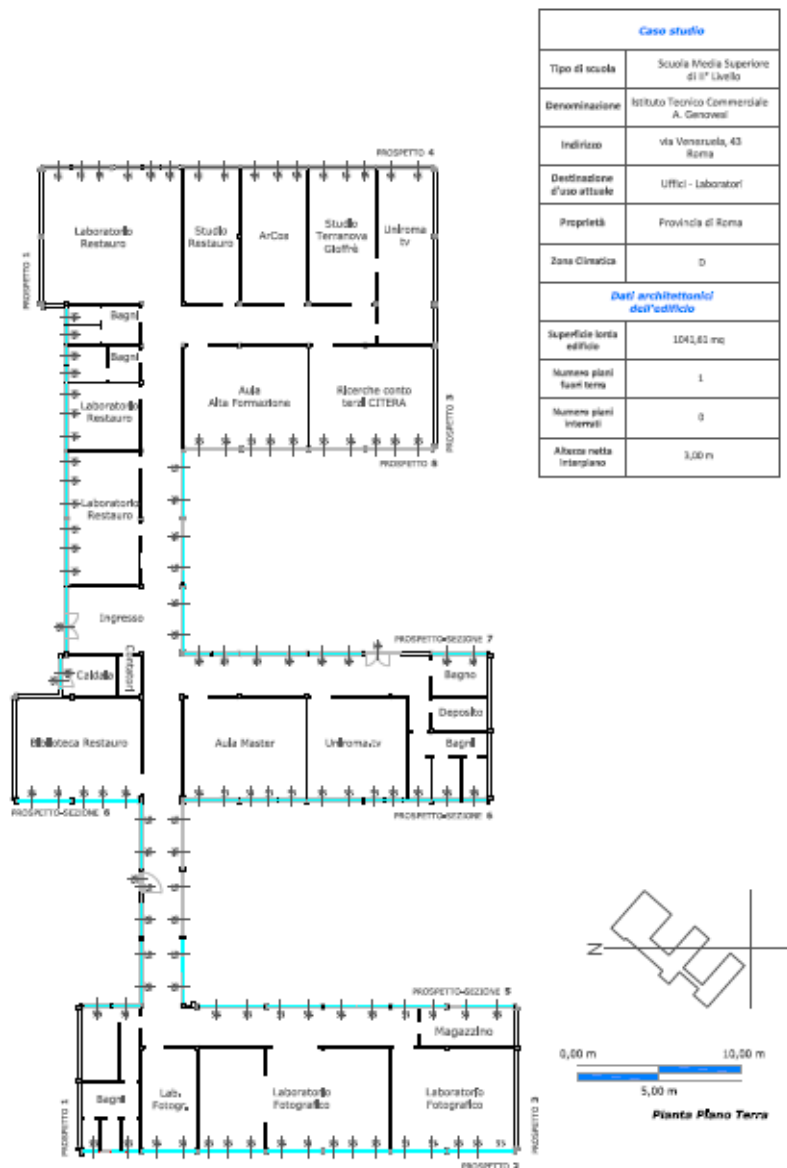


Figura 1. Pianta Piano terra

La superficie lorda dell'edificio 1041,61 mq e la superficie calpestabile è 952,5057 mq non è compatta, per cui presenta elevato livello di superfici disperdenti esterne.

La tipologia edilizia singola a copertura è piana, è caratterizzata morfologicamente da 3 corpi di fabbrica paralleli, con altezza all'intradosso pari a 3 metri¹⁵.

¹⁵ Si rimanda alla documentazione tecnica allegata per la lettura completa dei dati relativi a: Pianta, Prospetti - Sezioni

La pianta dei tre corpi è rettangolare e sono collegati ortogonalmente attraverso un quarto corpo adibito principalmente a servizi.

Nello spazio tra i due corpi si sviluppano due corti interne aperte ed orientate a sud – est in prossimità delle pendici di Villa Glori.

Le due corti sono finestate ai lati e solo una ha un unico accesso interno.

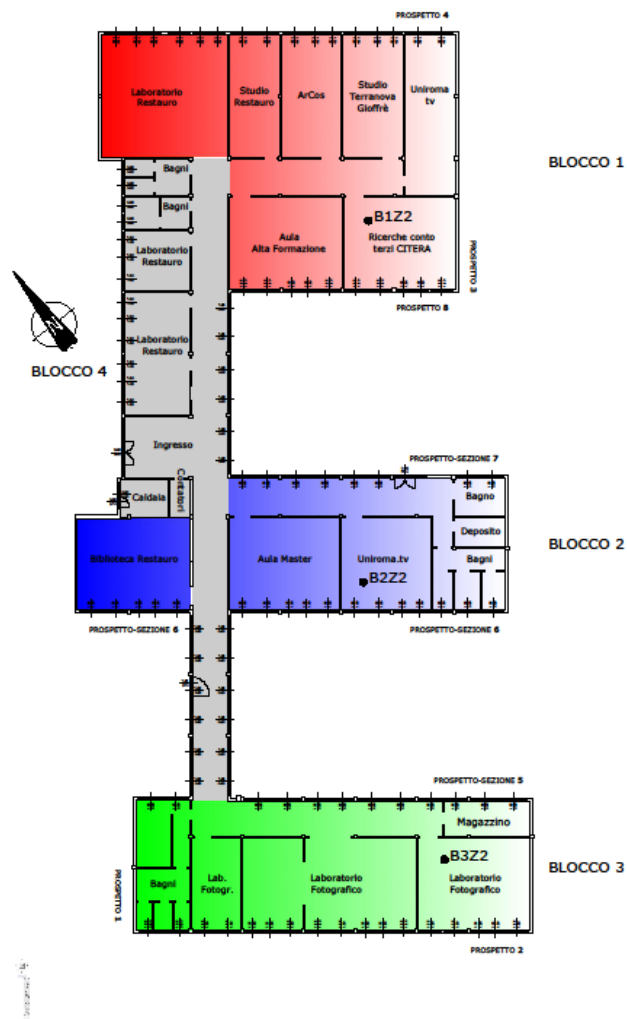


Figura 2: Identificazione dei 4 blocchi/moduli



Foto 4. Interno modulo 4 con funzione di connettivo ai 3 moduli



Foto 5. Interno aula Master

2.4.3. Tecnologia costruttiva, materiali e caratteristiche termo fisiche dell'involucro edilizio allo stato di fatto

Poiché l'anno di edificazione della scuola risale al 1962, ne consegue che è stata realizzata in assenza di normativa per il contenimento dei costi del consumo energetico per usi termici e di eco – compatibilità dei materiali utilizzati.

La tecnologia costruttiva mista è realizzata in cemento armato per la struttura intelaiata, con pareti perimetrali in laterizio forato intonacate sui due lati dello spessore complessivo pari a 20 cm.

Il solaio di copertura, non calpestabile, occupa una superficie di 1041,61 mq, ed è realizzato in laterocemento, rivestito sullo strato più esterno di materiale impermeabilizzante. È privo di lucernari

Il solaio di calpestio è realizzato in laterocemento ed è a diretto contatto con il terreno.

I serramenti sono composti da un telaio in legno, di spessore pari a circa 4.5 cm, e da vetro singolo, in particolare le finestre montate nelle aule sono dotate di sistemi schermanti esterni in PVC (avvolgibili) ad attivazione manuale (*foto 6*).



Foto 6. Esterno finestre aule - laboratorio

Nota: Si rimanda alla documentazione tecnica allegata per la lettura completa dei dati relativi all'abaco degli infissi

2.4.4. Caratteristiche termofisiche dell'involucro edilizio

Ai fini del calcolo sono state considerate le condizioni operative desunte dal reale utilizzo dell'edificio e, in mancanza di dati specifici, dalle norme cogenti in materia di prestazioni energetiche degli edifici (UNI TS 11300) (tab.17)

Elemento	Materiale	Spessore (m)	λ (W/m K)	δ (Kg/mc)	γ (J/Kg K)	U (W/m ² K)
Parete verticale	Intonaco calce e gesso	0.02	0.8	1600	840	1.70
	Mattone forato	0.15	0.42	1250	840	
	Intonaco di calce	0.03	0.8	1300	840	
Serramenti	legno	0.045	0.19	700	2390	2.4
	vetro	0.003	1	2500	-	5.8
Solaio copertura	Guaina asfalto	0.002	0.7	2100	1000	1.50
	caldana	0.04	1.9	2300	840	
	laterizio	0.18	0.74	1120	840	
	aria	0.05	R=0.11 (m ² K/W)	-	-	
	intonaco	0.01	0.51	1120	960	
Solaio calpestio	laterizio	0.18	0.55	1170	840	1.67
	caldana	0.04	1.9	2300	840	
	malta	0.02	0.88	2800	896	
	pavimentazione	0.01	0.62	1120	840	

Tabella 19. Caratteristiche termofisiche dell'involucro edilizio

Condizioni operative

Set point temp. invernale	20 °C
Orario occupazione	8.00 – 18.00 da Lun. a Ven.
Rendimento impianto riscaldamento	65 %
Vent. naturale + infiltrazioni	2.5 V/h
Infiltrazioni	0.1 V/h
Controllo schermatura solare (attivazione)	Abbagliamento –(20 DGI)
Apporti occupazione aule	0.3 pers./mq
Apporti apparecchiature	5 W/m ² (UNI TS 11300-1)

Il calcolo dei parametri termici dinamici e della prestazione igrometrica dei componenti edilizi ¹⁶, è stato verificato anche in base alle norme UNI EN ISO 13786 e alla UNI EN ISO 13788.

Nota: Si rimanda alla documentazione tecnica allegata per la lettura completa dei dati relativi a:

Spessore Equivalente dell'aria

Grafici mensili delle pressioni di saturazione e parziali di vapore

¹⁶ Download dal programma di calcolo Stiferite

2.4.4.1. Verifica dei parametri termici igrometrici e termici dinamici dei componenti edilizi opachi delle pareti perimetrali

Localita': Roma
Zona climatica: D

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura	
Tipo di struttura	Partizione Orizzontale		
Spessore (s)	20.0 cm		
Massa Superficiale (m)	204 Kg/m ²		
Trasmittanza Termica (U)	1.305 W/m²K		
Resistenza Termica (R)	0.766 m ² K/W		
Parametri Termici Dinamici			
Modulo			
Trasmittanza termica periodica (Y _{ie})	0.818 W/m ² K		
Capacità termica areica interna (K _i)	55.3kJ/m ² K		
Capacità termica areica esterna (K _e)	60.0kJ/m ² K		
Fattore di attenuazione (f)	0.626		
Sfasamento (φ)	5.85 h		
Ammettenza Termica interna (Y _{ii})	3.516 W/m ² K		
Ammettenza Termica esterna (Y _{ee})	3.873 W/m ² K		
Massa superficiale esclusi intonaci	204 Kg/m ²		

Tabella descrizione strati

Descrizione dello strato	s	ρ	μ	c	λ	R
	[mm]	[Kg/m ³]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m ² K/W]
Strato liminare interno						0.13
1) Malta di calce o di calce e cemento	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
2) Blocchi forati f.o. sp. 15 cm	150.0	760	5	835	0.333	0.45
3) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	30.0	1800	20	835	0.900	0.03
Strato liminare esterno						0.13

Legenda

s	spessore dello strato	c	calore specifico del materiale
ρ	massa volumica	λ	conducibilità termica del materiale
μ	fattore di resistenza alla diffusione del vapore	R	resistenza termica degli strati

2.4.4.1.1. Verifica igrometrica della struttura

Mese	Ti (°C)	Pi (Pa)	Te (°C)	Pe (Pa)
Gennaio	20.00	1407.42	7.60	855.00
Febbraio	20.00	1372.42	8.70	869.00
Marzo	20.00	1286.13	11.40	903.00
Aprile	20.00	1334.12	14.70	1098.00
Maggio	20.00	1488.83	18.50	1422.00
Giugno	22.90	1825.00	22.90	1825.00
Luglio	25.70	1858.00	25.70	1858.00
Agosto	25.30	2056.00	25.30	2056.00
Settembre	22.40	1808.00	22.40	1808.00
Ottobre	20.00	1553.83	17.40	1438.00
Novembre	20.00	1539.67	12.60	1210.00
Dicembre	20.00	1418.51	8.90	924.00

Legenda

Ti	Temperatura interna	Pi	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna	Pe	Pressione vapore esterna

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale

Mese critico: Gennaio

2.4.4.2. Verifica dei parametri termici igrometrici e termici dinamici del solaio controterra

Localita': Roma

Zona climatica: D

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura	
Tipo di struttura	Pavimento		
Spessore (s)	18.7 cm		
Massa Superficiale (m)	152 Kg/m ²		
Trasmittanza Termica (U)	1.308 W/m²K		
Resistenza Termica (R)	0.764 m ² K/W		
Parametri Termici Dinamici			
Modulo			
Trasmittanza termica periodica (Y _{ie})	0.944 W/m ² K		
Capacità termica areica interna (K _i)	42.4kJ/m ² K		
Capacità termica areica esterna (K _e)	53.3kJ/m ² K		
Fattore di attenuazione (f)	0.722		
Sfasamento (φ)	4.68 h		
Ammettenza Termica interna (Y _{ii})	2.753 W/m ² K		
Ammettenza Termica esterna (Y _{ee})	3.433 W/m ² K		
Massa superficiale esclusi intonaci	152 Kg/m ²		

2.4.4.2.1. Verifica dei parametri termici igrometrici e termici dinamici dei componenti opachi

Tabella descrizione strati

Descrizione dello strato	s	ρ	μ	c	λ	R
	[mm]	[Kg/m ³]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m ² K/W]
Strato liminare interno						0.17
1) Piastrelle in ceramica	1.0	2300	200	835	1.000	0.00
2) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	2.0	1800	20	835	0.900	0.00
3) CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette - 2200 kg/m ³	4.0	2200	100	875	1.677	0.00
4) Blocchi forati f.o. sp. 20 cm	180.0	765	10	835	0.328	0.55
Strato liminare esterno						0.04

Legenda

s	spessore dello strato	c	calore specifico del materiale
ρ	massa volumica	λ	conducibilità termica del materiale
μ	fattore di resistenza alla diffusione del vapore	R	resistenza termica degli strati

2.4.4.2.2. Verifica igrometrica della struttura

Mese	Ti (°C)	PI (Pa)	Te (°C)	Pe (Pa)
Gennaio	20.00	1407.42	7.60	855.00
Febbraio	20.00	1372.42	8.70	869.00
Marzo	20.00	1286.13	11.40	903.00
Aprile	20.00	1334.12	14.70	1098.00
Maggio	20.00	1488.83	18.50	1422.00
Giugno	22.90	1825.00	22.90	1825.00
Luglio	25.70	1858.00	25.70	1858.00
Agosto	25.30	2056.00	25.30	2056.00
Settembre	22.40	1808.00	22.40	1808.00
Ottobre	20.00	1553.83	17.40	1438.00
Novembre	20.00	1539.67	12.60	1210.00
Dicembre	20.00	1418.51	8.90	924.00

Legenda

Ti	Temperatura interna	PI	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna	Pe	Pressione vapore esterna

La struttura non è sdoggetta a fenomeni di condensa superficiale

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale

Mese critico: Gennaio

2.4.4.3. Verifica dei parametri termici igrometrici e termici dinamici dei componenti edilizi opachi del solaio di copertura

Localita': Roma
 Zona climatica: D

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura	
Tipo di struttura	Copertura		
Spessore (s)	19.9 cm		
Massa Superficiale (m)	157 Kg/m ²		
Trasmittanza Termica (U)	1.311 W/m ² K		
Resistenza Termica (R)	0.763 m ² K/W		
Parametri Termici Dinamici			
Modulo			
Trasmittanza termica periodica (Y _p)	0.954 W/m ² K		
Capacità termica areica interna (K _i)	48.4kJ/m ² K		
Capacità termica areica esterna (K _e)	50.7kJ/m ² K		
Fattore di attenuazione (f)	0.727		
Sfasamento (φ)	4.74 h		
Ammettenza Termica interna (Y _d)	3.108 W/m ² K		
Ammettenza Termica esterna (Y _{se})	3.256 W/m ² K		
Massa superficiale esclusi intonaci	157 Kg/m ²		

Tabella descrizione strati

Descrizione dello strato	s	ρ	μ	c	λ	R
	[mm]	[Kg/m ³]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m ² K/W]
Strato limitare interno						0.1
1) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	10.0	1800	20	835	0.900	0.01
2) Camera debolmente ventilata sp. 10 mm - PTA	5.0	1	1	1000	0.133	0.04
3) Blocchi forati f.o. sp. 20 cm	180.0	765	10	835	0.328	0.55
4) CLS cellulare da autoclave per pareti di scantinati - 400 kg/m ³	4.0	400	10	835	0.180	0.02
5) Lastre a base di perlite espansa fibre e leganti bituminosi	0.2	190	500	835	0.071	0.00
Strato limitare esterno						0.04

Legenda

s	spessore dello strato	c	calore specifico del materiale
ρ	massa volumica	λ	conducibilità termica del materiale
μ	fattore di resistenza alla diffusione del vapore	R	resistenza termica degli strati

2.4.4.3.1. Verifica igrometrica della struttura

Mese	TI (°C)	PI (Pa)	Te (°C)	Pe (Pa)
Gennaio	20.00	1407.42	7.60	855.00
Febbraio	20.00	1372.42	8.70	869.00
Marzo	20.00	1286.13	11.40	903.00
Aprile	20.00	1334.12	14.70	1098.00
Maggio	20.00	1488.83	18.50	1422.00
Giugno	22.90	1825.00	22.90	1825.00
Luglio	25.70	1858.00	25.70	1858.00
Agosto	25.30	2056.00	25.30	2056.00
Settembre	22.40	1808.00	22.40	1808.00
Ottobre	20.00	1553.83	17.40	1438.00
Novembre	20.00	1539.67	12.60	1210.00
Dicembre	20.00	1418.51	8.90	924.00

Legenda

TI	Temperatura Interna	PI	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna	Pe	Pressione vapore esterna

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale

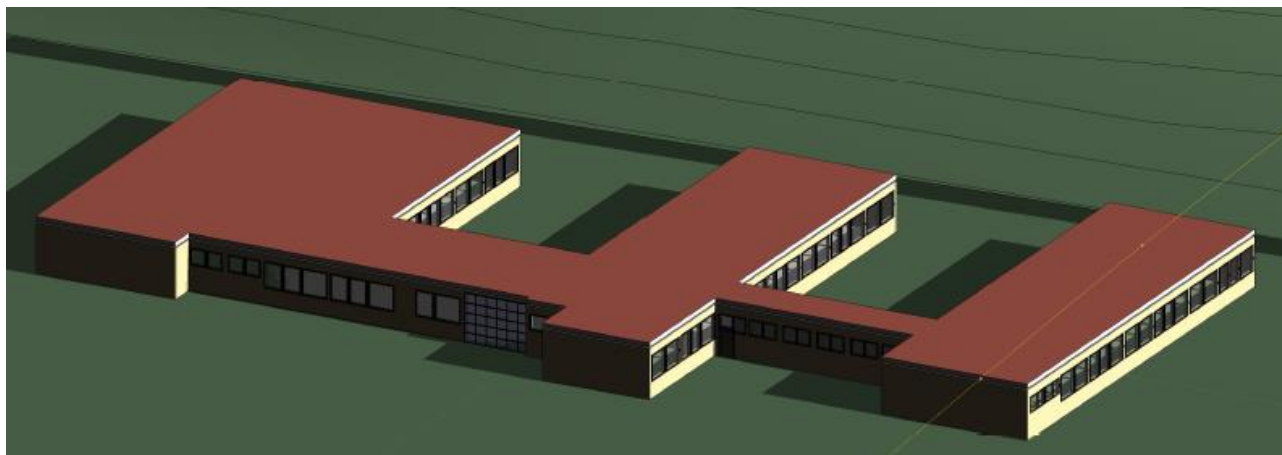
Mese critico: Gennaio

1.1.1. Analisi del soleggiamento e delle ombre

L'analisi degli apporti energetici in funzione dell'irraggiamento e ombreggiamento sull'involucro dell'edificio (illustrato nelle successive immagini), è stata eseguita col software Ecotect, simulando il percorso del sole nel solstizio d'estate e d'inverno e nell'equinozio di primavera e autunno, relativi all'anno solare 2012-2013.



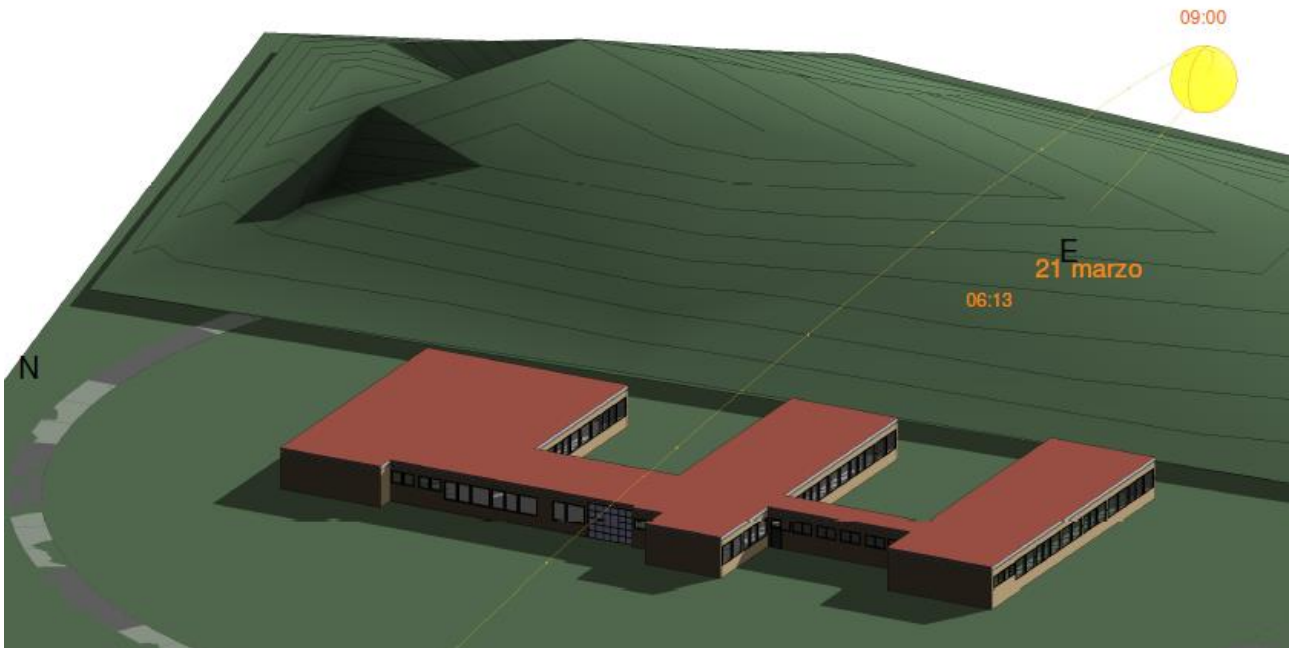
Ombreggiamento ore 9.00 del 21 dicembre 2012



Ombreggiamento ore 12.00 del 21 dicembre 2012



Ombreggiamento ore 16.00 del 21 dicembre 2012



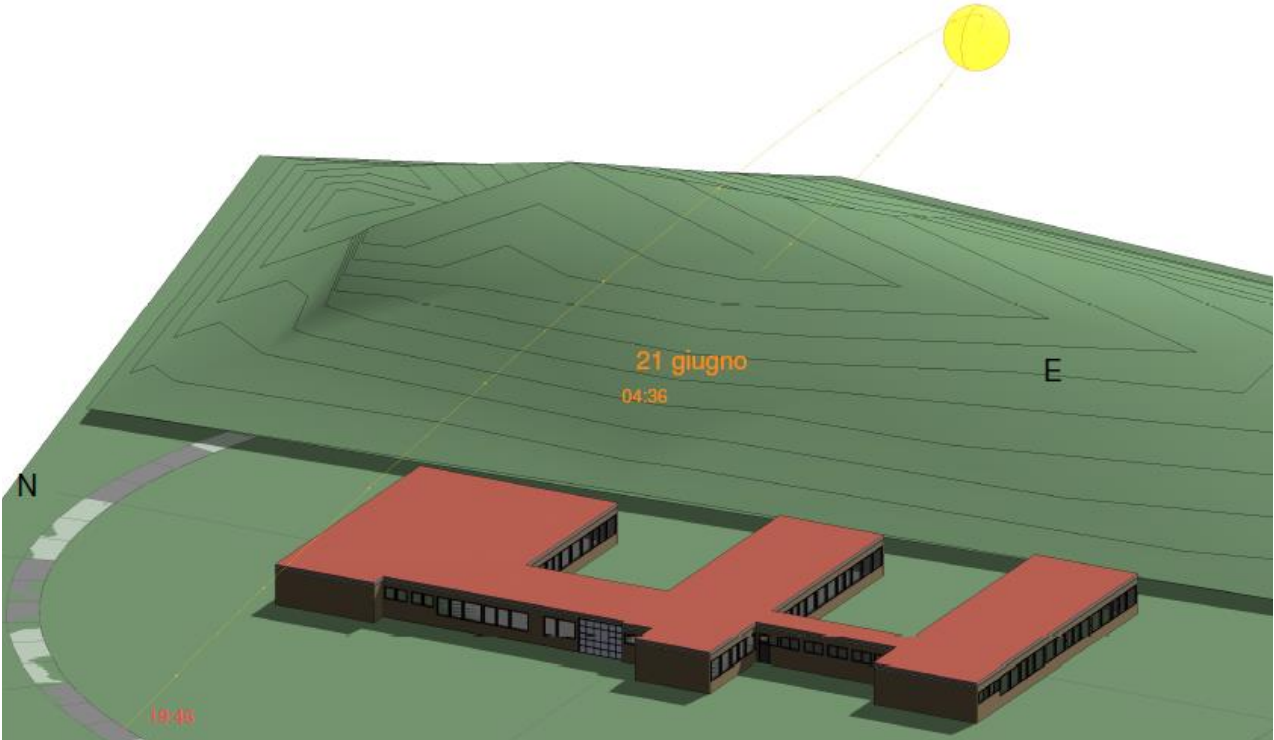
Ombreggiamento ore 9.00 del 21 marzo 2013



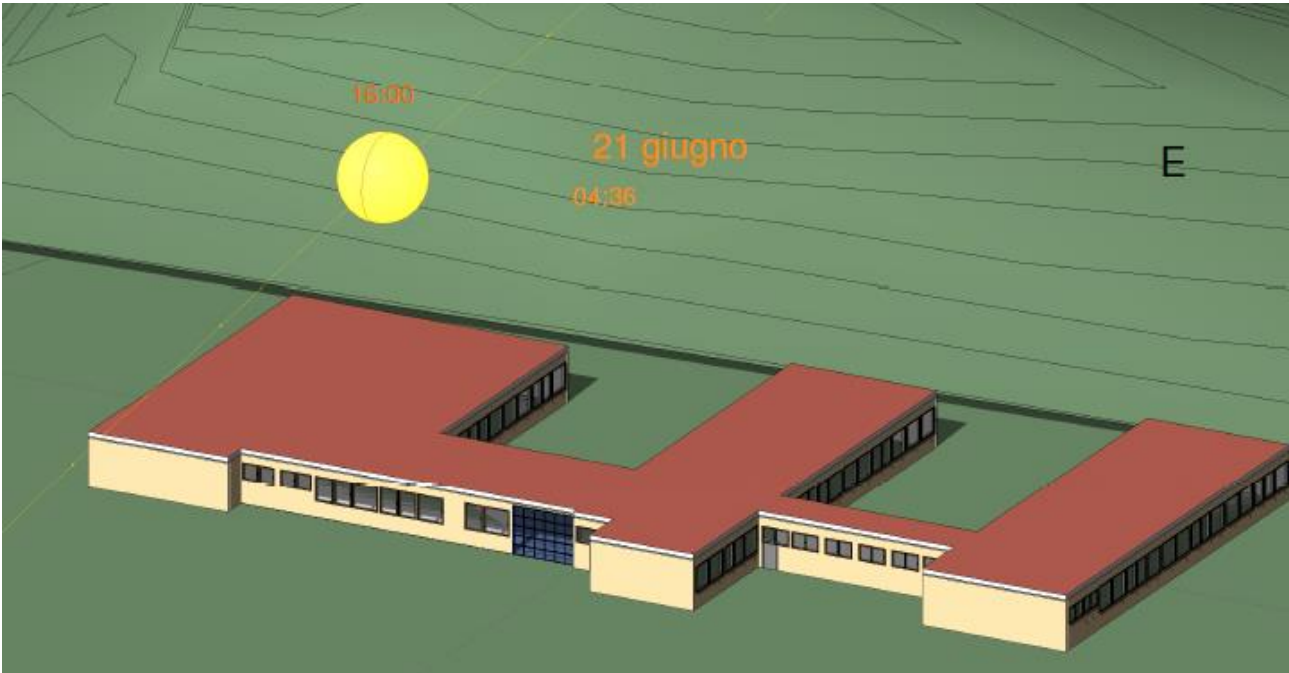
Ombreggiamento ore 12.00 del 21 marzo 2013



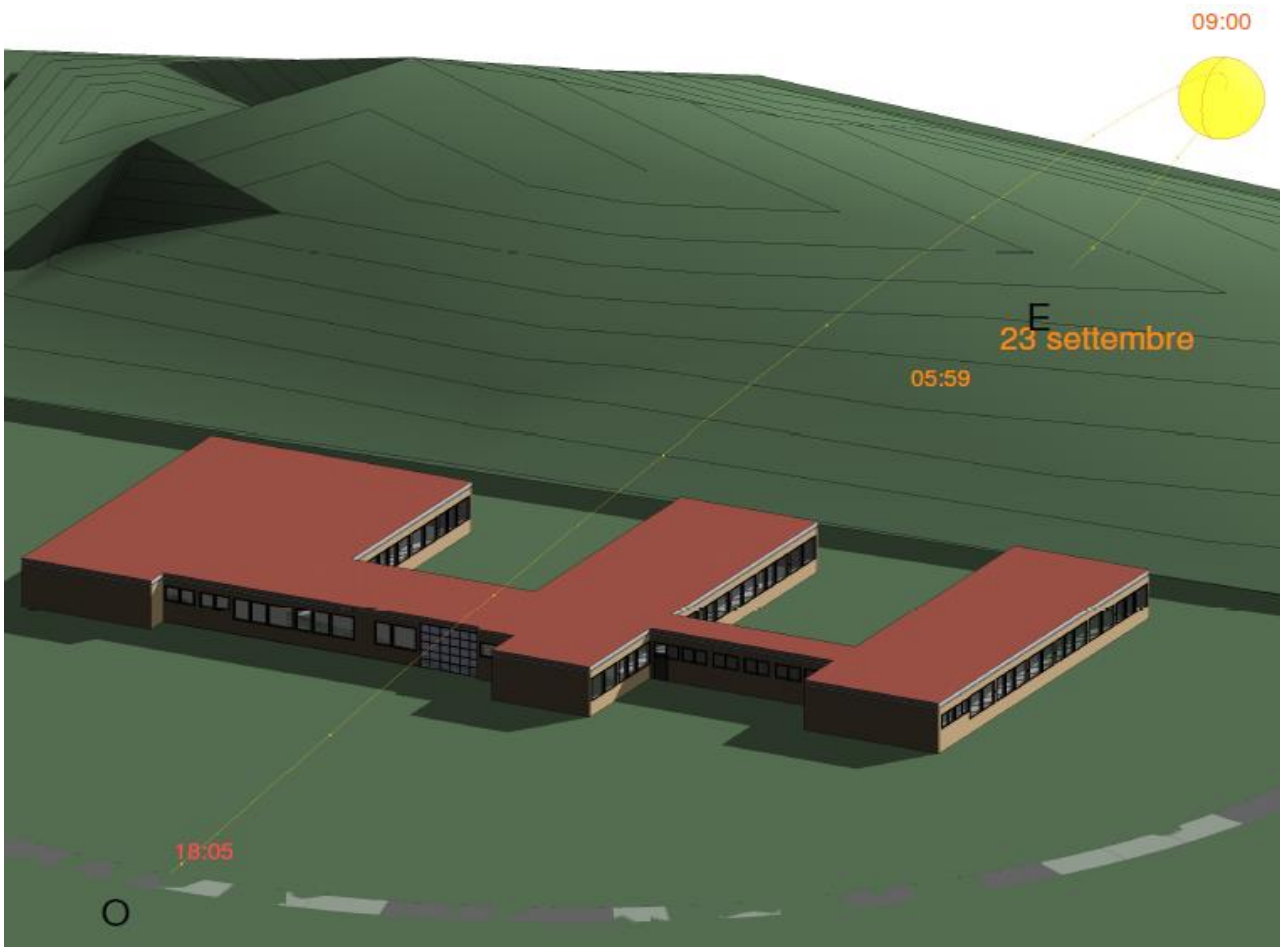
Ombreggiamento ore 16.00 del 21 marzo 2013



Ombreggiamento ore 9.00 del 21 giugno 2013



Ombreggiamento ore 16.00 del 21 giugno 2013



Ombreggiamento ore 9.00 del 23 settembre 2012



Ombreggiamento ore 12.00 del 23 settembre 2012

1.1.2. Sistema di illuminazione interno/esterno

L'illuminazione artificiale delle aule non garantisce le condizioni che soddisfano il benessere e la sicurezza degli utenti della scuola durante le ore di studio, come indicato nella UNI 10840 – 2007-

Considerata l'obsolescenza degli apparecchi luminosi e l'assenza di dimmerabilizzazione, in base alla UNI EN 12464-1¹⁷ non è rispettato il comfort visivo, ovvero la sensazione di benessere percepita, Conseguentemente all'interno delle aule, non è garantita neppure la prestazione visiva, che consente lo svolgimento delle attività in condizioni di scarsa illuminazione nelle nuvolose giornate invernali.



Foto 7. Antibagni



Foto 8, Servizi igienici

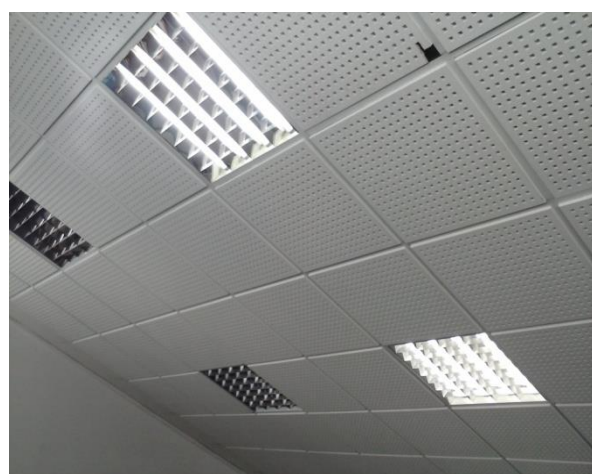


Foto 9. Laboratorio fotografico



Foto 10. Corridoio

¹⁷ Luce e illuminazione – Illuminazione nei posti di lavoro

1.1.3. Alberature

Notevole importanza riveste la descrizione della vegetazione presente nel contesto edilizio, che si è resa necessaria per valutare l'influenza delle ombre portate sull'edificio sul fabbisogno energetico della struttura. I filari di alberi presenti a sud-est si presentano come una fascia imponente continua, che raggiunge in alcuni punti altezze di oltre 10 m, e sono caratterizzati prevalentemente da specie sempreverdi così come le alberature isolate presenti a sud-ovest. La trasmittanza solare delle piante è stata assunta secondo le indicazioni presenti in letteratura.

Gli apporti solari, riferiti al lato sud-est del modulo 1, sono limitati dalla vegetazione arborea che cresce spontanea sulla collina a circa due metri di distanza dall'edificio e per circa 10 metri di altezza.



Foto 11. Corte interna dell'edificio con alberature esterne/interne alla corte



Foto 12. Alberature sulla collina di Villa Gor

1.1.4. Impianto condizionamento invernale-estivo

L'unico impianto attualmente in uso per il controllo della condensa termoigrometrica il cui periodo di installazione risale al 1977, è termico, di tipo centralizzato, termo - autonomo a caldaia con combustibile a metano e terminali di erogazione a radiatori (tab.17; tab.18).

L'edificio essendo sprovvisto di impianto di ventilazione meccanica controllata, utilizza l'apertura delle finestre come unica modalità per garantire il ricambio d'aria interno.

Dati impiantistici	
Edificio localizzato in zona climatica D – Gradi giorno 1415 (D.P.R. 412/'93)	
Volume lordo riscaldato	2550,00 mc
Superficie disperdente	2295,00 mq
Superficie utile	885,70 mq
Superficie/Volume	0,9
Produzione risc/acs	Riscaldamento + ACS
Tipo di impianto di riscaldamento	Centralizzato/Caldaia
Impianto di riscaldamento	Caldaia
Terminali di erogazione	Radiatori
Sistema di regolazione	Termostato di caldaia
Tipo di distribuzione	Distribuzione orizzontale
Anno realizzazione impianto	1977
Combustibile caldaia	Metano
Tipo di generatore	Generatore ad aria soffiata 2 stelle
Potenza nominale	120 Kw
Installazione del generatore	Centrale Termica
Altezza del camino	<10 cm

Tab. 20. Dati impiantistici
(Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

Rendimento impianto di riscaldamento	
Generazione	0,83
Distribuzione	0,96
Regolazione	0,83
Emissione	0,92
Globale	0,63

Tab. 21. Rendimento impianto di riscaldamento
(Elaborazione su dati elaborati Università Roma La Sapienza – ENEA)

1.1.5. Simulazione con codici informatici dello stato dell'arte del progetto

Per conoscere il comportamento energetico degli edifici, oggi il mercato dispone di diversi codici di simulazione con i quali è possibile raggiungere differenti gradi di accuratezza dei risultati, nel nostro caso è stato utilizzato il software DesignBuilder, che implementa come motore di calcolo EnergyPlus, la cui attendibilità è riconosciuta dalla comunità scientifica.

I vantaggi offerti attraverso l'uso di questo strumento sono diversi, ma è opportuno soffermarsi sui seguenti:

- ✓ È possibile gestire un modello tridimensionale dell'edificio suddividendolo in zone termiche costituite da diverse entità alle quali si possono attribuire le proprietà termofisiche proprie di ogni elemento costruttivo (parete opaca, trasparente etc.) che descrive il sistema edificio; inoltre, definendo l'orientamento nord, vengono rilevate automaticamente le altre esposizioni ed i carichi energetici orari che di volta in volta raggiungono le superfici esterne.
Nel software sono presenti diverse librerie di materiali e di sistemi schermanti personalizzabili, che consentono di studiare l'illuminazione naturale unitamente ai carichi termici che raggiungono gli edifici. Nel caso dei materiali trasparenti l'analisi integrata di tutti i carichi termici che tengono conto delle caratteristiche termofisiche degli stessi, consente di ottenere dati molto precisi sulle prestazioni ottenibili
- ✓ ENERGYPLUS è un codice che lavora in regime quasi stazionario e possiede al suo interno delle funzioni di tipo statistico che consentono di generare dati climatici orari pur ricevendo come input valori medi mensili. Il vantaggio di questa distribuzione randomica è di considerare i fenomeni transitori e di tipo capacitivo, che sono tipici degli edifici, ma che molti codici non tengono in conto
- ✓ È possibile inoltre descrivere in modo dettagliato diverse tipologie di impianti di climatizzazione, simulandone con precisione il comportamento durante l'anno

I dati da inserire per le simulazioni sono: geografici (altitudine, latitudine e longitudine della località), meteorologici (radiazione solare globale su piano orizzontale, temperatura, umidità assoluta, velocità del vento con direzione prevalente) e quelli riguardanti le caratteristiche proprie dell'edificio.

In quest'ultimo caso è possibile descrivere le proprietà termiche dei componenti opachi e trasparenti, gli orari di occupazione dell'edificio, l'eventuale presenza di impianti di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione.

1.1.5.1. Risultati della simulazione dello stato dell'arte del progetto con codici informatici

Nel grafico 9 sono stati riportati i valori del fabbisogno energetico dell'intero edificio scolastico.

I consumi mensili dimostrano che il periodo di riscaldamento inizia dal mese di ottobre e si estende fino al mese di maggio, l'ultima colonna mostra l'ammontare dei consumi relativi all'intero anno registrando un valore di circa 74 KWh/m²anno, in linea con la media dei consumi reali che risultano dalle bollette energetiche indicati dalla Provincia di Roma.

Valori così elevati vengono comunemente riscontrati in edifici ad un piano non isolati che presentano, come nel nostro caso, un fattore di forma molto elevato che da luogo ad una maggior dispersione termica.

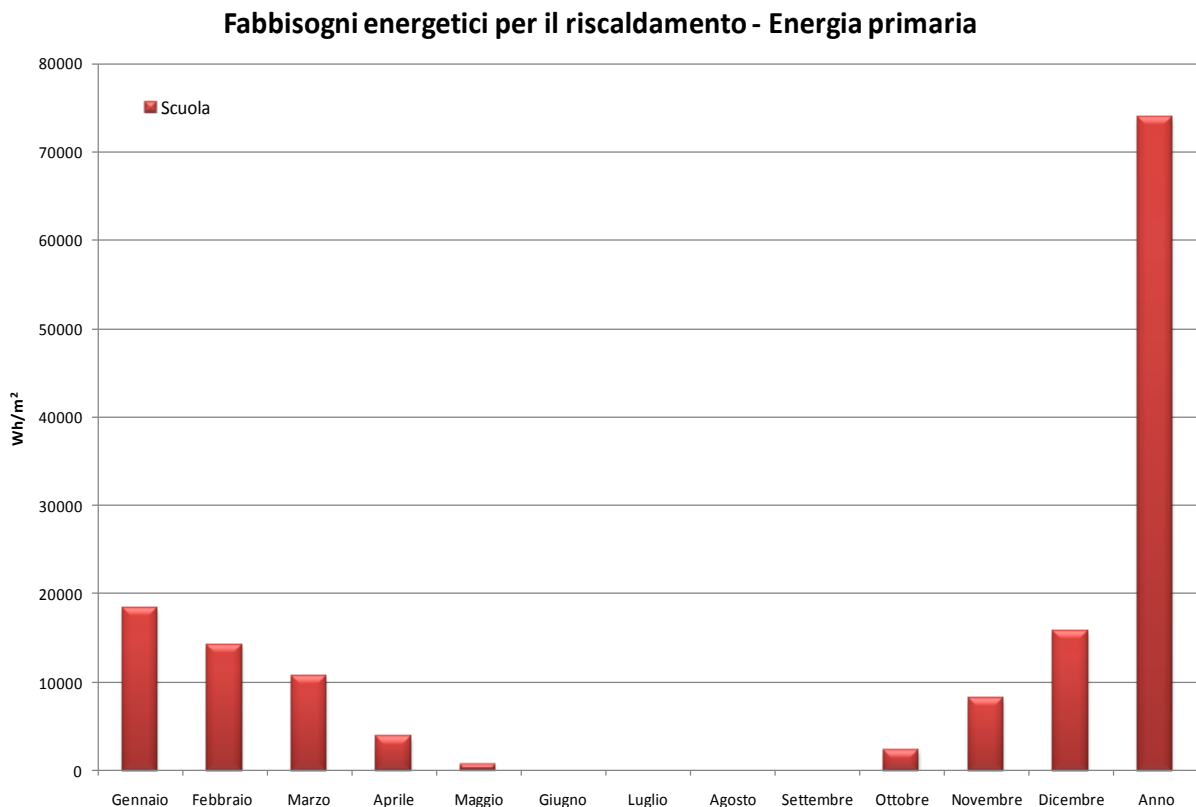


Grafico 9. Fabbisogno energetico edificio

Nel grafico 10 sono stati riportati i valori mensili dei fabbisogni di energia primaria per il riscaldamento, relativi ai 4 blocchi identificati secondo la suddivisione mostrata nella precedente figura 2.

Nel mese di gennaio vengono raggiunti in assoluto i valori maggiori registrando una lieve flessione nei mesi di dicembre, febbraio e marzo; una discrepanza maggiore invece si registra tra marzo ed aprile e tra ottobre e novembre.

Il blocco 1 presenta sempre valori più bassi rispetto agli altri essendo caratterizzato: da un fattore di forma più contenuto e da maggiori apporti di calore interni dovuti all'occupazione, non essendo presenti nel blocco locali adibiti a servizi (a bassa densità abitativa) come invece accade negli altri casi; inoltre la facciata che presenta la maggiore superficie trasparente è esposta a nord-est condizione che influenza negativamente gli apporti solari gratuiti durante il periodo invernale. Il rapporto tra i consumi del blocco 1 e degli altri blocchi rimane comunque pressoché costante in tutti i mesi dell'anno.

I blocchi 2 e 3 presentano consumi molto simili tra loro, come facilmente prevedibile, essendo caratterizzati da:

- ✓ Una forma geometrica, e di conseguenza un fattore di forma analogo
- ✓ Destinazioni d'uso e relative superfici utili interne analoghe, condizione che comporta apporti dovuti all'occupazione simili
- ✓ Stesso orientamento delle superfici esterne
- ✓ Le aule - laboratorio su due blocchi, sono esposte a sud-ovest e i corridoi a nord-est, tale circostanza comporta che gli schermi vengano attivati negli stessi istanti garantendo di conseguenza lo stesso livello di protezione solare anche in inverno

- ✓ La percentuale della superficie trasparente rispetto a quella opaca è analoga. Anche il blocco 4 presenta fabbisogni energetici in linea con i blocchi 2 e 3, tali valori trovano giustificazione attraverso l'equazione del bilancio termico dell'edificio. Il blocco 4 infatti, è destinato prevalentemente a servizi e gode di apporti gratuiti interni (dovuti all'occupazione e all'uso di apparecchiature) inferiori rispetto agli altri due blocchi, contestualmente però riceve un irraggiamento solare maggiore, presentando una facciata esposta a sud-est

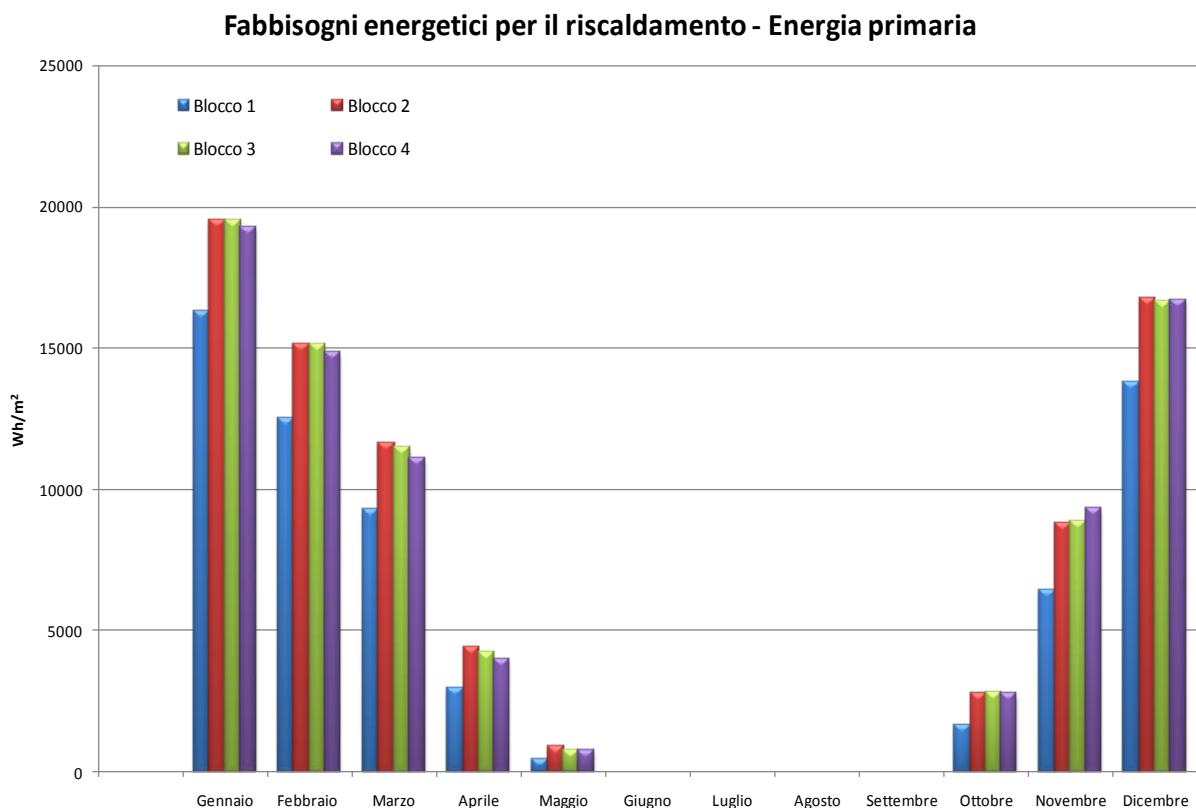


Grafico 10. Fabbisogno energetico dei blocchi

I grafici 11 e 12, riportano l'andamento delle temperature relativo ai mesi di gennaio e luglio rispettivamente di tre zone termiche di riferimento, indicate nella figura 2, ipotizzando che l'edificio non sia abitato e che l'impianto di riscaldamento sia spento.

Negli ambienti considerati, che presentano un'unica facciata finestrata esposta a sud-ovest, l'andamento delle temperature rimane simile per tutto il mese di gennaio oscillando tra i 10 e i 15 °C. Nel mese di luglio le temperature interne superano abbondantemente i 30 °C raggiungendo picchi che si avvicinano ai valori della temperatura esterna, che solo in rari casi viene superata.

Tale comportamento si riscontra solitamente negli edifici esistenti, in particolare ad un piano, poiché, sebbene siano caratterizzati da alti valori del fattore solare dei serramenti, sono soggetti anche ad elevate dispersioni di calore attraverso l'involucro a causa dei bassi valori della trasmittanza termica dei componenti edilizi, sia opachi che trasparenti. In questo modo viene ad attenuarsi l'effetto serra che caratterizza invece in modo più consistente gli edifici isolati.

L'ambiente relativo al blocco 1, a conferma di quanto sopra menzionato, presenta temperature più basse rispetto agli altri due.

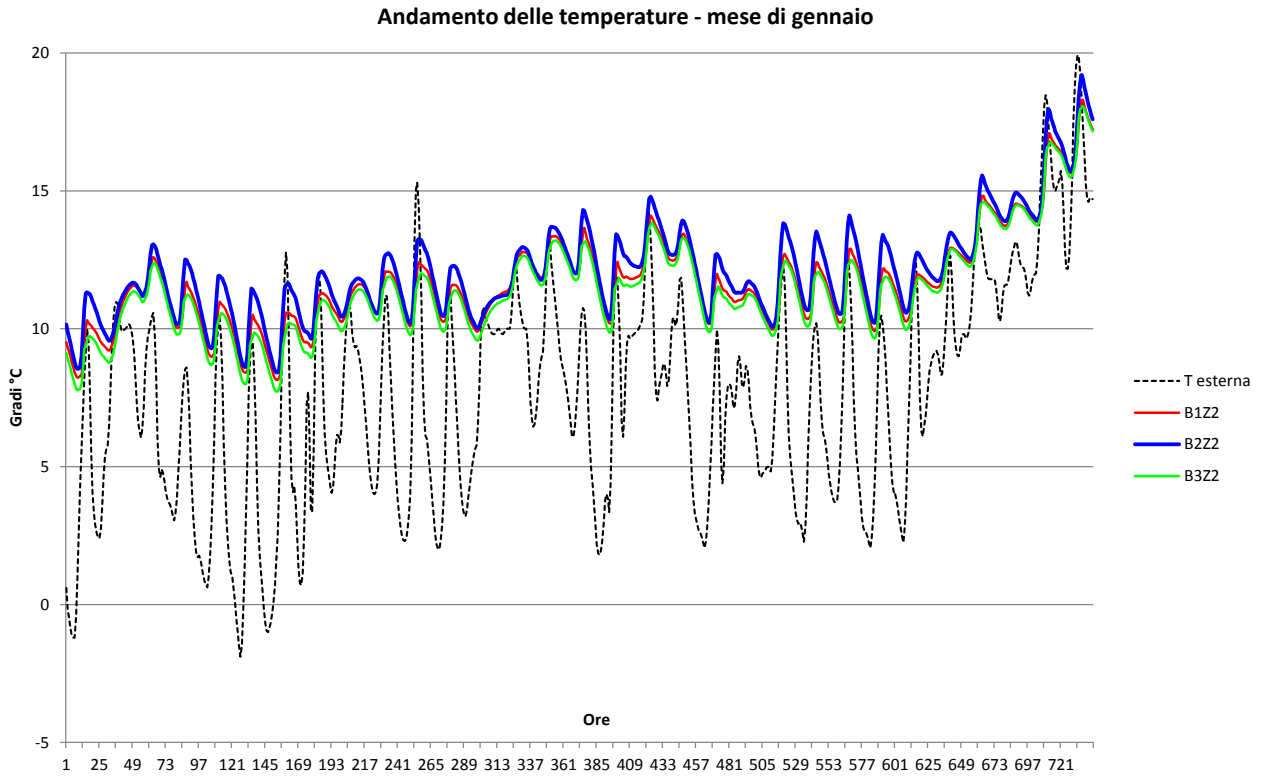


Grafico 11. Andamento della temperatura nel mese di gennaio

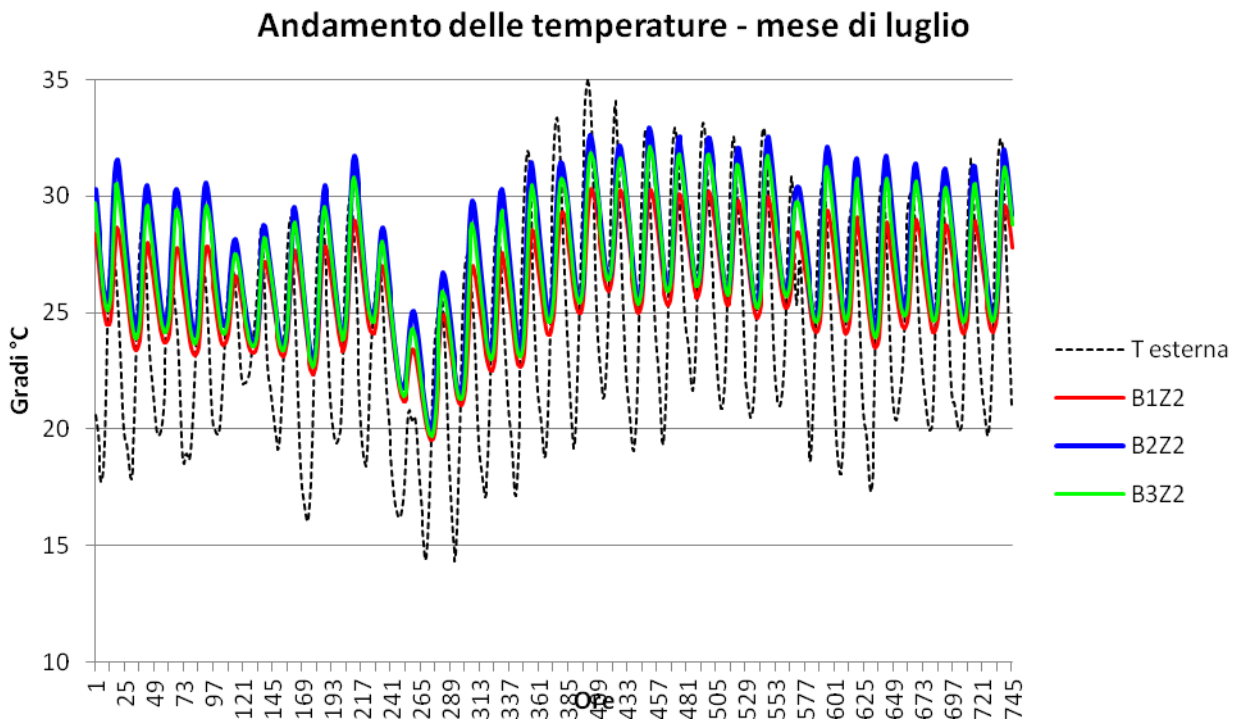


Grafico 12. Andamento della temperatura nel mese di luglio

Dalle simulazioni è emerso che i tre blocchi individuati, per le loro caratteristiche geometriche e prestazionali, manifestano lo stesso comportamento durante tutto il periodo dell'anno.

Questo aspetto si presta molto bene a poter sviluppare studi successivi e proposte progettuali orientate verso il miglioramento e la riqualificazione energetica dell'intero involucro; in particolare, intervenendo sui 3 blocchi attraverso l'applicazione di differenti tecnologie sarà possibile, confrontando i singoli comportamenti ottenuti, individuare quale tra esse garantisce la migliore risposta in termini di riduzione dei consumi e di comfort indoor. Il tema quindi rimane aperto e merita di essere ulteriormente investigato.

1.1.6. Criticità rilevate

Disagio termico invernale – estivo dovuto a scarsa efficienza energetica da mettere in relazione a:

- ✓ Carenza di isolamento termico - acustico dell'involucro opaco e trasparente interno/esterno
- ✓ Assenza di sistemi di controllo per schermatura della luce solare diretta e indiretta
- ✓ Insoddisfacente qualità dell'aria indoor
- ✓ Elevata domanda di energia elettrica – combustibili fossili a causa degli impianti obsoleti in uso
- ✓ Zone d'ombra naturali permanenti dovute all'orografia
- ✓ Assenza di sistemi di recupero e trattamento delle acque meteoriche
- ✓ Inesistente isolamento e impermeabilizzazione della zoccolatura alle pareti esterne



Foto 13. Prospetto su via Venezuela

1.2. Studio di progetto

L'edificio scelto per il progetto pilota è stato scelto, oltre che per le caratteristiche tecnologiche di impianti e materiali adottati, comuni alla più alta percentuale del parco scolastico immobiliare appartenenti alla Provincia di Roma, anche per la particolare morfologia architettonica.

La riqualificazione energetico-ambientale è determinata dalla caratterizzazione del sistema edificio-impianto dovuta alla configurazione spaziale dei tre corpi isorientati e di quasi simile superficie e cubatura.

La suddetta configurazione consente una sperimentazione di interventi, con soluzioni integrate e differenziate per ciascuno dei corpi dell'edificio, comparando in tempo reale l'elaborazione dei bilanci energetici in base ai dati di riferimento, in relazione alle tecnologie per ciascuna delle singole applicazioni.

Dal punto di vista del monitoraggio, si ha la possibilità di verifica contemporanea, nel medesimo edificio, delle potenzialità di utilizzo di applicativi tecnologici di nuova generazione presenti sul mercato nazionale ancora in fase di sperimentazione.

La metodologia utilizzata mira ad ottimizzare le percezioni di comfort termo – igrometrico delle prestazioni ambientali dopo un'attenta valutazione delle prerogative climatiche del sito e dei benefici derivati dall'orientamento e dalla configurazione spaziale dell'edificio.

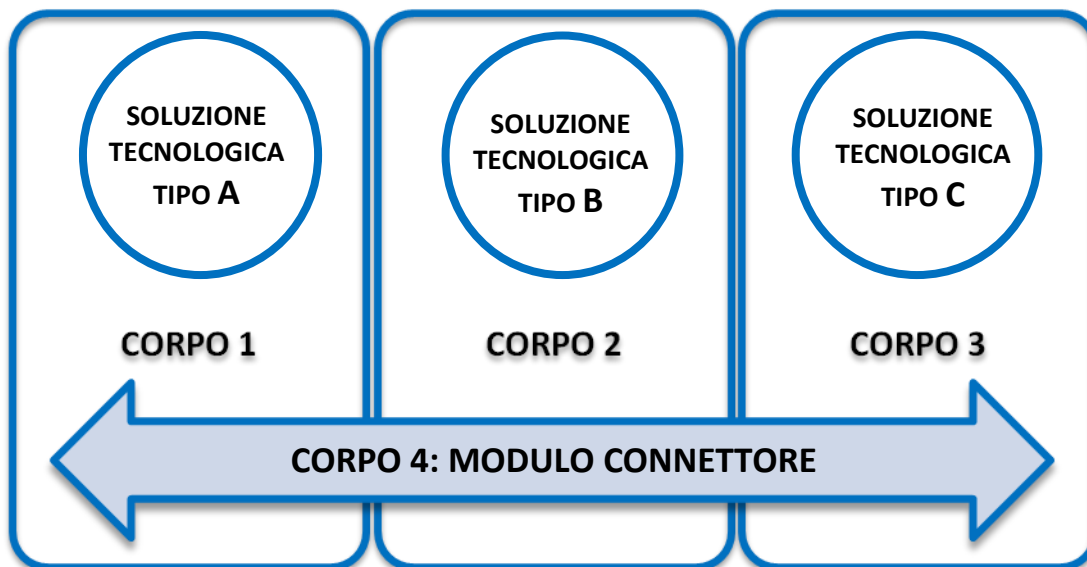
Da questa serie di valutazioni preliminari deriva la correttezza progettuale dei dati calcolati, relativi a:

- ✓ Isolamento termico (e conseguentemente acustico) dell'involucro opaco
- ✓ Aumento della qualità dell'aria indoor, ottimizzando gli apporti solari gratuiti e la ventilazione naturale mediante l'adozione di tipologie di interventi integrati.

Le azioni sull'involucro opaco e trasparente prevedono interventi di manutenzione straordinaria per il controllo della dispersione di calore invernale e delle rientrate estive, mediante revisione dell'architettura esterna con l'integrazione di sistemi tecnologici attivi e passivi con assemblaggio a secco per facilità di manutenzione, durante la fase di utilizzo e per facilità di dismissione nella fase di dismissione.

I campi delle azioni riguardano:

- ✓ Tecnologia impiantistica: termo - igrometrica, acustica, illuminotecnica
- ✓ Installazione sistema di controllo BEMS per il controllo di apporti energetici da tecnologia verde, dei consumi energetici e della sicurezza
- ✓ Sfruttamento degli apporti solari gratuiti con tecnologie passive e attive
- ✓ Utilizzo di componenti edilizi derivanti da materie prime secondarie, basso emissivi, riciclabili e isolanti
- ✓ Aumento del valore commerciale dell'edificio
- ✓ Aumento del livello di soddisfazione e partecipazione diretta da parte dei fruitori dei servizi



1.2.1. Peculiarità dell'intervento di efficientamento energetico proposto

L'anno di edificazione della scuola risale al 1962; è perciò realizzata in assenza di normativa relativa al contenimento del consumo energetico per usi termici e di sostenibilità ed eco – compatibilità a livello di materiali e impianti utilizzati.

Poiché le condizioni di orientamento e giacitura non sono modificabili, in quanto trattasi di edificio già realizzato, si prevede lo sviluppo del piano di azione per la manutenzione straordinaria, necessario all'ottimizzazione dei valori dell'efficienza energetica.

Con l'individuazione delle tecnologie appropriate per l'energy-saving, in seguito all'attenta valutazione delle opportunità di tipo tecnico ed economico finanziario-ambientale, si elabora la strategia per minimizzare il fabbisogno di energia primaria richiesto dall'edificio, il miglioramento degli apporti dovuti agli scambi termici tra l'ambiente esterno – interno necessari al recupero dei costi addizionali attraverso la riduzione dei consumi energetici.

È previsto l'isolamento termo-igrometrico e quindi acustico per tutte le pareti di confine, al fine di favorire il ritardo del flusso di calore per avere superfici calde durante la stagione invernale e viceversa, superfici più fresche durante la stagione estiva.

L'intervento di riqualificazione dell'efficientamento energetico mira anche ad adottare un largo utilizzo di Cool Material ad alto impatto, ovvero materiali ad alta riflettanza solare ed emissività termica nell'infrarosso, contribuendo così, tramite il minore scambio termico tra superfici ed aria esterna, alla riduzione della temperatura esterna.

La soluzione impiantistica individuata fa riferimento ad un impianto costituito da un generatore per la produzione del vettore caldo per la produzione di energia elettrica e da un assorbitore per la produzione del vettore freddo per il condizionamento estivo di rigenerazione.

Questo impianto, tramite un apposito collettore, servirà i quattro sottosistemi in maniera tale che ognuno di questi sottosistemi sia monitorabile e gestibile con modalità autonome, consentendo il monitoraggio dei consumi per moduli e la gestione interna ai singoli corpi, contraddistinti per differenti soluzioni di gestione.

1.2.2. Soluzioni ipotizzate

1.2.2.1. Corpo 1: Soluzione tipo A

Pavimento: contro-pavimentazione isolata

Involucro opaco: isolamento con soluzione a cappotto per garantire una maggiore inerzia termica delle pareti e conseguentemente livelli più accettabili di comfort termico invernale ed estivo

involucro trasparente: infissi certificati in PVC a risparmio energetico, caratterizzati da elevati livelli di prestazione di isolamento termico e acustico e bassa trasmittanza.

Copertura: tetto verde

PAVIMENTAZIONE	CONTROPAVIMENTO ISOLATO
INVOLUCRO OPACO	ISOLAMENTO A CAPPOTTO
INVOLUCRO TRASPARENTE	INFISSI PVC
COPERTURA	TETTO VERDE

1.2.2.2. Corpo 2: Soluzione tipo B

Pavimento: coibentato + contro-pavimentazione areata

Involucro opaco: cool material + isolamento

involucro trasparente: sostituzione infissi certificati in alluminio a ridotta dispersione di calore, doppio vetro a elevati livelli di prestazione di isolamento termico e acustico e bassa trasmittanza

Copertura: isolamento a stratigrafia con struttura in gomma riciclata e copertura a ghiaia colore chiaro. Cupolini per l'illuminazione di tipo zenitale

PAVIMENTAZIONE	COIMBENTAZIONE CONTRO-PAVIMENTO AREATO
INVOLUCRO OPACO	ISOLANTE COOL MATERIAL
INVOLUCRO TRASPARENTE	INFISSI ALLUMINIO DOPPIO VETRO
COPERTURA	GOMMA RICICLATA GHIAIA AUTORIFLETTENTE CUPOLINI

1.2.2.3. *Corpo 3: Soluzione tipo C*

Pavimento: pavimentazione a pannelli radianti alimentata dalla caldaia a condensazione integrata dai pannelli solari termici

Involucro opaco: isolamento con integrazione di parete ventilata con tamponamento multistrato a secco, tramite cool material riciclabili e senza utilizzo di colle per l'assemblaggio, con doppia pelle dinamica in funzione della radiazione solare

involucro trasparente: sostituzione infissi certificati in PVC a risparmio energetico, caratterizzati da elevati livelli di prestazione di isolamento termico e acustico e bassa trasmittanza con vetrocamera ventilata. Inserimento di soluzioni passive, quali protezioni fisse o mobili esterne per il riflesso della luce all'interno, al fine di migliorare l'illuminazione naturale (es. fasce di alluminio)

Copertura: isolamento esterno multistrato isolante e impermeabilizzante e l'integrazione della copertura tecnologica per la captazione di energia solare tramite la soluzione organicamente compresa di tappetini in silicio amorfo



1.2.2.4. Corpo 4: Modulo Connettore

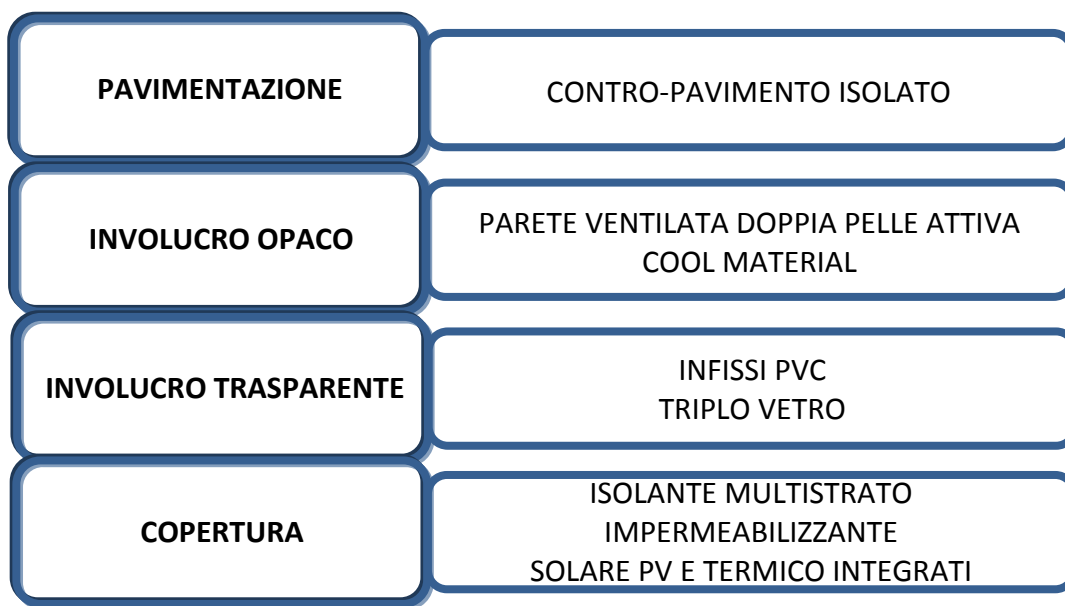
Pavimento: contro - pavimentazione isolata

Involucro opaco: isolamento con integrazione di parete ventilata con tamponatura in cool material e doppia pelle attiva a livello cromatico in funzione della radiazione solare

involucro trasparente: infissi certificati in PVC a risparmio energetico, caratterizzati da elevati livelli di prestazione di isolamento termico e acustico e bassa trasmittanza

Copertura: isolamento termico con nuova struttura integrata per il sostegno delle tecnologie per la produzione di energia da fonte rinnovabil

e: solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria e solare fotovoltaico per la produzione di energia elettrico



Elemento	Corpo 1 Soluzione tipo A	Corpo 2 Soluzione tipo B	Corpo 3 Soluzione tipo C	Corpo 4 Soluzione tipo D
Pavimento	contropavimento isolato	coimentazione contro-pavimento areato	pannelli radianti	contro-pavimento isolato
Involucro opaco	isolamento a cappotto	isolante cool material	parete ventilata tamponatura multistrato a secco	parete ventilata doppia pelle attiva cool material
Involucro trasparente	Infissi PVC	infissi alluminio doppio vetro	infissi pvc vetrocamera ventilata	infissi pvc triplo vetro
copertura	tetto verde	gomma riciclata ghiaia chiara cupolini	isolante multistrato impermeabilizzante tapetti fotovoltaico integrato	isolante multistrato impermeabilizzante fotovoltaico integrato solare termico

Tabella 22. Riepilogo delle soluzioni ipotizzate

1.2.3. Impianti

1.2.3.1. Fonti energetiche elettriche e termiche proposte per la produzione di energia da fonte rinnovabile

Abbattimento dei costi di condizionamento dell'aria con l'applicazione delle soluzioni tecnologiche più innovative proposte dal mercato, a livello di impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabile:

Solare elettrico fotovoltaico: alimentazione delle pompe di calore e di illuminazione degli spazi esterni

Solare termico: produzione di acqua calda sanitaria

1.2.3.2. Condizionamento invernale/estivo

Cogenerazione: per la produzione contemporanea di calore ed energia elettrica integrato con:

Assorbitore chiller: da collegare all'impianto di cogenerazione (trigenerazione): si ottiene un impianto di rete distribuito tra i quattro grandi sottosistemi: Corpi 1 + 2 + 3 + Modulo Connettore, i quali costituiscono ciascuno un sottoinsieme dotato di specifiche differenze a livello di terminali

Revisione dell'impianto termico esistente: con limitazione dell'utilizzo in caso di manutenzione o malfunzionamento del nuovo sistema integrato di cogenerazione

Riscaldamento a pavimento radiante: elevato comfort termico ed ambienti più salubri

Scambiatori di calore: per il recupero di energia termica presente nell'aria esausta in uscita dall'ambiente interno

1.2.3.3. Impianto elettrico: illuminazione

L'impianto di illuminazione degli spazi interni ed esterni sarà integrato nel sistema intelligente di gestione e sarà progettato in relazione allo sfruttamento della luce naturale (Daylighting) per un suo uso modulare e dimmerabilizzabile per la maggiore efficienza energetica del sistema edifico – impianto.

Si prevede l'installazione di lampade LED (Light Emitting Diodes) per le elevate prestazioni superiori rispetto agli altri prodotti offerti dal mercato, durata vita media, estrema flessibilità d'uso, ridotti costi di sostituzione e manutenzione e apparecchi illuminanti ad alta efficienza.

Il funzionamento di ciascun apparecchio inoltre, sarà corredato da rilevatori di presenza a sensore ottico o ad infrarossi per la luminosità dimmerabile a livelli intermedi di potenza in relazione alle variazioni puntuali dell'intensità luminosa naturale.

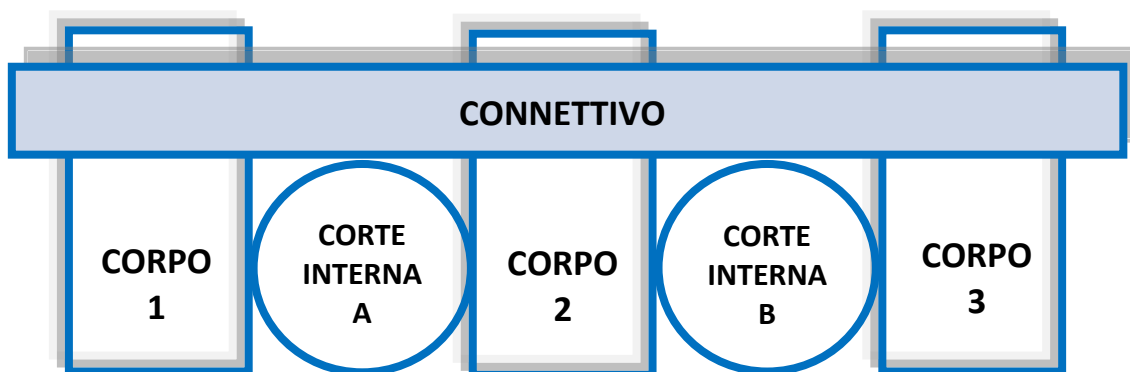
1.2.3.4. Impianto elettrico: alimentazione apparecchi

Per gli usi elettrici generici (computer, stampanti...), si prevede la realizzazione con l'apposita linea di gestione del BEMS (Building Energy Management System)

Alimentato da un sistema di auto-produzione di energia elettrica tramite la cogenerazione. Una linea di alimentazione di riserva parallela che alimenta tutte le utenze, sarà derivata dalla rete

1.2.3.5. Soluzioni e criteri bioclimatici

Per la riduzione dei carichi termici è prevista la soluzione architettonica per entrambe le corti aperte interne ai corpi 1 + 2 + 3



corte interna 1: copertura leggera con tessuto velico riciclato

corte interna 2: copertura leggera e trasparente con policarbonato, per non interrompere l'apporto di illuminazione naturale diurna, ma ombreggiata durante il periodo estivo con un sistema di semplice applicazione e di costi minimi sia a livello tecnologico che di materiali.

La strategia della chiusura della corte interna mira a realizzare un ambiente con funzione di filtro per la ventilazione naturale ed il numero di ricambi d'aria previsti dalle vigenti normative, riducendo al minimo le dispersioni termiche interno – esterno e nel contempo favorendo il recupero di energia solare durante la stagione invernale.

Durante la stagione estiva si ottiene una maggiore porzione di raffrescamento ed un maggiore deflusso dell'aria calda proveniente dagli ambienti interni, poichè la corte ha la possibilità di apertura in frazioni del tamponamento.

Lo spazio chiuso ma totalmente aperto dal punto di vista visivo, costituisce aumento di cubatura che rende possibile l'amplificazione della superficie coperta finora utilizzata per scopi didattici, costituendo un nuovo spazio gradevole e confortevole dal punto di vista bioclimatico e della percezione visiva degli utenti.

1.2.3.6. BEMS – Building Energy Management System

Adozione del sistema elettronico di controllo domotico per gestire in modo integrato il funzionamento dei sistemi degli impianti termici, di climatizzazione e di illuminazione e gestione dei carichi in relazione alle condizioni climatiche e di fruizione dell'edificio, allo scopo di un controllo per il risparmio energetico ed elettrico, la conservazione dell'energia e la gestione in tempo reale dell'andamento di tali consumi, tramite anche:

- ✓ Sistema di monitoraggio, segnalazione e diagnostica dei malfunzionamenti
- ✓ Allarmi tecnici con impianti di diffusione sonora e luminosa per le emergenze antincendio, antiallagamento, la sicurezza antintrusione, ecc.
- ✓ Sistema controllato di raffrescamento notturno estivo controllato dal sistema di sicurezza domotico
- ✓ Sistema della sicurezza e gestione dei rischi

Tale modello di gestione contribuisce alla sensibilizzazione dei fruitori del sistema edificio – impianto – ambiente, alle tematiche relative la gestione del risparmio energetico non solo in termini di costi ma anche di tutela dell’ambiente.

1.2.4. Gestione e riciclo dei rifiuti

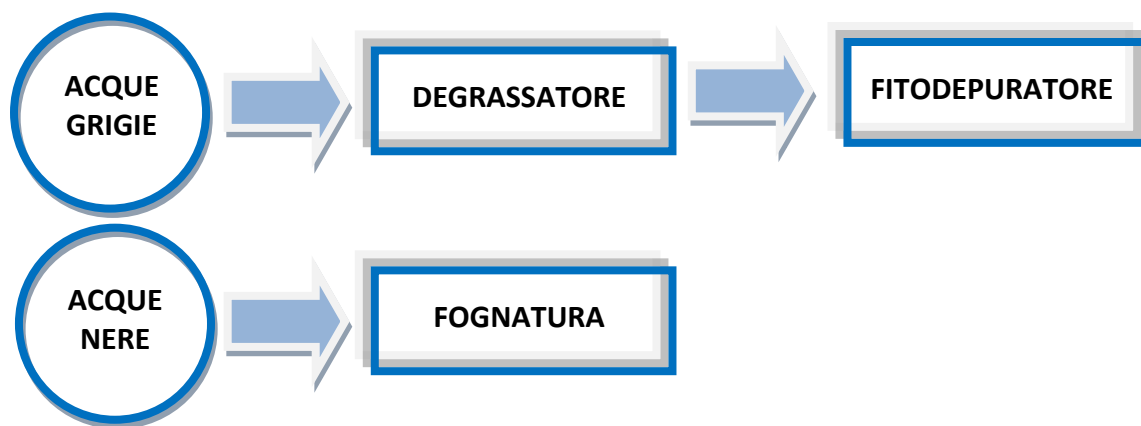
Gestione ecologica dei rifiuti che vengono differenziati da un sistema studiato per favorirne la raccolta ed organizzare un sistema in cui gli apporti esterni sono ridotti al minimo.

Installazione dell’impianto di compostaggio per il trattamento, anche con ammendanti, della frazione umida organica e verde per la produzione di compost di qualità in base all’ex. D. lgs 217/06

1.2.5. Gestione e riciclo delle acque

Per il risparmio della risorsa idrica potabile, si prevede il riciclo delle acque meteoriche e le recupero delle acque grigie da utilizzare per gli scarichi dei wc, per l’irrigazione del prato e del tetto giardino.

È indispensabile perciò, realizzare nuovi impianti di scarico nei servizi igienici, che prevedano la separazione delle acque grigie provenienti dagli scarichi delle docce e lavandini, dalle acque nere degli scarichi del wc.



Schema 4. Sistema di separazione delle acque grigie dalle acque nere

1.2.6. Riorganizzazione degli spazi esterni

- ✓ Razionalizzazione e ri-funzionalizzazione degli spazi esterni al fine di migliorare la qualità della vita e favorire gli scambi sociali e di aggregazione degli utenti all’esterno dell’edificio con l’eliminazione vegetazione per regolare il microclima e per fornire una barriera naturale dal rumore tramite valorizzazione delle alberature presenti e piantumazione di nuove specie arboree con area di ritenzione dei dislivelli lungo i percorsi; nuove pavimentazioni pedonali e carrabili differenziate; utilizzo della vegetata; illuminazione a basso consumo; colonnine fotovoltaiche per la ricarica elettrica dei motoveicoli
- ✓ Ridimensionamento dell’area parcheggio a raso, rispettando la percentuale posto auto per disabile, destinando maggior spazio a piccole vetture e motocicli elettrici in un’area immediatamente limitrofa l’ingresso carrabile e con pensilina fotovoltaica
- ✓ Contenimento del consumo di risorse uso materiali con certificazioni eco e riciclati
- ✓ Riduzione dei carichi ambientali tramite la riduzione del consumo di acqua potabile, con sistema di fitodepurazione per il recupero acque meteoriche da utilizzare per i servizi tecnici
- ✓ Massimizzazione della cantierabilità dell’intervento proposto, minimizzando i costi ed i disagi derivati e subordinandoli all’impatto ambientale ed alla funzionalità delle attività svolte nell’edificio

2. Conclusioni

L'edificio proposto per il progetto pilota, appartenente al patrimonio immobiliare della Provincia di Roma, è stato individuato nell'ambito della tipologia edilizia più energivora, con carenza di progettazione bioclimatica sostenibile e quindi con le più rilevanti potenzialità in termini di risparmio energetico.

L'analisi emersa dall'elaborazione dei dati da parte dell'Università Roma La Sapienza, per gli edifici appartenenti al patrimonio immobiliare della Provincia di Roma, evidenzia e conferma che essi rappresentano una grande fonte potenziale di risparmio energetico ottenibile dall'efficientamento del sistema edificio-impianto, ovvero di energia non prodotta dalle centrali in virtù del risparmio energetico derivato dall'efficacia degli interventi di ristrutturazione.

Naturalmente, ciò è consequenziale al fatto che la quasi totalità degli edifici esistenti risale al periodo antecedente il recepimento della Legge 10/91 sul risparmio energetico e quindi non adeguati alla vigente normativa europea che richiede per tutti gli edifici l'appartenenza alla classe energetica più elevata ottenibile in relazione al parametro dell'energia consumata per mq/anno

Un piccolo nucleo di edifici scolastici, la cui realizzazione è antecedente agli anni cinquanta, ha prestazioni energetiche migliori rispetto a quelle costruite dopo, perché realizzati interamente in muratura portante.

Tali edifici però, presentano evidenti problematiche e maggiori tempi di intervento anche per la sola sostituzione di infissi ad alte prestazioni isolanti nonché per il rinnovo degli impianti termici ed elettrici, in virtù del fatto che sono quasi tutti sottoposti a vincolo architettonico da parte della Sovrintendenza alle Belle Arti

Per questa serie di motivazioni il caso studio descritto, si propone di assumere carattere esemplificativo ad elevata potenzialità di replicabilità dell'intervento proposto, poiché configurato come criterio di riferimento, applicabile alla quasi totalità degli edifici scolastici appartenenti al patrimonio nazionale, le cui caratteristiche relative alla tipologia edilizia e perciò anche le carenze a livello architettonico ed energetico risultano simili tra loro; tali interventi, oltre a fornire soluzioni alle esigenze di ottimizzazione gestionale degli edifici, rispondono anche ai doveri di recepimento della vigente normativa europea e nazionale.

Inoltre la configurazione spaziale dell'edificio consente l'adozione di differenti soluzioni per l'involucro edilizio e consente il confronto delle prestazioni energetiche che potranno fornire indicazioni utili per la definizione di interventi replicabili in altri edifici con caratteristiche simili.

L'applicazione di queste soluzioni potrà rappresentare una sorta di edificio – laboratorio che offre la possibilità di vedere applicate differenti tecnologie e soluzioni di efficienza energetica da presentare all'esterno come best – practice.

3. Riferimenti bibliografici

1. Gruppo di ricerca Source Italia, "Energia Solare", SoURCE, Sustainable Urban Cell, n. 1 volume (anno 2010), pp. 143 - 145. Editore Quintily spa, Roma.
2. F. Asdrubali, G. Beccali, M. Cellura, F. Cumo, U. Di Matteo, F. Gugliemetti L'analisi del ciclo di vita degli edifici CELID 2012
3. RAEE 2011 - Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2011, "Lazio", pp. 187 – 194; "Le tecnologie", pp. 29 – 32; "Strumenti nazionali di incentivazione dell'efficienza energetica" pp. 83 – 84; anno 2012, Editore Servizio Comunicazione Enea, Roma.
4. Erhorn, H.: "Bringing Retrofit Innovation to Application in Public Buildings – BRITA in PuBs." Publishable final activity report of the EU FP6 Integrated Project BRITA in PuBs (2008).
5. Concerted Action. *Cost optimal levels for energy performance requirements - The Concerted Action's input to the Framework Methodology*. Maggio 2011.
6. Boarin, P. RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E AMBIENTALE DELL'EDILIZIA SCOLASTICA. IMMAGINI, OBIETTIVI, STRATEGIE, OPPORTUNITÀ. Diss. Università degli Studi di Ferrara, 2009.
7. Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (EPBD recast).
8. Tomasinsig E., Edifici ecoefficienti, Area Science Park, Trieste 2009.

NORME TECNICHE

UNI EN 15459. Prestazione energetica degli edifici. Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici. Luglio 2008.

UNI EN 15603. Prestazione energetica degli edifici. Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica. Luglio 2008.

UNI CEN/TR 15615. Spiegazione della relazione generale tra le varie norme europee e la direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD). Documento riassuntivo. Settembre 2008.

UNI EN ISO 13790:2008. Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling, March 2008.

EN 15316:2007 (series). Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies.

EN 15243:2007. Ventilation for buildings - Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems, August 2007.

EN 15193:2007. Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting, September 2007.

UNI. UNI/TS 11300 (serie), Prestazioni energetiche degli edifici, 2008-2012.

UNI 10349, Building space heating and cooling – Dati climatici, Aprile 1994.

4. Riferimenti sitografici

<http://www.anit.it/>

<http://www.enea.it/it>

<http://dati.istat.it>

<http://www.istruzione.it>
<http://www.stiferite.com>
<http://www.legambiente.it>

5. Abbreviazioni ed acronimi

BEMS Building Energy Management System
CO₂ – Anidride Carbonica
BAT – Best Available Technology
BAT - Best Available Techniques
CITERA – Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Architettura
D.L. - Decreto legislativo
D. lgs - Decreto legislativo
ENEA – Agenzia Nazionale Energia e Ambiente
EPC - Energy Performance Contract
EPBD – Energy Performance of Buildings Directive
FER - Fonti Energetiche Rinnovabili
LED - Light Emitting Diodes
ISTAT – Istituto Nazionale di Statistica
MIUR – Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca
NZEB - Near Zero Energy Building
PV - Photovoltaics
PVC – Cloruro di Polivinile
UE – Unione Europea
UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione

Curriculum scientifico del gruppo di lavoro

Anna Maria Fogheri

Dottoranda in Energetica e Fisica Tecnica presso il D.I.A.E.E. - Sapienza Università di Roma e stagista presso il Ministero dello Sviluppo Economico, Direzione generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica. Laureata in Architettura alla Sapienza Università di Roma. Dal 2009 svolge attività di collaborazione alla ricerca con il C.I.T.E.R.A. - Sapienza Università di Roma. Esperta in Building Information Modeling (BIM) e in progettazione e analisi dinamica per l'ottimizzazione dell'efficienza energetica degli edifici. Autrice e co-autrice di pubblicazioni nel settore dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili.

Fabrizio Cumo

Ingegnere, Professore Associato di Fisica Tecnica Ambientale e Direttore del Master in Project Management presso la Facoltà di Architettura della Sapienza Università di Roma. Autore di oltre 100 pubblicazioni nel settore dell'energetica, delle energie rinnovabili e dei sistemi tecnologici di scambio termico applicati agli edifici. Membro del Dipartimento DATA Design, Tecnologia dell'Architettura, territorio e Ambiente. Responsabile scientifico di numerosi progetti di ricerca nell'ambito energetico e ambientale per conto della Direzione Generale per l'internazionalizzazione della Ricerca del MIUR e della Direzione Generale Protezione Natura del MATTM.

Allegato A

Elenco scuole Provincia di Roma

DENOMINAZIONE	INDIRIZZO	A.REALIZZ.	AREA	TECNOLOGIA	SCHERMATURA	CARATTERIST.
Roma	L.Classico	no	1531	str. port. c.armato	no	edif. 2 liv.
Frascati	attiv. scolast. e assimilab.	1969	1527	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1980 ca.	1527	muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 5 liv.
Roma	Istituto Tec.Industr. e ass.	no	1510	str. port. c.a.	no	no
Tivoli	attiv. scolast. e assimilab.	no	1509	strutt. muratura portante	persiane	edif. isol. 4 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca	1478	str. port. c.a, tamp. murat.	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
Guidonia M.	attiv. scol. e assim.	1970 ca.	1473	str. port. c.a, tamp. muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Roma	Istituto Tec.Industr. e ass.	no	1470	str. port. c.a.	no	no
Bracciano	attiv. scolast. e assimilab.	no	1463	muratura portante	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Roma	Istituto Tec.Industr. e ass.	no	1450	str. port. c.a.	no	no
Fiumicino	attiv. scolast. e assimilab.	ante 1967	1426	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Ciampino	Istituto Tec.CommercialeG	no	1420	strutt. muratura portante	vetri non schermati	no
Roma	IPSSAR Alberg. e ass.	no	1410	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	edif. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1395	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
Ciampino	I.Professionale	no	1392	str. port. c.armato	serrande avvolgibili	edif. 2 liv.
Ladispoli	attiv. scolast. e assimilab.	1999	1349	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 6 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1302	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	1300	str. port. c.a, tamp. murat.	no	no
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1920	1295	muratura portante	persiane	edif. isol. 2 liv.
Roma	IP P.	no	1295	Muratura portante	serrande avvolgibili	edif. 2 liv.
Tivoli	attiv. scolast. e assimilab.	no	1279	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1971 ca.	1261	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Bracciano	Istituto Tecnico Commerciale attiv. scolast. e as	1990	1242	strutt. portante cemento armato	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Ariccia	Istituto Tec.Industr.	no	1237	strutt. muratura portante	vetri non schermati	edif. isol. 5 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1960 ca.	1234	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
Roma	Liceo Artistico	no	1225	str. port. c.armato	serrande avvolgibili	edif. 2 liv.
Fiumicino	attiv. scolast. e assimilab.	1967	1203	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Tivoli	attiv. scol. e assim.	no	1202	str. port. c.a, tamp. pann. pref.	no	edif. isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1980 ca.	1193	muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 4 liv.
Roma	palestra	no	1182	str. port. c.a, tamp. muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Fiumicino	attiv. scolast. e assimilab.	1967	1178	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Roma	palestra	1990 ca.	1178	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 1 liv.

Analisi edifici: scuole medie superiori della Prov. Roma

DENOMINAZIONE	INDIRIZZO	A.REALIZZ.	AREA	TECNOLOGIA	SCHERMATURA	CARATTERIST.
Colleferro	palestra	post 1967	1127	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
Santa Marinella	attiv. scolast. e assimilab.	no	1085	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Tivoli	attiv. scol. e assim.	post 1950	1053	str. port. c.a, tamp. muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Roma	IPSSAR alberghiero	no	1049	strutt. muratura portante	persiane	edif. 2 liv.
Roma	palestra	post 1967	1031	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Colleferro	attiv. scolast. e assimilab.	post 1968	1025	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 1 liv.
Palombara S.	palestra	1978	1023	str. port. c.a, tamp. muratura	no	edif. isol. 2 liv.
Roma	palestra	1970 ca.	997	str. port. e tamp prefabb c.a.	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Colleferro	palestra	post 1967	976	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Roma	Istituto Tec.Commerciale	no	971	strutt. muratura portante	no	no
Albano	Istituto Prof. Stato Serv.Commerciali	no	965	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	no
Roma	Istituto Tec.Industr. e ass.	no	959	str. port. c.a.	no	no
Tivoli	attiv. scolast. e assimilab.	1960	941	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
Fiumicino	palestra	no	931	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Frascati	attiv. scolast. e assimilab.	2000	921	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1920	902	muratura portante	no	edif. Isolato
Roma	Istituto Tec.Industr.	no	888	strutt. muratura portante	no	no
Cerveteri	attiv. scolast. e assimilab.	1980 ca.	884	str. port. c.a., tamp muratura	tendaggi esterni	edif. isol. 4 liv.
Guidonia	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca.	884	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Fiumicino	attiv. scolast. e assimilab.	no	873	str. port. c.a, tamp. murat.	no	edif. isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	868	str. port. c.a, tamp. murat.	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Roma	Istituto Tec.Commerciale e ass.	no	860	str. port. c.a.	no	no
Monterotondo	attiv. scolast. e assimilab.	1940	851	Muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 4 liv.
Anzio	IPSSAR III Alberghiero	no	842	str. port. c.armato	serrande avvolgibili	edif. 1 liv.
Guidonia	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca.	837	Struttura portante mista	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Tivoli	palestra	no	826	Str. acciaio e tamp. pannelli pref.	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Genzano	IPSIA	no	802	str. port. c.armato	vetri non schermati	edif. 3 liv.
Ladispoli	attiv. scolast. e assimilab.	no	789	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 4 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	782	strutt. muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	2000 ca.	773	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
Tivoli	attiv. scolast. e assimilab.	1940	773	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 6 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	772	str. port. c.armato	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.

Analisi edifici: scuole medie superiori della Prov. Roma

DENOMINAZIONE	INDIRIZZO	A.REALIZZ.	AREA	TECNOLOGIA	SCHERMATURA	CARATTERIST.
Fiumicino	attiv. scolast. e assimilab.	post 1967	771	str. port. c.a., tamp muratura	no	no
Roma	Istituto Tec.Commerciale e ass.	no	765	str. port. c.a.	serrande avvolgibili	edif. 1 liv.
Gennazano	attiv. scolast. e assimilab.	post 1977	760	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Genzano	L. Scientifico	no	759	str. port. c.armato	vetri non schermati	no
Anzio	Istituto Prof. Stato Serv.Commerciali	no	750	str. port. c.armato	vetri non schermati	edif. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1971 ca.	744	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca	736	str. port. c.a., tamp. prefabb.	serrande avvolgibili	edif. isol. 3 liv.
Roma	attiv. scol. e assim.	ante 1967	724	str. port. c.a, tamp. muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol.
Rignano Fl.	attiv. scolast. e assimilab.	post 1950	698	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 3 liv.
Roma	attiv. scol. e assim.	ante '60	697	strutt. muratura portante	no	no
Civitavecchia	palestra	no	691	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
Genzano	L.Scientifico	no	682	strutt. muratura portante	no	no
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1980 ca	682	str. port. c.a., tamp. pannelli pref.	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Guidonia M.	palestra	1971 ca.	678	str. port. acc, tamp. pann. pref.	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1980	655	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol 2 liv.
Roma	palestra	no	651	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	post 1967	647	muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 5 liv.
Zagarolo	attiv. scolast. e assimilab.	no	631	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Monterotondo	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca.	627	str. port. c.armato	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
Monterotondo	attiv. scolast. e assimilab.	1981 ca.	620	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Olevano R	attiv. scol. e assim.	1982	609	str. port. c.a, tamp. muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	1970 ca.	606	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 1 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	ante 1968	595	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
Santa Marinella	attiv. scolast. e assimilab.	no	589	str. port. c.a., tamp pannelli	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	582	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
Roma	palestra	no	564	str. port. c.a, tamp. muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 1 liv.
Colleferro	attiv. scolast. e assimilab.	post 1967	559	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
Roma	attiv. scolast. e assimilab.	no	545	str. port. c.a, tamp. murat.	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
Tivoli	palestra	no	543	str. port. c.a, tamp. pann. pref.	no	edif. isol. 1 liv.
Roma	palestra	no	512	str. port., tamp. c.a.	vetri non schermati	edif. non isol. 1 liv.
Roma	palestra	ante 1967	509	strutt. muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.

Analisi edifici: scuole medie superiori della Prov. Roma

ANALISI EDIFICI SCUOLE MEDIE SUPERIORI DEL COMUNE DI ROMA

DENOMINAZIONE	IINDIRIZZO	A.REALIZZ.	AREA	TECNOLOGIA	SCHERMATURA	CARATTERISTICHE
IST. D'ISTRUZ. SUP. CARTESIO -LUXEMBURG	v. C. Lombroso, 120	1980 ca.	2002	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 5 liv.
L.SCIENTIFICO -RIGHI (SUCCURSALE)	v. Boncompagni, 22	--	1938	str. port. c.a.	persiane	edif. 1 liv.
L. SCIENTIFICO -T. GULLACE TALOTTA	v. A. Solmi, 27	--	1927	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 4 liv.
L. SCIENTIF. -v. DEI PAPARESCHI	v. dei Papareschi, 30 A	1950 ca.	1910	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
I.T.I. SCIENTIFICO -VALLAURI	v. Grottaferrata, 76	--	1896	str. port. c.a.	vetri non schermati	edif. 2 liv.
L. CLASSICO -L. CARO	v. India, 12	--	1858	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	edif. isol. 4 liv.
L. SCIENTIFICO -AVOGADRO	v. Brenta, 26	--	1821	str. muratura	vetri non schermati	edif. 3 liv.
IST PROF PER I SERV. SOCIALI -JEAN PIAGET	v. M. F. Nobiliore, 79	--	1705	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 2 liv.
IST. TECN. TURISMO -C. COLOMBO	v. delle Vigne Nuove, 413	--	1705	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
L. SCIENTIFICO -FARNESINA	v. Lungotevere M. Diaz	1936 ca.	1680	Struttura in muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
I.P.S.S.A.R. -A. VESPUCCI	v. Facchinetti, 42	--	1667	str. port. c.a., tamp muratura	--	edif. isol. 4 liv.
L. SCIENTIFICO -F. D'ASSISI	v. Castore Durante, 11	--	1603	str. port., tamp. c.a.	serrande avvolgibili	edif. non isol.ato 4 liv.
I.P.SCIENTIFICO -V. WOLF	v. Carpineto, 11	1967	1587	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 3 liv.
L.CLASSICO -G. DE SANCTIS	v. Cassia, 726	--	1581	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 4 liv.
I.T.A. SCIENTIFICO -GENOVESI	L.go Villa Paganini, 6	--	1578	strutt. muratura portante	persiane	--
L. SCIENTIFICO -B.CROCE	v. Bardanzellu, 7	--	1577	strutt. muratura portante	--	--
SCUOLA MUSICA E INCONTRO	v. Tiburtina, 695	1980 ca.	1577	str. port. c.a., tamp. muratura	vetri non schermati	edif. isol.ato 3 liv.
L.CLASSICO -ORAZIO (SUCCURSALE)	v. Isola Bella, 5	1980 ca.	1572	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 4 liv.
L. CLASSICO -PLAUTO (SUCCURSALE)	v. S. Lo Rizzo 71	--	1531	str. port. c.armato	--	edif. 2 liv.
L. CLASSICO -AUGUSTO	v. Gela, 14	1980 ca.	1527	muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 5 liv.
I.T.I. SCIENTIFICO -VALLAURI	v. Grottaferrata, 76	--	1510	str. port. c.a.	--	--
IST. PROFESSIONALE -P. GOBETTI	v. V. Brancati, 44	1970 ca.	1478	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
I.T.I. SCIENTIFICO -VALLAURI	v. Grottaferrata, 76	--	1470	str. port. c.a.	--	--
I.T.I. SCIENTIFICO -VALLAURI	v. Grottaferrata, 76	--	1450	str. port. c.a.	--	--
IPSSAR ALBERGHIERO -P. ARTUSI	v. S. Tarcisio, 66	--	1410	strutt. muratura portante	serrande avvolgibili	edif. 3 liv.

DENOMINAZIONE	IINDIRIZZO	A.REALIZZ.	AREA	TECNOLOGIA	SCHERMATURA	CARATTERISTICHE
IST. TECNICO INDUSTRIALE -G. FERRARIS	v. Fonteiana, 111	1960 ca.	1234	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
LA VI LICEO ARTISTICO	v. Pinturicchio 218	--	1225	str. port. c. armato	serrande avvolgibili	edif. 2 liv.
L. CLASSICO -AUGUSTO	v. Gela 14	1980 ca.	1193	muratura portante	serrande avvolgibili	edif. non isol. 4 liv.
I.P.S.S.A.R. ALBERGHIERO -T.CARBONE	v. Tor Carbone, 53	--	1049	strutt. muratura portante	persiane	edif. 2 liv.
IST. TECNICO COMMERCIALE -A.GENOVESI	v. Venezuela, 43	1962	1042	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 1 liv.
IST. ARTE -ROMA 1	v. Argoli, 45	--	971	strutt. muratura portante	--	--
IST PROF PER I SERV. SOCIALI -S. ALERAMO	v. San Cannizzaro, 16	1920	902	muratura portante	--	edif. Isolato
I.T.I.SCIENTIFICO -ARMELLINI	P.zza B. P. Riccardi, 13	--	888	strutt. muratura portante	--	--
IST. PROF. ALBERGHIERO -D. LUCILLA	v. Domizia Lucilla, 76	--	868	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 2 liv.
I. T. COMMERCIALE -RADICE (SUCCURSALE)	v. Campo Romano	--	860	str. port. c.a.	--	--
L. CLASSICO -L. CARO	v. India, 12	--	782	strutt. muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
L. SCIENTIFICO -L. PASTEUR	v. G. Barellai, 130	2000 ca.	773	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 2 liv.
L. CLASSICO -ORAZIO	v. Carlo Spegazzini, 50	--	772	str. port. c.armato	serrande avvolgibili	edif. non isol. 1 liv.
I. T. COMMERCIALE -RADICE (SUCCURSALE)	v. Campo Romano	--	765	str. port. c.a.	serrande avvolgibili	edif. 1 liv.
L. SCIENTIFICO -L. PASTEUR	v. G. Barellai, 130	1971 ca.	744	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
IST. TECN. INDUSTRIALE -HERTZ	v. Tuscolana, 1113	1970 ca	736	str. port. c.a., tamp. pann. pref.	serrande avvolgibili	edif. isol. 3 liv.
L. SCIENTIFICO -F. D'ASSISI	v. Monte delle Capre, 23	ante 1967	724	str. port. c.a., tamp. muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol.ato
IST. ISTRUZ. SEC. SUP. -VOLTA CECCARELLI	v. Di Bravetta, 541	1980 ca	682	str. port. c.a., tamp. pann. pref.	vetri non schermati	edif. non isol. 2 liv.
LICEO SCIENTIFICO -J.F.KENNEDY	v. Nicola Fabrizi, 7	1980	655	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. Isol 2 liv.
IST. TECN. COMMERC. -CARAVAGGIO	v. Odescalchi, 75	post 1967	647	muratura portante	vetri non schermati	edif. non isol. 5 liv.
L. SCIENTIFICO -L. PASTEUR	v. G. Barellai, 130	1970 ca.	606	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. isol. 1 liv.
L. SPERIMENTALE -G. BRUNO (SEDE PRINC.)	v. Della Bufalotta, 594	ante 1968	595	str. port. c.a., tamp muratura	serrande avvolgibili	edif. non isol. 3 liv.
ISTIT. TECN. COMMERCIALE -CALAMANDREI	v. Emery, 97	--	582	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. non isol. 3 liv.
IPSIA -EUROPA	v. Trinchieri, 49	--	545	str. port. c.a., tamp muratura	vetri non schermati	edif. isol. 1 liv.
IPSSAR ALBERGHIERO -TOR CARBONE	v. Tor Carbone, 53	--	487	strutt. muratura portante	persiane	edif. 2 liv.

Analisi edifici: scuole medie superiori del Ccomune di Roma