

## Qualità dell'Aria negli Edifici Scolastici

WP3. Indagine sullo stato dell'arte e del mercato

Task 3.4 – Criteri di selezione dei casi studio



Data: 30.11.2019

Task Leader: Eurac Research – Istituto per le Energie Rinnovabili

Autore: Annamaria Belleri

© ALL RIGHTS RESERVED

## Indice

1	Introduzione.....	3
2	Processo di selezione dei casi studio .....	4
2.1	Raccolta dati del parco edilizio scolastico .....	4
2.2	Incontri con le pubbliche amministrazioni.....	8
2.3	Criteri di selezione dei casi studio.....	8
2.4	Sopralluoghi .....	9
3	Casi studio selezionati.....	10
	ANNEX A – Scheda sopralluogo .....	11
	ANNEX B – Checklist raccolta dati .....	13

## 1 Introduzione

Il processo di selezione dei casi studio ha coinvolto tutti i partner del progetto che hanno messo in campo la loro esperienza al fine di identificare dei casi studio rappresentativi del parco costruito nei rispettivi territori e che potessero essere interessanti al fine di:

- **definire delle linee guida di progettazione** (dimensione aule, rapporto aero-illuminante, gestione impianto di ventilazione, commissioning, materiali di rivestimento interni) ricavate da esperienza in campo su edifici già risanati e non;
- definire **protocolli di misura per valutare la qualità dell'aria** attraverso cui identificare possibili problematiche legate alla qualità dell'aria;
- **confrontare performance** di edifici con caratteristiche e utilizzo simili;
- **testare efficacia interventi di miglioramento soft** (es. modifica al controllo della ventilazione meccanica, regolare pulizia filtri e canali, segnali concentrazione di CO2...) **e hard** (es. installazione macchina di ventilazione decentralizzata, ventilatori per scambio aria con i corridoi, sostituzione finestre, sostituzione sistema di apertura, sostituzione rivestimenti interni con materiali basso-emissivi..).

## 2 Processo di selezione dei casi studio

Il processo di selezione dei casi studio è partito da un'analisi dei dati disponibili sul parco costruito dell'edilizia scolastica nei territori che interessano il progetto. Grazie a questo supporto e ad incontri con le pubbliche amministrazioni da cui è emersa l'esigenza di intervenire in alcune scuole, è stata creata una lista di edifici in cui sono stati organizzati dei sopralluoghi accompagnati dal personale scolastico che è stato sottoposto a delle brevi interviste finalizzate a capire le modalità di gestione dell'edificio e le problematiche relative a comfort e qualità dell'aria riscontrate.

A seguito dei sopralluoghi si sono poi selezionati i 6 casi studio di progetto nel territorio Alto Atesino, in accordo con tutti i partner. Tale selezione ha tenuto in considerazione anche i 6 casi studio già selezionati nel territorio Ticinese.

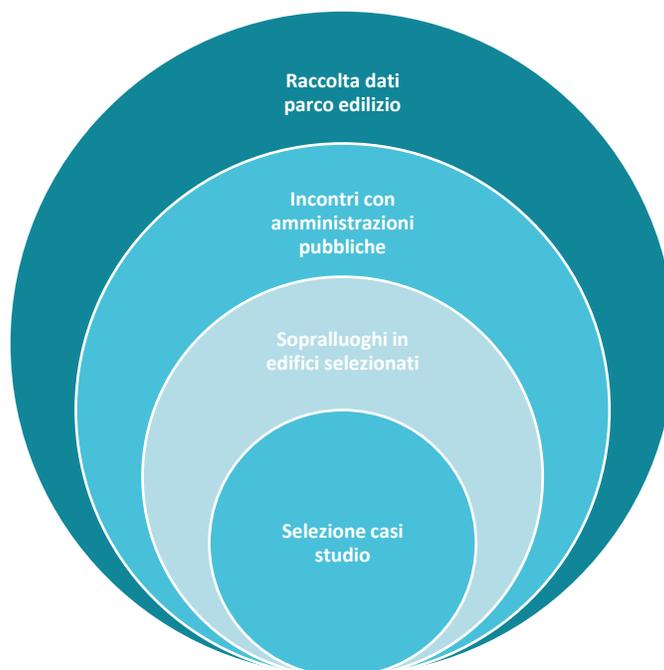


Figura 1. Processo di selezione dei casi studio.

### 2.1 Raccolta dati del parco edilizio scolastico

Il processo di selezione dei casi studio è iniziato con una raccolta dei dati messi a disposizione dai partner sul parco costruito e riassunti in Tabella 1.

Tabella 1. Database messi a disposizione dei partner.

Database	Tipologia di dati
Laboratorio Analisi Aria e Rumore – Provincia di Bolzano	Database misure, senza riferimento diretto alla scuola in cui sono state effettuate: gradi di istruzione, parametri misurati, concentrazioni rilevate, anno-mese in cui la misura è stata effettuata
Agenzia CasaClima	edifici scolastici certificati (o in fase di certificazione) CasaClima in provincia di Bolzano: nome, indirizzo, classe energetica complessiva, classe involucro, tipo di impianto di riscaldamento e ventilazione, area, volume, rapporto superficie disperdente/volume (A/V), data di certificazione,
Cerplan	Tutte le scuole secondarie superiori di proprietà della Provincia di Bolzano: nome, indirizzo, anno di costruzione, anno ultima ristrutturazione, area volume

Elenco scuole da sito provincia di Bolzano <sup>1</sup>	scuole presenti sul territorio del comune di Bolzano
Banca dati scuole di Bellinzona	nome, indirizzo, comune, grado di istruzione, anno di costruzione,
Banca dati scuole di Mendrisio	certificazione minergie, tipo di impianto di riscaldamento, dati consumi
Banca dati Scuole Sezione Logistica e altre scuole raccolte	riscaldamento, acqua calda sanitaria
Agenzia Minergie	Edifici certificati e tipo di certificazione (standard, A, P, eco)

Sebbene i dati non siano esaustivi e comprensivi di tutti gli edifici scolastici presenti sui territori oggetto del progetto, dalla loro analisi si sono potute fare diverse osservazioni.

Si e' stimato che nella provincia di Bolzano ci sono circa 1000 edifici scolastici, di cui solo 118 dispongono di certificato energetico CasaClima (Figura 2). Tra gli edifici che dispongono di certificato energetico, solo 54 sono in CasaClima classe B o superiori, 36 sono in classe G (certificate probabilmente perché sono in programma degli interventi). Quindi, si stima che circa il 90% del patrimonio edilizio scolastico è costituito da edifici energeticamente non efficienti. Inoltre, circa il 30% degli edifici scolastici certificati si affida alla ventilazione meccanica per il ricambio igienico degli ambienti.

Nel canton Ticino, i database dei comuni di Bellinzona, Mendrisio e la Sezione logistica riportano in totale 180 scuole. La Tabella 2 riporta il numero di sezioni e di alunni delle scuole d'infanzia, elementari e medie in Canton Ticino nell'anno scolastico 2016/2017.

Tabella 2. Numero di sezioni e di alunni per tipologia di scuola in Canton Ticino. Anno scolastico 2016/2017.

Scuola	Numero sezioni	Numero allievi
Infanzia	412	8'167
Elementare	822	15'009
Media	584	11'960

Da un'analisi qualitativa della tipologia costruttiva delle scuole ticinesi sono emersi i seguenti aspetti:

- Le scuole dell'infanzia hanno tipologie costruttive molto diverse, ma una buona parte sono costruzioni massicce convertite da uso amministrativo ad uso scolastico.
- Le scuole elementari sono di dimensioni più importanti e tendenzialmente più recenti, principalmente costruite negli anni '60
- Le scuole medie sono elementi prefabbricati in calcestruzzo risalenti agli anni '60

Il database Minergie riporta invece 54 scuole certificate o in fase di certificazione sul territorio del canton Ticino (Figura 3). Tra i requisiti per ottenere la certificazione Minergie vi è il ricambio dell'aria controllato.

Nel comune di Bolzano (Figura 4) ci sono in totale 53 scuole, di cui 20 scuole dell'infanzia, 21 scuole elementari, 12 scuole medie e 20 scuole superiori. Le scuole superiori sono di proprietà della Provincia di Bolzano, mentre le scuole con grado di istruzione inferiore sono gestite dal comune di Bolzano. Delle 53 scuole presenti sul territorio comunale, 20 sono state certificate CasaClima ma di queste solo 6 hanno una classe energetica B o superiore.

Nr di edifici certificati per tipologia di scuola	Nr di edifici certificati per classe di efficienza dell'involucro	Nr di edifici certificati per tipologia di ventilazione
---	---	---

<sup>1</sup> <http://www.provincia.bz.it/formazione-lingue/scuola-italiana/sistema-scolastico-italiano.asp>;  
[http://www.provincia.bz.it/formazione-lingue/scuole-infanzia/tutte-le-scuole-dell-infanzia.asp?news\\_cate\\_id=21830](http://www.provincia.bz.it/formazione-lingue/scuole-infanzia/tutte-le-scuole-dell-infanzia.asp?news_cate_id=21830)

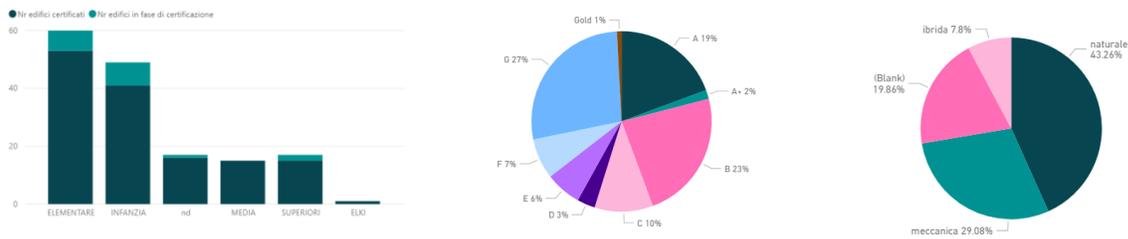


Figura 2. Numero di edifici scolastici della provincia di Bolzano certificati CasaClima (o in fase di certificazione) per grado di istruzione, classe di efficienza dell'involucro e tipologia di ventilazione. Fonte: database Agenzia CasaClima

**Nr di edifici certificati per tipologia di scuola**



**Nr di edifici certificati per standard Minergie**

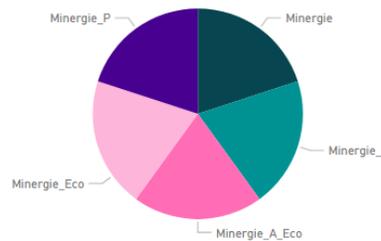
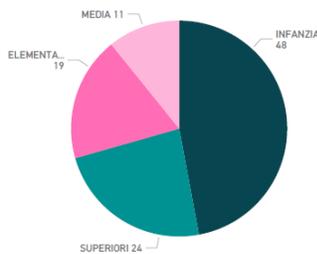
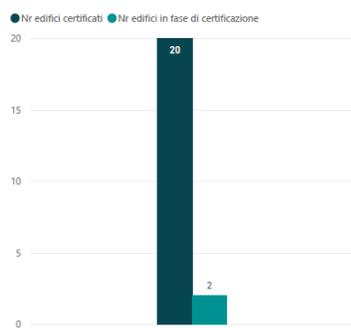


Figura 3. Numero di edifici scolastici del Canton Ticino certificati Minergie (o in fase di certificazione) per grado di istruzione e tipologia di standard Minergie. Fonte: database Agenzia Minergie.

**SCUOLE NEL COMUNE DI BOLZANO by TIPOLOGIA SCUOLA**



**Nr edifici certificati and Nr edifici in fase di certificazione**



**Nr edifici certificati by Klasse KlimaHaus**

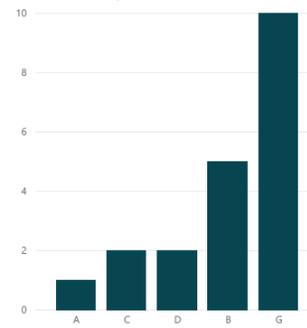


Figura 4. Numero di edifici scolastici del comune di Bolzano per grado di istruzione e numero di edifici scolastici del comune di Bolzano certificati e classe energetica. Fonte: database agenzia CasaClima.

La Provincia di Bolzano gestisce gli edifici delle scuole superiori di 2 grado, che sono in totale 93 con una superficie media di ca 6000 m2 (Tabella 3). Il 90% degli edifici della Provincia è stato costruito prima del 2000 e necessiterà nei prossimi anni di interventi di risanamento (Figura 5). In Canton Ticino (Figura 6) la situazione è analoga.

Tabella 3. Numero di scuole superiori di 2 grado gestite dalla Provincia di Bolzano. Fonte: Cerplan

Classificazione	Sup. netta media	Volumetria media	nr edifici provincia
Edifici scolastici	6,231.34	26,868.00	66
Scuole di musica	12,500.00	37,500.00	1
Scuole professionali	6,952.22	25,783.00	26
<b>Total</b>	<b>6,478.07</b>	<b>26,781.74</b>	<b>93</b>

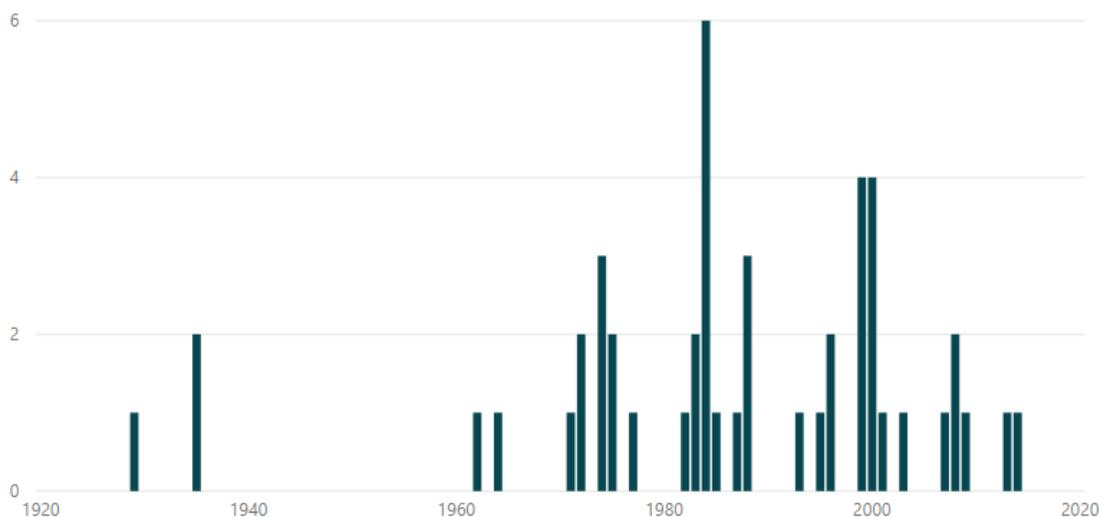


Figura 5. Numero di edifici scolastici della provincia di Bolzano per anno di costruzione. Fonte: Cerplan

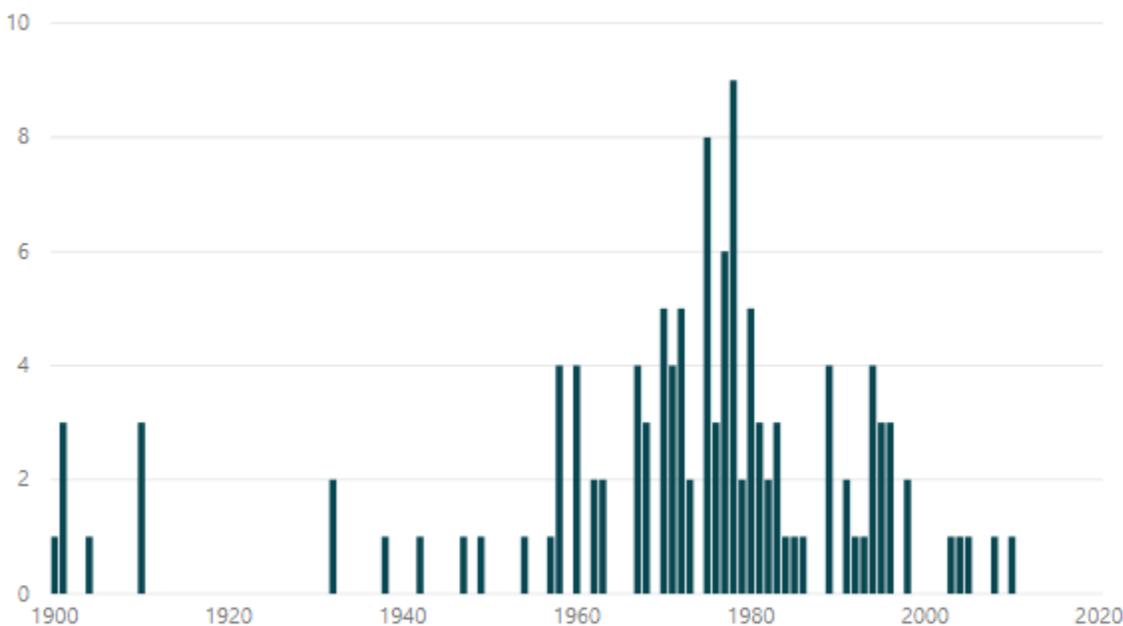


Figura 6. Numero di edifici scolastici in Canton Ticino per anno di costruzione. Fonte: database scuole di Bellinzona, Mendrisio e scuole sezione logistica

Il laboratorio di analisi aria e rumore dell’Agenzia Provinciale per l’Ambiente ha effettuato in passato diverse analisi chimico-fisiche in ambienti scolastici. Il grafico in Figura 7 riporta il numero di misurazioni effettuate per parametro. Negli ultimi 10 anni, sono intervenuti in 84 scuole, di cui 29 scuole primarie, 19 scuole dell’infanzia, 17 scuole secondarie di primo grado e 14 scuole secondarie di secondo grado. I principali parametri misurati sono Formaldeide, CO<sub>2</sub> e VOC. La maggior parte delle misurazioni sono state effettuate in scuole con ventilazione naturale a controllo manuale.

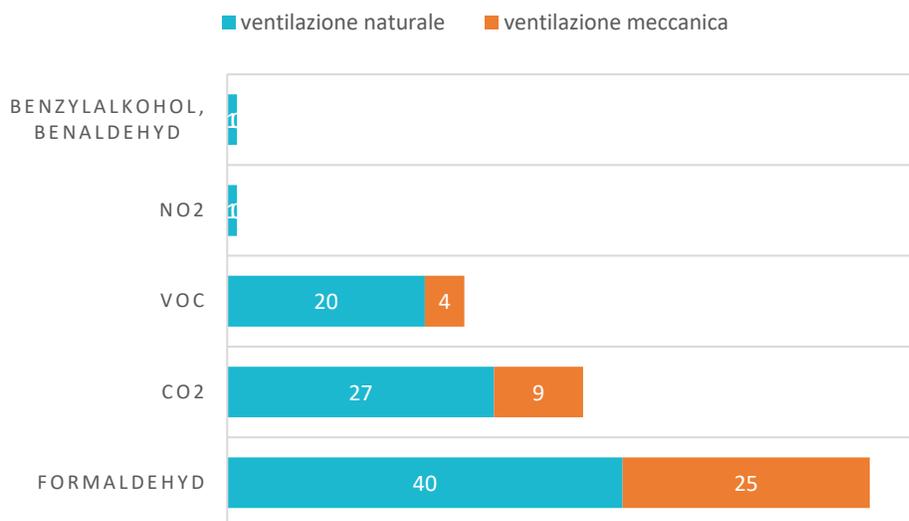


Figura 7. Numero di misure effettuate dal Lab. Analisi aria e rumore nelle scuole in provincia di Bolzano tra il 2009 e il 2019, suddivise per tipologia di misura e di ventilazione della scuola. Fonte: Lab. Analisi Aria e Rumore

## 2.2 Incontri con le pubbliche amministrazioni

Ai dati raccolti, si sono aggiunte le esperienze riportate dai gestori degli edifici (comuni e provincie) e le problematiche riscontrate nelle campagne di misura svolte nel corso degli anni dal Laboratorio di Analisi Aria e Rumore della Provincia di Bolzano, che possono essere così riassunte:

- Elevate concentrazioni di CO<sub>2</sub> riscontrate nel 90% delle scuole altoatesine in cui sono state condotte campagne di misura;
- Le cause di una scarsa qualità dell'aria sono principalmente legate ad una ventilazione insufficiente;
- Alcuni materiali utilizzati per risanamento acustico (post decreto 2009) sono risultati responsabili di concentrazioni di formaldeide pericolose accentuate dal surriscaldamento estivo;
- Nel caso di edifici con impianto di ventilazione, sono stati riscontrati invece problemi legati alla manutenzione e alla gestione.

## 2.3 Criteri di selezione dei casi studio

Per la selezione dei casi studio sono stati considerati, in ordine di importanza, i seguenti criteri:

- Grado d'istruzione: scuola d'infanzia, primaria, secondaria I e II grado
- Anno di costruzione/ristrutturazione/ultimo intervento
- Edificio tutelato dalla sovrintendenza ai beni architettonici
- Classe energetica
- Tipologia di ventilazione (naturale, meccanica, ibrida)
- Tipologia di materiali di rivestimento, arredo e finiture presenti
- Programma interventi da parte di comune e provincia
- Eventuali problematiche riscontrate da parte della dirigenza scolastica o del gestore dell'edificio
- Numero di classi e numero di studenti per classe

- Contesto urbano
- Zona a rischio radon
- Previsione di interventi di risanamento da parte delle amministrazioni

Il principale criterio di selezione delle scuole d'infanzia è legato all'esigenza di comparare la qualità dell'aria in una scuola costruita secondo le pratiche costruttive attuali (CasaClima A/B con o senza ventilazione meccanica, Minergie standard) con quella di un'altra scuola di stessa tipologia ma costruita con standard obsoleti e rappresentativa del restante parco costruito dell'edilizia scolastica.

Per gli altri tipi di scuola invece il criterio di definizione si è basato principalmente sulle problematiche riscontrate negli anni precedenti e le necessità di intervento da parte delle amministrazioni locali, nonché eventuali sinergie con altri progetti di ricerca in corso (es. progetto FESR PlanFenster).

Delle scuole superiori si sono privilegiate scuole che sono state recentemente soggette ad interventi di ampliamento, in modo da poter più facilmente comparare le prestazioni di due tipologie costruttive e sistemi impiantistici diversi nella stessa località e con modalità di utilizzo simili.

Inoltre, per questioni logistiche e organizzative delle campagne di misura si sono privilegiati, a parità di rappresentatività, casi studio più vicini alla città di Bolzano.



Figura 8. Criteri di selezione dei casi studio.

## 2.4 Sopralluoghi

A seguito della raccolta e dell'analisi dati sul parco edilizio scolastico, degli incontri con le pubbliche amministrazioni e di una prima selezione dei possibili casi studio sulla base dei criteri elencati al par. 2.3 sono stati effettuati dei sopralluoghi in 8 scuole della provincia di Bolzano.

Attraverso interviste dirette con le dirigenti scolastiche e i gestori della manutenzione dell'edificio sono state raccolte le informazioni di base su:

- Utilizzo della struttura
- Tipologia di classi
- Caratterizzazione dell'edificio e degli impianti di riscaldamento e ventilazione
- Eventuali problematiche riscontrate negli ultimi anni

Tali informazioni sono state registrate in una scheda. L'allegato A riporta il template della scheda utilizzata nei sopralluoghi.

### 3 Casi studio selezionati

I casi studio selezionati nella provincia di Bolzano e nel Canton Ticino sono in totale 12, così ripartiti:

- 5 scuole dell'infanzia
- 3 scuole primarie
- 2 scuole secondarie di I grado
- 2 scuole secondarie di II grado

Da un primo riscontro avuto con i gestori degli edifici, uno dei principali problemi segnalati in alcune scuole è legato al surriscaldamento degli ambienti nella stagione primaverile-estiva e allo scopo di far fronte a tali problematiche, garantendo così una buona qualità dell'aria interna, si prevedono una serie di soluzioni progettuali applicabili in base alle esigenze riscontrate in ciascun caso.

## ANNEX A – Scheda sopralluogo



### Formulario sopralluogo scuole

Data	
Persone presenti	
Formulario compilato da	

Nome scuola, indirizzo	
N° piani (fuori terra/interr)	
Riferimenti responsabile	
Numeri utili	

#### Utilizzo, spazi e struttura

Orari di utilizzo	
N° classi	
N° studenti	
Mensa	sì no
Palestra	sì no
Laboratori	sì no
Altri locali	
Locali particolari	
Manutenzione	
Pulizia degli ambienti	
Wireless disponibile	

#### Caratterizzazione delle classi

Altezza classe	
Finestre (descrivere)	
Arredi	
Dotazioni	

#### Caratterizzazione dell'edificio

Anno di costruzione	
Anno ristrutturazione	
Ambiente attorno all'edificio	Rurale urbano centro città traffico leggero traffico pesante Area industriale
Esposizione	Nord sud ovest est
Classe energetica	
Pareti	Coibentazione: sì no
Infissi	Pvc legno alluminio Data installazione: vetro: singolo doppio triplo

#### Impianti

Combustibile	Metano GPL gasolio biomassa
Rinnovabili	Fotovoltaico solare termico
Generazione caldo	Caldaia PDC teleriscaldamento Nuovo datato
Riscaldamento integrativo	(strufette, stufa a legna, a pellet, ...)
Generazione freddo	PDC chiller Nuovo datato
Generazione ACS	Boiler resistenza Caldaia PDC teleriscaldamento
Emissione	Radiatori radiante ventilconvettori sistema canalizzato
Regolazione	

VMC	Centralizzata	singolo ambiente
Consumi (bollette)	Spese alte	spese contenute
Ascensore	si no	
Periodi utilizzo impianti	Riscaldamento	Raffrescamento
	VMC	

#### Finiture

Pareti aule	Intonacate	rivestite di ..		
Pareti altri locali	Intonacate	rivestite di ..		
Pareti ...	Intonacate	rivestite di ..		
Pavimenti aule	In legno	ceramica/gres	PVC	...
Pavimenti altri locali				
Pavimenti ...				

#### Problematiche ultimi anni

Muffa	(dove?)
Aria viziata	(dove?)
Odori	
Secchezza occhi	
Discomfort	
Temperature	(basse/alte)
Radon	
Formaldeide	
Elevata CO <sub>2</sub>	
Altro	

#### Monitoraggi e analisi già eseguite?

Dettagli	

## ANNEX B – Checklist raccolta dati

- progetto architettonico: piante, prospetti e sezioni dello stato di fatto
- progetto impianto di ventilazione e condizionamento
- libretto impianto
- storico dei consumi energetici o delle bollette energetiche
- dati di monitoraggio delle condizioni dell'ambiente interno
- piano di manutenzione
- modalita' di gestione impianto (tipo di controllo, localizzazione sensori e termostati di controllo etc..)
- specifiche di configurazione accesso rete wireless se presente (indirizzo IP, password)
- contatto e disponibilita' del progettista architettonico, del progettista termotecnico e del manutentore
- progetto architettonico: piante, prospetti e sezioni dello stato di fatto
- progetto impianto di ventilazione e condizionamento
- libretto impianto
- storico dei consumi energetici o delle bollette energetiche
- dati di monitoraggio delle condizioni dell'ambiente interno
- piano di manutenzione
- modalita' di gestione impianto (tipo di controllo, localizzazione sensori e termostati di controllo etc..)
- specifiche di configurazione accesso rete wireless se presente (indirizzo IP, password)
- contatto e disponibilita' del progettista architettonico, del progettista termotecnico e del manutentore