

LA QUALITÀ DELL'ARIA NELLE AULE SCOLASTICHE

IL PROGETTO NECESSARIA HA COINVOLTO 11 SCUOLE E PROPOSTO SOLUZIONI TECNICHE E TECNOLOGICHE PER CONTRIBUIRE CONCRETAMENTE AL MIGLIORAMENTO DELLA SALUTE DEGLI OCCUPANTI. CLASSIFICARE E PARAMETRIZZARE IL PATRIMONIO ESISTENTE PUÒ FORNIRE CASI PILOTA PER PIANIFICARE AZIONI DI MIGLIORAMENTO E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI.

Il progetto Pnrr-Pnc NecessAria¹, iniziato a gennaio 2023 e con una durata di 4 anni, ha mirato ad analizzare il tema della qualità dell'aria nelle scuole italiane e delle possibili soluzioni tecniche e tecnologiche, e a classificare e parametrizzare il patrimonio costruito, con l'obiettivo di fornire casi pilota per operare concretamente per il miglioramento della salute degli occupanti.

Il progetto ha coinvolto realtà territoriali del nord, centro e sud Italia con caratteristiche climatiche diverse, anche all'interno delle stesse regioni e province, di fatto è quindi rappresentativo di tutto il territorio nazionale. Sono stati infatti interessati edifici scolastici montani in climi rigidi (provincia di Bolzano e regione Abruzzo), edifici di pianura, edifici scolastici sul mare (regione Marche, Abruzzo e Puglia), edifici appartenenti alle realtà metropolitane (Roma, Bari) e edifici in contesti rurali. Al progetto, oltre alla Provincia di Bolzano, alla Regione Marche e alla Regione Abruzzo, hanno partecipato quattro istituti di ricerca: l'Università Politecnica delle Marche, l'Università Cattolica del Sacro Cuore, l'Università "Aldo Moro" di Bari e l'Università "Gabriele d'Annunzio" di Chieti-Pescara.

Necessità di strategie efficienti di ricambio d'aria

La letteratura scientifica recente pone grande attenzione alla qualità dell'aria e degli ambienti interni negli edifici scolastici, approfondendo i temi ingegneristici legati agli edifici e i temi riguardanti la salute legati alla permanenza degli occupanti all'interno di ambienti confinati.

Un corretto ricambio dell'aria interna, condizione spesso non soddisfatta dalla sola apertura delle finestre, migliora la qualità dell'aria interna (*indoor air quality*,



Iaq), contribuendo anche alla diminuzione di un'eventuale presenza di aerosol infetti. Ciò richiede l'utilizzo di sistemi e strategie specificamente dedicati, che devono però al contempo minimizzare il loro impatto dal punto di vista energetico, ambientale e acustico e garantire la salute degli occupanti. Dal punto di vista pratico vi è l'esigenza di disporre di linee guida e strumenti di ausilio alle politiche, alle normative europee e nazionali, basati su paradigmi legati non solo ad aspetti tecnologici, ma anche alla salute e al benessere degli occupanti.

Il modello di bando di gara

Il progetto NecessAria ha come ulteriore obiettivo quello di elaborare uno schema tipo di bando di gara per la progettazione, la fornitura, la posa e la manutenzione di sistemi Vmc (ventilazione meccanica controllata) con requisiti tecnici e di installazione specifici al fine di rendere ripetibili tali installazioni. Sono di seguito elencate le caratteristiche dei sistemi di ricambio Vmc dell'aria inserite nel modello di bando di gara che

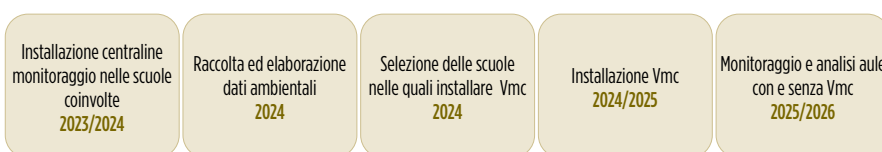


FIG. 1 ITER DI SELEZIONE DELLE SCUOLE E DI COINVOLGIMENTO PER LE UNITÀ OPERATIVE

Fonte: Laboratorio di analisi aria e radioprotezione, Appa Bolzano.

Vmc	Dettagli sull'installazione	Numero scuole coinvolte
Provincia di Bolzano	Due tipologie di installazione. In una scuola Vmc installate nei bagni o altri locali accessori e canalizzate verso le aule. Nella seconda scuola Vmc centralizzata installata all'esterno a servizio di 4 aule e una mensa	2
Abruzzo	Vmc installate nei bagni o altri locali accessori e canalizzate verso le aule	4
Puglia	Vmc installate a soffitto nei corridoi e canalizzate verso le aule	5

TAB. 1 INSTALLAZIONE DELLE VMC DEL PROGETTO NECESSARIA

Le undici scuole sono rappresentative delle tipologie edilizie, dell'affollamento e delle condizioni meteorologiche stagionali medie.

è stato applicato a dieci scuole nelle tre unità operative coinvolte, in un totale di 35 aule scolastiche, suddivise tra nord e sud Italia. I criteri sui sistemi di gestione, monitoraggio e regolazione delle Vmc sono stati classificati come “criteri premianti”.

Requisiti tecnici

- Una macchina Vmc a servizio di una, due aule (o più): in caso di più aule, queste dovranno avere lo stesso orientamento
- Portata di ventilazione: applicazione dei criteri ambientali minimi - norma Uni En 16798-1. La portata deve essere garantita con la prevalenza necessaria a ventilare l'aula
- Posizione della macchina: in corridoio oppure locali tecnici (antibagno, sgabuzzini ecc.)
- Espulsione: in direzione diversa dall'immissione oppure almeno a una distanza limite definita dal produttore
- Canalizzazione di distribuzione e prelievo in aula: evitare il bypass dei flussi, rispettare i requisiti acustici
- Al fine di assicurare il benessere acustico e un regolare svolgimento delle lezioni, devono essere installati impianti a bassa rumorosità, che garantiscano l'accettabilità del rumore prodotto dall'impianto, in conformità alle norme tecniche e alla legislazione sul tema della rumorosità degli impianti
- Sistema di monitoraggio e di regolazione: criteri premianti (come dettagliati di seguito)
- Collegamenti elettrici funzionali all'installazione.

Regolazione

Questi i criteri che sono stati considerati come premianti nella valutazione:

- Sistema predisposto per integrazione e gestione sulle logiche di regolazione e di controllo
- Collegamento macchina-sistema di regolazione: mediante cavo bus
- Protocollo Modbus oppure altro protocollo
- Possibilità di accensione e spegnimento manuale per settimane di vacanza
- Regolazione della portata
- Pannello in aula (collegato in cavo bus con la macchina oppure altro senza filo): regolazione mediante livelli di funzionamento.

Le installazioni nelle aule pilota del progetto

All'interno del progetto NecessAria sono stati installati sistemi Vmc innovativi in provincia di Bolzano, in Abruzzo e Puglia (tabella 1). Le undici scuole interessate sono state scelte per essere rappresentative

delle tipologie edilizie, dell'affollamento nelle scuole e anche delle condizioni meteorologiche stagionali medie delle regioni e province autonome coinvolte, che coprono tutte le tre macroregioni italiane. In figura 2 sono mostrate alcune installazioni dei sistemi Vmc.



Le diverse configurazioni (tipologia di macchina Vmc, portate, tipologie di sistema di distribuzione dell'aria, dimensioni e orientamento delle aule) saranno analizzate nel corso dell'anno scolastico 2025-2026, sia in termini di Iaq, comfort e consumi sia di salute degli



Scuole primarie di Bolzano



Scuola primaria in Abruzzo



Scuola secondaria di secondo grado di Bari

FIG. 2 SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

Esempi dei sistemi Vmc installati in aula e nei bagni/locali accessori. Una macchina dedicata per ogni classe nelle diverse scuole interessate. Fonte: Laboratorio di analisi aria e radioprotezione, Appa Bolzano

occupanti mediante la somministrazione di un questionario.

Attraverso le installazioni è stato possibile valutare le strategie da mettere in atto per le procedure, il coinvolgimento delle scuole, le installazioni e la gestione complessiva di edifici scolastici esistenti. Queste sono riassunte di seguito.

Procedure e affidamenti

Le scuole sono di proprietà di Comuni, Province e Regioni in funzione del grado scolastico. Tale aspetto implica la necessità di coinvolgere molteplici figure sia scolastiche (dirigenti, insegnanti) sia amministrative (settore impianti e manutenzione).

Progettazione

L'installazione delle Vmc in edifici esistenti necessita di una dettagliata progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva. Questa fondamentale fase evita durante l'installazione di trovare

criticità che non solo allungano i tempi di installazione ma che rischiano di penalizzare l'efficacia dell'intervento stesso.

Progettazione acustica

Un'attenta progettazione acustica deve essere realizzata al fine di evitare di peggiorare le prestazioni acustiche della scuola. Gli impianti centralizzati a servizio di più aule possono peggiorare l'acustica tra i diversi ambienti; è quindi fondamentale valutare attentamente le connessioni verticali e orizzontali dei diversi ambienti per il passaggio delle tubazioni, ricorrendo se necessario a delle soluzioni mirate, come ad esempio dei silenziatori.

Installazioni

Le attività di installazione sono molto impattanti, in termini di rumore, polvere prodotta durante il cantiere e di impatto estetico delle canalizzazioni. Un'attività preliminare di sensibilizzazione e informazione verso il personale scolastico

è necessaria per evitare malintesi e sorprese durante le fasi di installazione.

Attività di pulizia post installazione

I costi per la pulizia finale devono essere computati al fine di valutare correttamente le spese complessive.

Coinvolgimento del personale scolastico

Dopo l'installazione le analisi e i monitoraggi aiutano a coinvolgere le scuole sulle attività in corso.

Protezione delle tubazioni

In caso di installazione di tubazioni verticali che possono essere in contatto con gli alunni deve essere prevista una protezione aggiuntiva.

I monitoraggi ambientali

Attraverso una dettagliata procedura di misura e di analisi sono stati definiti gli

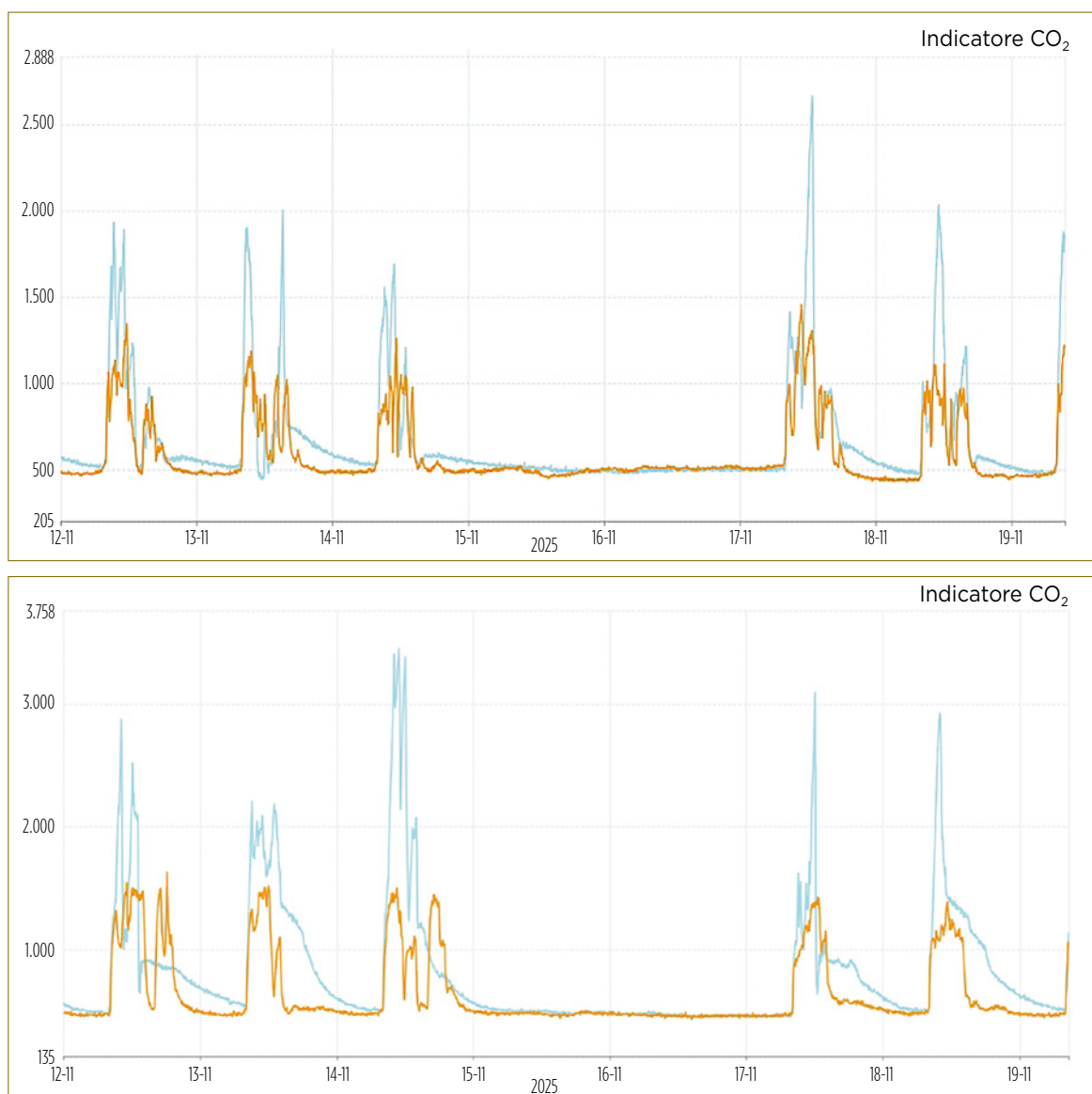


FIG. 3
CO₂, CONFRONTO
TRA AULE
CON E SENZA VMC

Esempio di elaborazione dei dati di CO₂ di una scuola primaria di Bolzano (sopra) e di una scuola di Bari (sotto), raccolti nel mese di novembre 2025.

Fonte: Laboratorio Analisi aria e radioprotezione, Appa Bolzano.

■ Aula con Vmc
■ Aula con aerazione (senza Vmc)

approcci per le valutazioni dei parametri indoor, delle assenze e della salute degli occupanti.

Gli andamenti della concentrazione di CO₂ vengono analizzati, con particolare attenzione ai picchi (intensità, durata e orario). Attraverso l'analisi del decadimento della CO₂ saranno determinati i tassi di ricambio dell'aria delle aule senza Vmc e le portate di ventilazione nelle aule con Vmc. Verrà determinato quanto tempo impiega la CO₂ a ridursi, quale pendenza hanno le curve in discesa, quanto tempo trascorre per scendere al valore della CO₂ esterna (o quella minima di quella giornata) dall'ultimo picco riscontrato.

Un esempio di elaborazione dei dati di CO₂ per le aule delle scuole di Bolzano e di Bari è riportato in *figura 3*.

Per quanto riguarda l'analisi della temperatura dell'aria verranno determinati per ogni classe: la temperatura media nell'orario scolastico, la temperatura media notturna, a che ora si accende l'impianto di riscaldamento, le temperature medie durante l'orario scolastico e quello lavorativo del personale scolastico. Si tratta di dati utili non solo ai fini del progetto, ma anche per chi gestisce l'impiantistica nelle scuole.

Conclusioni e sviluppi futuri

L'estesa quantità di dati ambientali raccolti nelle scuole del progetto NecessAria è oggetto di analisi statistiche e di valutazioni normative finalizzate all'individuazione delle maggiori criticità, sotto il profilo della qualità dell'aria, del comfort termo-igrometrico e degli aspetti sanitari.

L'intersezione e la condivisione delle competenze delle unità operative è di fondamentale importanza per pianificare le azioni di miglioramento e di riqualificazione degli edifici ponendo particolare attenzione alla salute degli occupanti, al loro benessere e alla qualità degli ambienti interni.

Luca Verdi¹, Clara Peretti²

1. Laboratorio Analisi aria e radioprotezione, Appa Bolzano - Provincia autonoma di Bolzano
2. Consulente della Provincia autonoma di Bolzano

NOTE

¹ Il progetto è finanziato dal Ministero della Salute nell'ambito del Piano nazionale complementare "Salute, ambiente, biodiversità, clima" Codice progetto PREV-A-2022-12377013.



IL RUOLO DI APPA BOLZANO

La Provincia di Bolzano, capofila di NecessAria, svolge sia le attività di coordinamento del progetto sia le attività tecniche tramite il Laboratorio Analisi aria e radioprotezione di Appa Bolzano. Rappresenta il principale raccordo fra le tematiche ambientali, sanitarie e di efficienza energetica, svolgendo inoltre attività di divulgazione diversificata a seconda dei target. Tale ruolo si basa sulla solida esperienza pregressa legata alle valutazioni della qualità dell'aria indoor e del radon, con particolare attenzione alle realtà edilizie e organizzative scolastiche.

Nella prima parte di NecessAria sono state condivise le esperienze pregresse delle Unità operative. Ci si è concentrati soprattutto sui sistemi di ventilazione meccanica controllata (Vmc). Sono state selezionate scuole, nelle quali si sono svolti monitoraggi collegando i sensori a centraline dedicate. Le informazioni raccolte (temperatura, umidità e concentrazione di CO₂) sono state inviate a un cloud che è stato utilizzato anche come strumento di condivisione dei dati con le scuole stesse.

All'interno di NecessAria sono stati selezionati gli ambienti scolastici nei quali installare delle nuove Vmc, secondo i criteri elaborati nel corso del progetto stesso. Tali edifici sono stati sottoposti a variegate azioni di monitoraggio, compresa la valutazione di parametri soggettivi da parte dei fruitori.

Parallelamente all'analisi dei dati indoor e outdoor è in atto una grande raccolta dati sulle assenze: i dati vengono elaborati in modo congiunto confrontando aule con Vmc con aule senza Vmc.