

ARIA INDOOR E RISCHI SANITARI, IL PROGETTO MISSION

MISSION MIRA A MIGLIORARE LA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR NELLE SCUOLE TRAMITE MONITORAGGI E INTERVENTI, CREANDO UNA RETE INTERREGIONALE GUIDATA DA REGIONE LOMBARDIA, ATS MILANO E UNIVERSITÀ DELL'INSUBRIA CON 17 PARTNER NAZIONALI DI ENTI SANITARI, AGENZIE AMBIENTALI, UNIVERSITÀ E ISTITUTI DI RICERCA.

L'inquinamento atmosferico, sia indoor che outdoor, costituisce uno dei principali fattori di rischio per le malattie non trasmissibili, insieme a stili di vita non salutari. Considerato che gli individui trascorrono oltre il 90% del tempo in ambienti chiusi, l'esposizione agli inquinanti indoor rappresenta un aspetto chiave da valutare per la tutela della salute pubblica. Studiare la relazione tra qualità dell'aria indoor, sia dal punto di vista chimico sia biologico, e stato di salute, al fine di promuovere strategie di prevenzione e politiche integrate, rappresenta un'azione centrale per il sistema sanitario. L'attenzione alla qualità dell'aria indoor (*indoor air quality*, Iaq) riflette un indirizzo condiviso anche a livello europeo: la Commissione europea, nell'ambito del *green deal* e della strategia per la salute ambientale, ha ribadito la necessità di un approccio sistemico che unisca efficienza energetica, salubrità degli ambienti e mitigazione dei rischi sanitari. Gli edifici scolastici rappresentano un contesto prioritario per la tutela

della Iaq, poiché ospitano popolazioni vulnerabili in spazi ad alta densità, spesso caratterizzati da limitata ventilazione naturale e impianti datati. La pandemia da Sars-cov-2 ha messo in evidenza il ruolo dell'aerosol nella trasmissione dei virus respiratori, sottolineando l'importanza di strategie efficaci di mitigazione e controllo del rischio, anche mediante sistemi di ventilazione e filtrazione.

Numerose evidenze scientifiche mostrano che una scarsa Iaq incide negativamente sul rendimento scolastico e sul benessere psicofisico degli studenti. Inoltre, la consapevolezza dei rischi legati ad agenti cancerogeni come il gas radon ha rafforzato l'urgenza di approcci integrati per la prevenzione, il monitoraggio e la mitigazione dei rischi sanitari negli ambienti scolastici.

Finalità del progetto Mission

Nel quadro delle iniziative nazionali volte a tutelare la salute pubblica e l'ambiente, prende forma il progetto

Mission (monitoraggio e abbattimento dei rischi sanitari da inquinamento indoor), finanziato dal piano nazionale per gli investimenti complementari (Pnc) nell'ambito della missione 1.4 "Salute, ambiente, biodiversità e clima". Il progetto si colloca in continuità con le strategie delineate dal piano nazionale della prevenzione (Pnp) 2020–2025, che nella linea di supporto centrale n. 8 prevede la definizione di un piano nazionale per la qualità dell'aria indoor. L'obiettivo è quello di migliorare la qualità dell'aria negli ambienti chiusi, in particolare nelle scuole e negli edifici pubblici frequentati dai bambini, contribuendo così alla riduzione dei rischi sanitari legati all'inquinamento indoor e alla promozione di ambienti più salubri e sostenibili.

Il progetto Mission ha la finalità di costruire una rete tecnico-scientifica interregionale per la valutazione e il miglioramento della Iaq nelle scuole; prevede la realizzazione di una campagna nazionale di monitoraggio ambientale e di indagine sanitaria finalizzata alla valutazione dell'esposizione di alunni e insegnanti delle scuole primarie agli inquinanti presenti negli ambienti scolastici, della relazione di tale esposizione con la salute e dell'efficacia di interventi di mitigazione delle esposizioni mediante sistemi di purificazione e filtrazione dell'aria negli edifici scolastici selezionati. L'obiettivo finale è quello di fornire una base scientifica solida per la definizione di linee guida, raccomandazioni e protocolli operativi, favorendo così lo sviluppo di normative nazionali efficaci volte al miglioramento della qualità dell'aria negli ambienti chiusi e alla tutela della salute dei più giovani. Capofila del progetto è Regione Lombardia – Dg Welfare, con il coordinamento tecnico affidato all'Agenzia di tutela della salute Città metropolitana di Milano e il supporto scientifico dell'Università dell'Insubria. Il partenariato coinvolge 17 unità

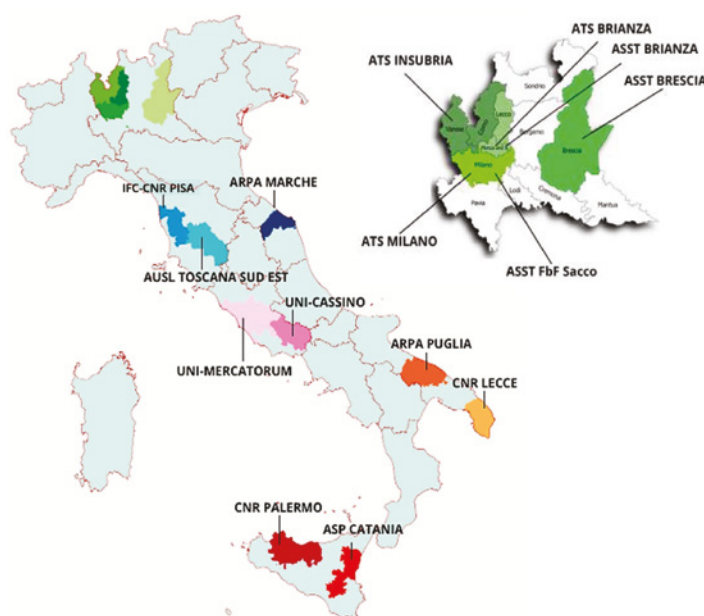


FIG. 1
PROGETTO MISSION

Unità operative incluse nel partenariato.

operative distribuite in sei regioni italiane (Lombardia, Toscana, Marche, Puglia, Lazio e Sicilia), rappresentative di enti sanitari, agenzie ambientali, università e istituti di ricerca del consiglio nazionale delle ricerche (Cnr).

Le Unità operative incluse nel partenariato hanno acquisito una specifica *expertise* nella conduzione di simili progetti nazionali ed europei. Il partenariato si è organizzato attraverso una rete che garantisce un approccio armonizzato a livello nazionale per lo studio della Iaq mediante monitoraggio ambientale, sanitario nonché la raccolta dei dati e le analisi statistiche integrate secondo un approccio multidisciplinare e interregionale, fondato sulla standardizzazione delle metodiche, la validazione dei protocolli di misura e la condivisione dei dati. La standardizzazione dei protocolli di misura, l'impiego di tecniche consolidate, analizzatori multiparametro e l'applicazione di circuiti di validazione interlaboratorio garantiscono la comparabilità dei risultati e la trasferibilità delle buone pratiche. Le attività di *citizen science* e di formazione costituiscono un ulteriore elemento di innovazione: studenti, insegnanti e amministratori locali sono coinvolti in campagne partecipative e percorsi formativi, favorendo una maggiore consapevolezza dei determinanti ambientali della salute e promuovendo un ruolo attivo della comunità scolastica nella gestione del rischio.

Metodologia e approccio multidisciplinare

Il progetto prevede un disegno metodologico articolato in sei linee operative.

1. Analisi della letteratura scientifica sulle sorgenti, i valori guida e sugli effetti sanitari dell'inquinamento indoor. Somministrazione di questionari, attraverso la selezione randomizzata, a un numero elevato di dirigenti scolastici, con l'obiettivo di acquisire informazioni sulle strutture scolastiche italiane e rilevare il livello di conoscenza nelle istituzioni.
2. Monitoraggio ambientale: campagna su larga scala per la caratterizzazione degli inquinanti chimici (particolato atmosferico, composti organici volatili, formaldeide, NO₂, O₃, CO, CO₂), fisici (radon) e biologici (carica batterica e micetica).
3. Monitoraggio sanitario: raccolta di dati epidemiologici relativi a sintomi

e patologie respiratorie e allergiche nei bambini e nei docenti, tramite questionari e test clinici non invasivi (Feno e spirometria).

4. Intervento migliorativo: installazione di purificatori d'aria dotati di sistema di filtrazione elettrostatico e valutazione della loro efficienza ed efficacia nel ridurre le concentrazioni di inquinanti e migliorare gli indicatori di salute respiratoria.

5. Creazione di una piattaforma informatica nazionale per la raccolta e l'analisi integrata dei dati ambientali e sanitari.

6. Formazione e disseminazione per promuovere consapevolezza e competenze sulla Iaq nelle comunità scolastiche attraverso piattaforme *open source*, corsi di formazione, social media ed eventi scientifici.

Disegno dello studio

Si tratta di uno studio osservazionale articolato in due fasi principali della durata complessiva di quattro anni (2024–2026).

Fase 1 – basale (novembre 2024 –maggio 2025).

Analisi ambientali e indagine sanitaria in 41 scuole elementari (123 aule, circa 2500 studenti di età <12 anni) distribuite in 5 regioni italiane (Lombardia, Toscana, Marche, Puglia e Sicilia). Tale fase è conclusa ed è in corso l'analisi dei dati.

Fase 2 – follow-up (novembre 2025 – maggio 2026).

Nelle stesse scuole, previa installazione di purificatori d'aria in metà degli edifici, verranno ripetute le indagini ambientali-sanitarie per valutare l'efficacia dell'intervento.

Ogni scuola sarà monitorata per 5 giorni consecutivi.

Selezione delle scuole e popolazione in studio: criterio di selezione è la distanza da strade ad alto traffico (<100 metri) e l'anno di costruzione/ristrutturazione.

Suole da selezionare: 41 rappresentative delle diverse condizioni territoriali e socio-ambientali, 2.500 studenti di età tra 6 e 12 anni, oltre a genitori e insegnanti, che compileranno specifici questionari. Monitoraggio ambientale: in ogni aula, indoor e outdoor; prevede l'impiego di diverse tipologie di strumenti, campionatori passivi per la raccolta di Voc, NO₂, formaldeide e ozono su base settimanale; campionatori attivi per il monitoraggio in continuo di PM, CO₂, CO e Voc su 24 ore; campionatori microbiologici per il prelievo *short-term* di bioaerosol su opportuni terreni di



coltura al fine di quantificare la carica microbica (batterica e fungina); dosimetri passivi per la stima della concentrazione di radon indoor sul lungo periodo.

Monitoraggio sanitario: l'indagine si basa su tre tipi di questionari:

- alunni: somministrato in presenza da un operatore, indaga sintomi respiratori, percezione della qualità dell'aria e condizioni microclimatiche
- genitori: autosomministrato, raccoglie informazioni su abitudini domestiche, fattori di rischio ambientale, fumo passivo e storia familiare di malattie respiratorie
- insegnanti: esplora la salute respiratoria e la percezione ambientale del personale docente. In un sottocampione di studenti sono effettuati due test clinici non invasivi: Feno (ossido nitrico frazionale esalato), marker di infiammazione delle vie aeree; spirometria, misura della funzione respiratoria secondo gli standard *American thoracic society* e *European respiratory society*. I dati raccolti (ambientali e sanitari) sono registrati su una piattaforma informatica centralizzata gestita dal Cnr-Ift. L'accesso è regolato tramite *role-based access control* (Rbac) e protocolli di cifratura, in conformità al Gdpr. I dataset sono elaborati per analisi statistiche integrate e per la costruzione di un database relazionale nazionale sulla Iaq nelle scuole italiane.

Risultati attesi

Il progetto si propone di:

- quantificare i livelli di inquinamento e infiltrazione indoor/outdoor nelle scuole primarie italiane
- identificare correlazioni significative tra esposizione agli inquinanti e sintomatologia respiratoria/allergica nei bambini
- valutare efficienza ed efficacia di purificatori d'aria a filtrazione elettrostatica nel migliorare la Iaq e ridurre il rischio sanitario
- fornire basi scientifiche per linee

TAB. 1
FASI DEL PROGETTO

Attività svolte in ogni fase del progetto Mission.

Campagna	nov 2024 - feb 2025			nov 2025 - feb 2026						Durata
Tipo di scuole	campione selezionato di scuole			aule non soggette a intervento migliorativo			aule soggette a intervento migliorativo			
Monitoraggio	indoor con bambini	outdoor	indoor senza bambini	indoor con bambini	outdoor	indoor senza bambini	indoor con bambini	outdoor	indoor senza bambini	
Inquinanti monitorati mediante campionamenti passivi										
Cov	X	X	X	X	X		X	X		5 giorni
HCOH	X	X	X	X	X		X	X		5 giorni
NO ₂	X	X	X	X	X		X	X		5 giorni
Ozono	X	X	X	X	X		X	X		5 giorni
Campionamenti strumentali										
CO, CO ₂ , Voc	X		X	X		X	X		X	24 ore
PM _{2,5} , PM ₅ , PM ₁₀	X		X	X		X	X		X	24 ore
Campionamenti microbiologici										
Carica batterica mesofila	X		X	X		X	X		X	Istantaneo, 6 repliche/gg
Carica batterica psicrofila	X		X	X		X	X		X	Istantaneo, 6 repliche/gg
Miceti	X		X	X		X	X		X	Istantaneo, 6 repliche/gg
Campionamento agenti fisici										
Radon	X			X			X			1x1 anno 2x6 mesi

guida e raccomandazioni operative sulle strategie di prevenzione e mitigazione dell'inquinamento indoor nelle scuole.

Discussione e implicazioni

Sebbene il campione non possa rappresentare l'intero panorama nazionale, la distribuzione geografica e la standardizzazione metodologica garantiscono un quadro ampio e aggiornato delle condizioni sanitarie e di inquinamento negli edifici scolastici italiani.

La variabilità climatica e strutturale tra le regioni, nonché la variabilità del contesto locale, potrà introdurre fattori di confondimento, ma il monitoraggio contemporaneo indoor/outdoor, l'approccio multidisciplinare e il training degli operatori mirano a ridurre al minimo tali bias.

A lungo termine, i risultati contribuiranno allo sviluppo di politiche pubbliche basate sull'evidenza scientifica per la gestione della Iaq negli edifici scolastici, con benefici diretti sulla salute dei bambini e sull'intera comunità educativa.

Conclusioni

Mission rappresenta un modello di collaborazione istituzionale e scientifica che coniuga ricerca applicata, prevenzione sanitaria e sostenibilità ambientale. Il progetto potrà fornire le basi per la definizione di standard nazionali sulla Iaq e linee guida operative per la migliore gestione e riqualificazione del patrimonio edilizio scolastico.

La piattaforma dati consentirà di costruire indicatori di rischio e di supportare le politiche regionali e nazionali in materia di salute ambientale. L'approccio adottato potrà essere esteso ad altri contesti pubblici. In prospettiva, Mission potrà rappresentare un riferimento metodologico per programmi futuri di monitoraggio ambientale-sanitario e per la promozione di ambienti di vita e di lavoro più salubri, sostenibili e inclusivi.

Veronica Todeschini¹, Alessandro Palestra², Sonia Vitaliti², Andrea Cattaneo³, Sandra Baldacci⁴

1. Dg Welfare, Regione Lombardia
2. Ats Città metropolitana di Milano
3. Università dell'Insubria
4. Istituto di fisiologia clinica Cnr

Categoria	Partecipanti
Dirigenti scolastici	51
Insegnanti	174
Genitori	592
Bambini	1.106
Test spirometrici eseguiti	538

TAB. 2 ADESIONI AL MONITORAGGIO SANITARIO
I valori riportati sono provvisori e potrebbero subire variazioni al rialzo, poiché il processo di data cleaning non è ancora concluso.

Parametro	n. di campioni
Voc	205
HCOH	205
O ₃	205
NO ₂	205
Piastre Petri microbiologiche	2.337
Dosimetri radon	123
Monitoraggi con strumentazione attiva	> 4.000 h

TAB. 3 CAMPIONI ANALIZZATI DAI LABORATORI

Tipologia	n.
Scuole	41
Aule investigate	123

TAB. 4 VOLUME DI INDAGINE EFFETTIVO
Valori alla conclusione della fase 1.

IL RUOLO DI ARPA MARCHE E ARPA PUGLIA

Arpa Marche

Il progetto Mission ha l'obiettivo di migliorare la qualità dell'aria interna (Iaq) nelle scuole italiane, riducendo i rischi sanitari per bambini e personale scolastico. Durante la fase investigativa sono stati effettuati monitoraggi ambientali e sanitari per valutare la correlazione tra Iaq e salute respiratoria. Nelle Marche, Arpa ha condotto il monitoraggio in 8 scuole della provincia di Ancona, con il supporto dell'Istituto zooprofilattico sperimentale.

La fase migliorativa prevede l'installazione di purificatori d'aria con filtri Hepa nel 50% delle aule. I monitoraggi saranno ripetuti per confrontare i risultati tra aule senza interventi (gruppo A) e aule con purificatori (gruppo B). I dati raccolti serviranno a valutare l'efficacia degli interventi e a elaborare linee guida e protocolli per la gestione sostenibile della Iaq nelle scuole, con potenziale applicazione anche in altri contesti edilizi.

Arpa Puglia

Le attività in capo ad Arpa Puglia prevedono:

- un programma di monitoraggio indoor per la determinazione dei principali parametri microclimatici nonché della determinazione di un set di inquinanti chimici, fisici e microbiologici
- un monitoraggio sanitario su un campione della popolazione scolastica per la valutazione degli effetti sulla salute associati all'inquinamento indoor mediante esecuzione di test di funzionalità respiratoria (esame spirometrico e test dell'ossido nitrico esalato) su alunni e distribuzione di questionari riguardanti la salute respiratoria/allergica dei soggetti, le infezioni virali da agenti patogeni respiratori e l'assenteismo scolastico rivolto a personale scolastico, genitori o tutori e alunni. I dati raccolti implementeranno una piattaforma per elaborare analisi statistiche con l'intento di abbattere i principali fattori di rischio attraverso la stesura di protocolli nazionali.

Infine Arpa Puglia partecipa alla realizzazione di azioni di *citizen science* e progettazione di un percorso di formazione per migliorare la consapevolezza individuale sui rischi per la salute derivanti dall'esposizione a una cattiva Iaq (*indoor air quality*) e per promuovere interventi di riqualificazione edilizia che mitigano tali rischi.

Attività svolte (inizio studio febbraio 2025): si è proceduto con la selezione di 4 scuole nella città di Bari che rispondevano ai requisiti tecnici definiti dal progetto. In ognuna di esse sono state individuate 3 aule in cui svolgere lo studio, ossia 2 campagne di monitoraggio di cui la prima a febbraio 2025 e la seconda a febbraio 2026 dopo installazione dei sistemi di purificazione dell'aria.

La prima campagna condotta è stata eseguita all'interno delle aule selezionate e nel corrispondente outdoor. In particolare sono stati monitorati inquinanti chimici ($PM_{2.5}$, PM_{10} , COV , O_3 e H_2CO , CO , CO_2), fisici (radon), temperatura, umidità e parametri microbiologici. Contestualmente sono stati monitorati i parametri chimici all'esterno della scuola al fine di individuare il contributo outdoor. Ai fini del monitoraggio biologico sono stati somministrati i questionari al dirigente scolastico, al corpo docente, agli alunni e genitori o tutori legali delle classi selezionate. Inoltre si è proceduto con l'esecuzione di test di funzionalità respiratoria (esame spirometrico e test dell'ossido nitrico esalato) su alunni autorizzati (almeno il 50% degli alunni per ogni classe). I dati raccolti e i risultati dei questionari sono stati inseriti nella piattaforma telematica nazionale ai fini del trattamento statistico dei dati. Nel prossimo anno sarà valutato l'impatto dell'installazione di sistemi di purificazione sulla qualità dell'aria indoor (Iaq) nel 50% delle classi oggetto di studio: dopo installazione dei purificatori sarà ripetuta la campagna di monitoraggio indoor e outdoor nella sua interezza. I dati raccolti costituiranno un repository a cui fare riferimento.

