



ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE GUGLIELMO MARCONI
Nocera Inferiore (SA)

Progetto

Smart School for Healthier Classrooms



“L’educazione è l’arma più potente che si possa usare per cambiare il mondo.”

Nelson Mandela



Genesi del sistema

Problema

Salubrità delle aule e qualità dell'aria



Soluzione

Smart School for Healthier Classrooms

Attraverso la tecnologia *IoT*, consente un monitoraggio automatico e continuo dell'*A/Q* per rilevare la presenza di sostanze inquinanti in quantità e con caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità e da richiedere l'attivazione di un adeguato sistema di ricambio d'aria.

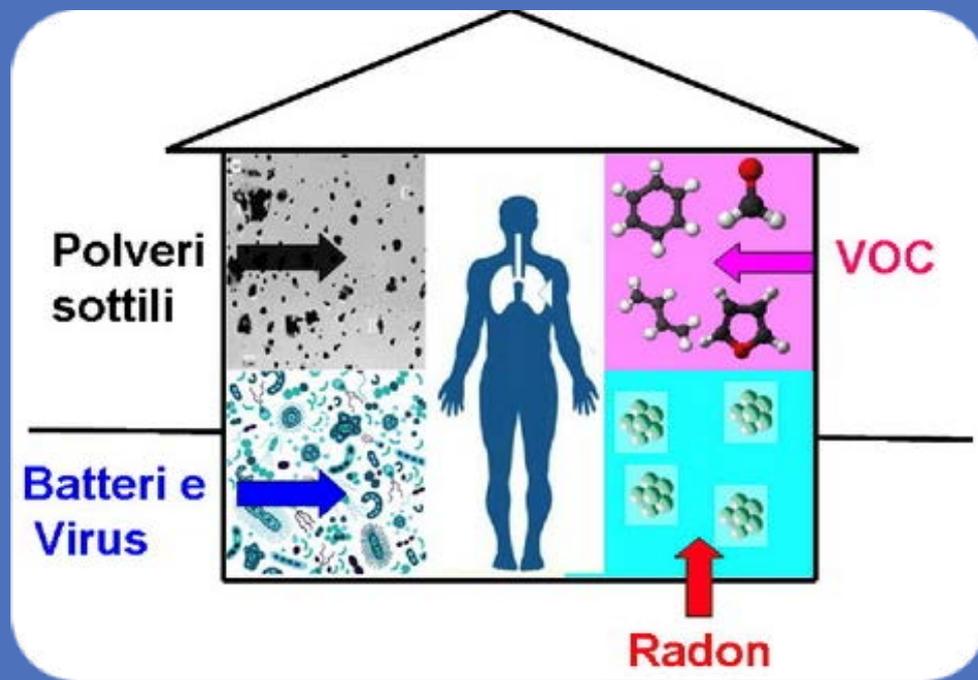


Introduzione

La qualità dell'aria è da sempre un tema fondamentale per tutti gli ambienti: interni ed esterni e per qualsiasi destinazione d'uso.

L'emergenza sanitaria legata al COVID_19 ha messo in evidenza la necessità di garantire una buona qualità dell'aria interna, soprattutto negli ambienti ad uso pubblico, in particolare nelle scuole.

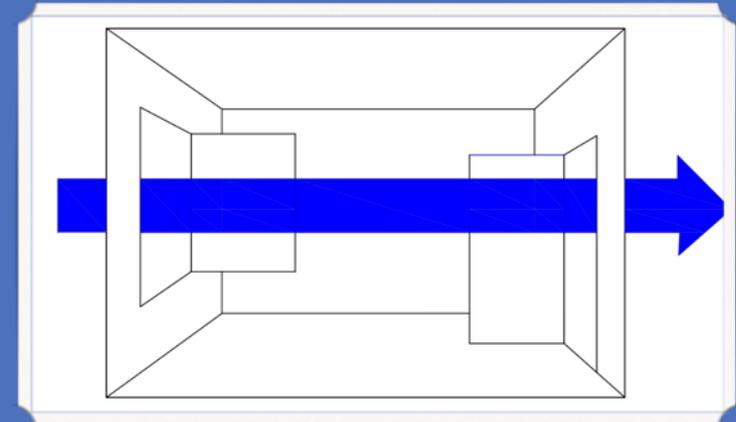
La concentrazione di CO₂ in spazi chiusi rappresenta un indicatore importante di affollamento, direttamente connesso alla qualità dell'aria.



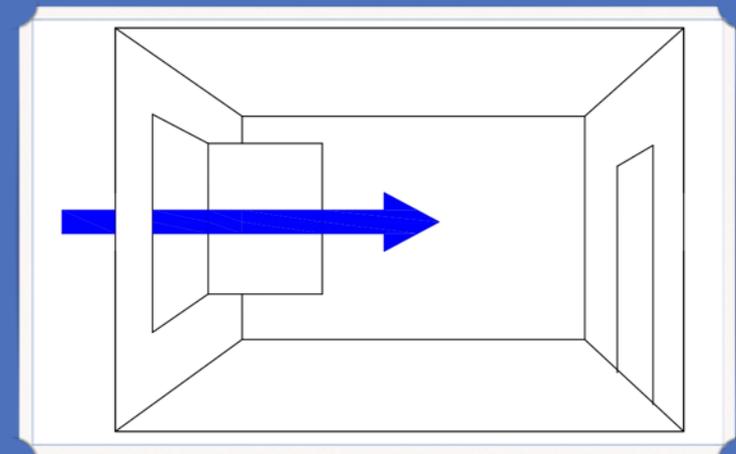


Introduzione

Va sottolineato che un buon livello di IAQ nelle aule non è realizzabile con la semplice apertura delle finestre e delle porte ad intervalli prestabiliti, che non garantisce né le portate richieste, né un'adeguata diffusione dell'aria in ambiente, oltre a presentare problemi di discomfort termico per gli occupanti e uno spreco di energia termica.



SOLUZIONE INSUFFICIENTE ED INEFFICIENTE



SOLUZIONE INADEGUATA



Introduzione

Nella tabella sono indicate le portate di aria esterna e di estrazione da adottare per le diverse tipologie edilizie. L'indice di affollamento (ns) identifica il numero di persone presenti per ogni metro quadrato di superficie calpestabile come specificato dalla *UNI 10339*.

CATEGORIE DI EDIFICI			Portata d'aria di estrazione			
			In base all'affollamento	In base alla superficie	In base al volume	
Edifici residenziali	Abitazioni civili	Soggiorni e camere da letto	11			
		Cucine, bagni, servizi				4
	Abitazioni collettive	Sale riunioni	9			
		Camere	11			
		Cucine, bagni, servizi		15,5		
		Bagni, servizi				4
	Alberghi	Ingresso, soggiorni	11			
		Sale conferenze	5,5			
		Sale da pranzo	10			
		Camere	11			
Uffici	Bagni di camera				4	
					8	
	Servizi	Singoli	11			
		Open space	11			
		Sale riunioni	10			
		Ced	7			
Ospedali	Servizi				9	
	Degenze	11				
	Corse	11				
	Camere sterili	11				
	Sale mediche, soggiorni	9,5				
	Terapie fisiche	11				
Edifici pubblici	Cinema, teatri, sale riunioni	Servizi				
		Aree pubbliche, sale, sale riunioni e palestre				
		Palestronici, studi TV				
		Sale riunioni con tumatori				
		Servizi				
	Musei, biblioteche e luoghi di culto	Borse titoli				
		Sale d'attesa				
		Sale mostre				
		Sale lettura				
		Depositi libri				
	Bar, ristoranti, sale da ballo	Luoghi di culto				
		Servizi				
		Bar				
		Pasticcerie				
		Sale da pranzo				
Edifici commerciali	Grandi magazzini	Sale da ballo				
		Cucine				
	Negozi e reparti	Servizi				
		Piani interrati *				
		Piani superiori	6,5			
	Zone pubbliche	Barbieri, parrucchieri	14			
		Abbigliamento, calzature, modai, ottici, fioristi, fotografi	11,5			
		Alimentari, lavasecco, ferraglie	9			
		di banche, quartieri residenziali	10			
	Edifici sportivi	Piscine, saune	Sala visca **		2,5	
Sauna **				2,5	0	
Palestre		Spogliatoio, servizi				
		Palastroni	6,5			
		Doriling	10			
Edifici scolastici	Campi sportivi	Zonatori	16,5			
		Zonatori	6,5			
	Servizi pubblici	Servizi pubblici				8
		Servizi pubblici				0
		Asili nido, scuole materne	4			
		Aule scuole elementari	5			
		Aule scuole medie inferiori	6			
		Aule scuole medie superiori	7			
		Aule universitarie	7			
		Servizi				8
Biblioteche, sale lettura	6					
Aule musica e lingue	7					
Laboratori	7					
Sale insegnanti	6					

Edifici scolastici			
Asili nido, scuole materne	4		
Aule scuole elementari	5		
Aule scuole medie inferiori	6		
Aule scuole medie superiori	7		
Aule universitarie	7		
Servizi			8
Biblioteche, sale lettura	6		
Aule musica e lingue	7		
Laboratori	7		
Sale insegnanti	6		

Se il calcolo venisse fatto in base all'indice di affollamento si dovrebbe moltiplicare il numero in tabella per le persone che stazionano nell'ambiente.

Per trasformare la portata d'aria in m³/h si moltiplica il valore ottenuto per 3,6.

* Verificare i regolamenti locali ** Valori più elevati possono essere richiesti per il controllo dell'umidità



Introduzione

PORTATA D'ARIA ESTERNA IN EDIFICI ADIBITI AD USO CIVILE

EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SCOLASTICHE E ASSIMILABILI

- asili nido e scuole materne	4	-	-
- aule scuole elementari	5	-	-
- aule scuole medie inferiori	6	-	-
- aule scuole medie superiori	7	-	-
- aule universitarie	7	-	-
• transiti, corridoi	-	-	-
• servizi		estrazioni	A
- altri locali:			
• biblioteche, sale lettura	6	-	-
• aule musica e lingue	7	-	-
• laboratori	7	-	-
• sale insegnanti	6	-	-

Estratto della norma
UNI 10339

Per la visione completa
consultare la norma

INDICE DI AFFOLLAMENTO

EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SCOLASTICHE

- asili nido e scuole materne	0,40
- aule scuole elementari, medie inferiori e superiori	0,45
- aule universitarie	0,60
- altri locali:	
• aule musica e lingue	0,50
• laboratori	0,30
• sale insegnanti	0,30



Introduzione

ESEMPIO DI CALCOLO DELLE PORTATE D'ARIA ESTERNA IN EDIFICI ADIBITI AD USO CIVILE

Aula tipo: superficie media 60 mq

AULE SCUOLA MEDIA SUPERIORE (EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITA' SCOLASTICHE E ASSIMILABILI).

Portata aria esterna da immettere secondo UNI 10339:

- $7 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} * 3600 \text{ (per persona)} = 25,5 \text{ m}^3 / \text{h} \text{ (per persona)}$

Indice di Affollamento UNI 10339 (ipotizzando una superficie di 60 mq per l'aula)

- $0,45 \text{ pers. /m}^2 \times 50 \text{ m}^2 = 27 \text{ numero di persone massimo calcolato in base alla norma}$

Portata aria minima calcolata:

- $27 \text{ pers.} \times 25,5 \text{ m}^3 / \text{h} = 688,5 \text{ m}^3 / \text{h}$



Introduzione

Un gruppo di ricerca coordinato dalla professoressa Francesca Romana d'Ambrosio, ordinaria di Fisica Tecnica Ambientale presso l'Università degli Studi di Salerno, ha condotto uno studio sulla valutazione del rischio di contagio da SARS-CoV-2 negli ambienti chiusi, anche in riferimento a quelli scolastici.



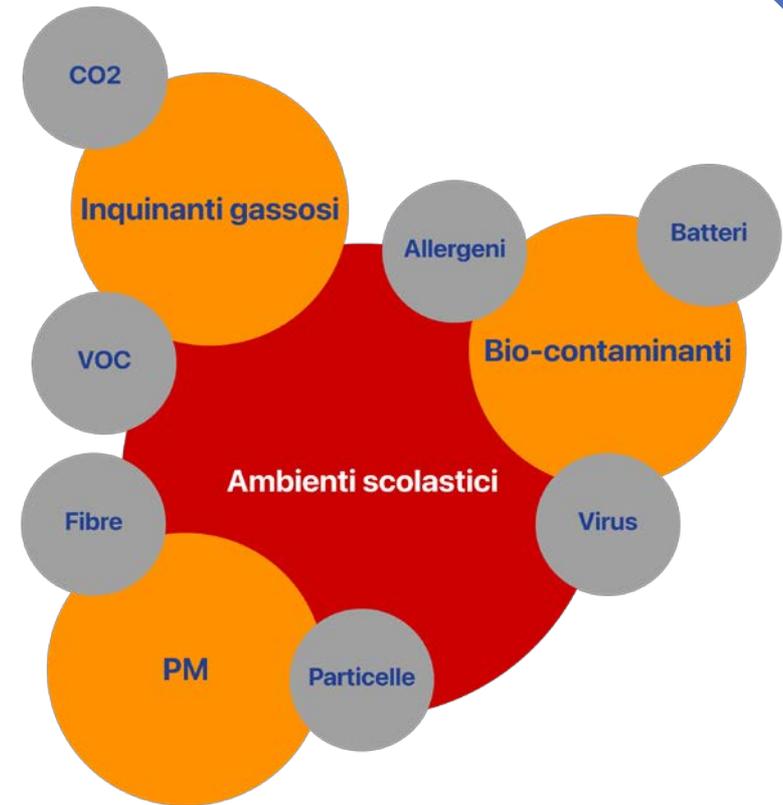
Dai risultati che riguardano gli ambienti scolastici, è emerso con chiarezza che in un'aula senza impianto VMC, qualora sia presente un infetto, docente o allievo, quand'anche tutti gli occupanti indossassero correttamente una mascherina con un opportuno livello di filtrazione, per ottenere un numero di ricambi d'aria adeguato a ridurre il rischio di contagio sia individuale che collettivo sarebbe necessario tenere le finestre aperte per un tempo non compatibile con le condizioni di comfort termico, né con le prescrizioni sulla temperatura interna.



Scarsa qualità dell'aria: problematiche

La scadente qualità dell'aria nelle scuole può determinare seri problemi sanitari tra gli studenti, associati a numerosi fattori presenti nell'ambiente scolastico, fra cui l'umidità, le muffe, i composti organici volatili (CO₂ – VOC) la formaldeide e gli allergeni.

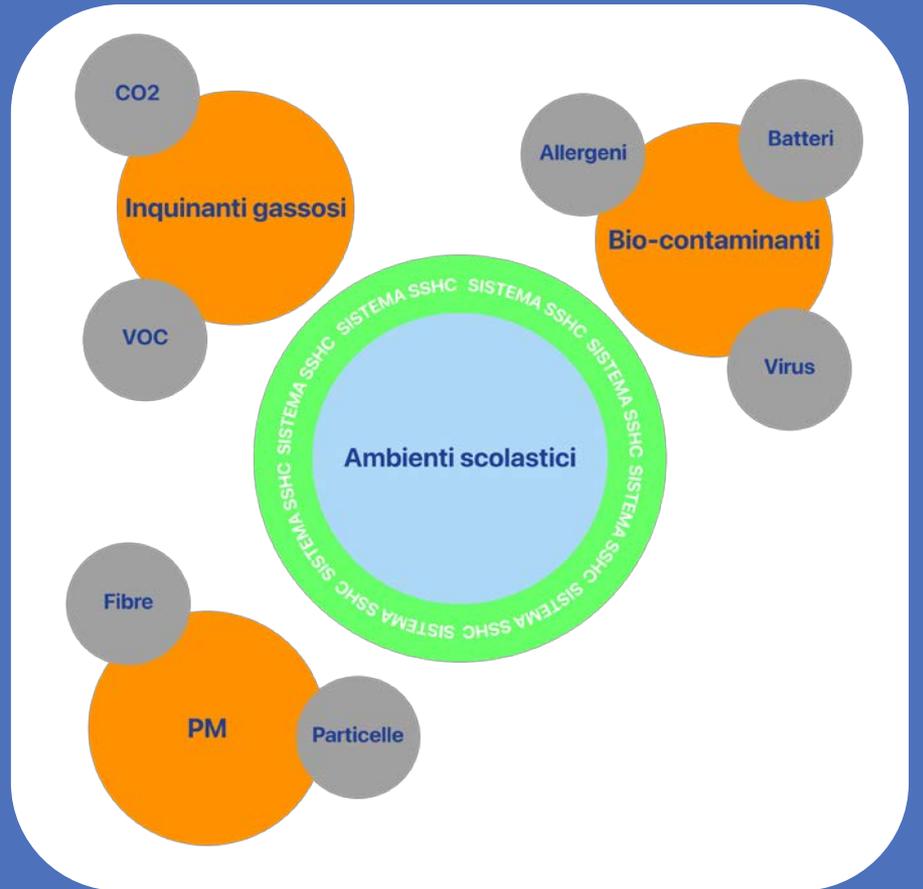
La presenza di inquinamento biologico nell'aria può essere causa di trasmissione di numerose malattie infettive a carattere epidemico.





L'innovazione

Il progetto *SSHC*, ricorrendo a tecnologie *IoT*, consente di monitorare e gestire le condizioni di *IAQ* negli ambienti scolastici



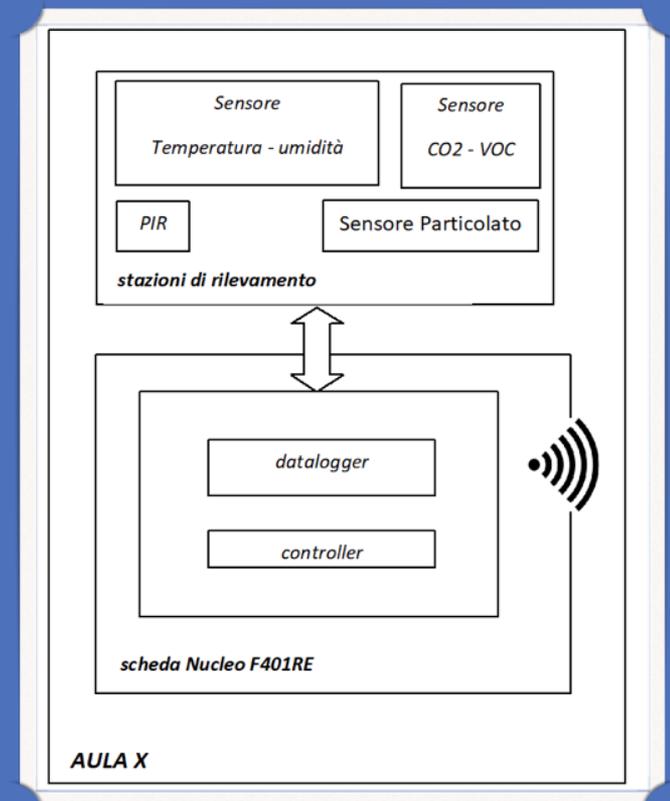


Il Sistema

Il progetto denominato SSHC acronimo di Smart School for Healthier Classrooms, si pone l'obiettivo di realizzare una soluzione a basso impatto architettonico basata su un'architettura *IoT* per misurare e gestire le condizioni di IAQ in ambienti scolastici

Il sistema è costituito da un data logger (*DL*) per ciascuna aula, equipaggiato con scheda WiFi *NUCLEO-IDW01M1* e opportuna sensoristica per la rilevazione di sostanze inquinanti e controllo del sistema di ventilazione decentrato.

Ciascun *DL* prevede, inoltre, un sensore *PIR* per rilevare la presenza degli alunni nell'aula in modo da disattivare il sistema di rilevazione in caso in cui l'aula non sia occupata oltre a sensori magnetici per verificare lo stato delle finestre e delle porte.



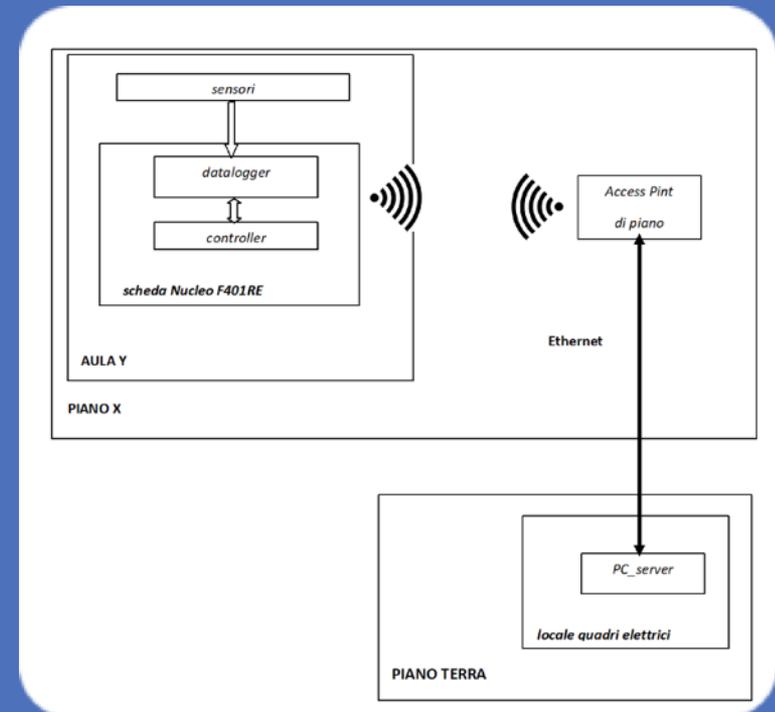


Il Sistema

I *DL* sono connessi, attraverso l'infrastruttura di rete LAN/WAN dell'istituto, ad una centrale di controllo di edificio basata su un Netbook che funge da server di data analysis e di configurazione dinamica dei data logger.

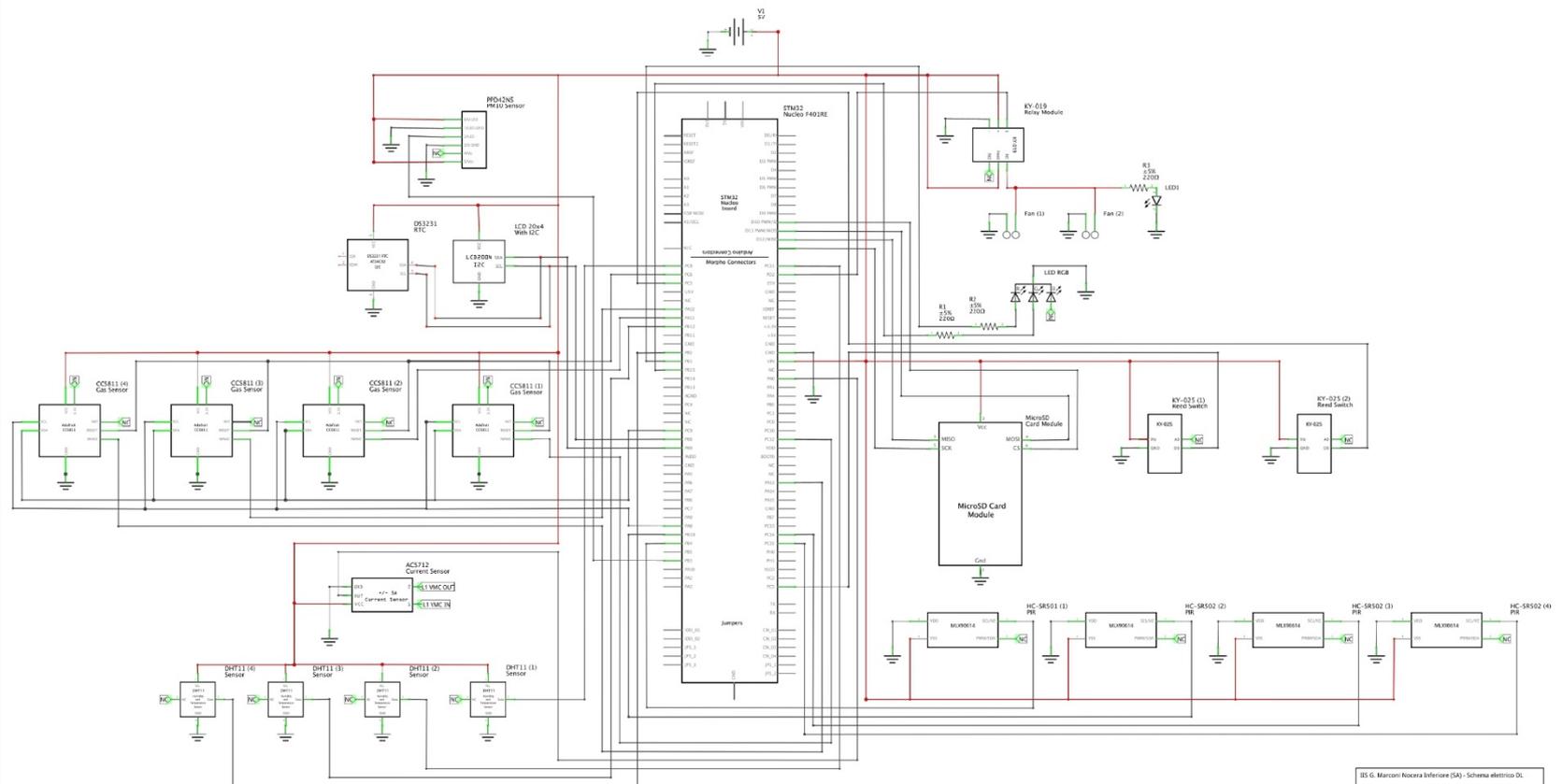
Nel caso di crash della connessione il DL salva i frame non inviati al server su una scheda SD di cui è dotato.

Al ripristino della comunicazione provvederà ad inviare al server le informazioni memorizzate durante il «black out».



Il Sistema

Schema elettrico D.L.:





Il Sistema

Il sistema prevede una stazione di monitoraggio di alcuni parametri esterni quali:

- *Temperatura,*
- *Umidità,*
- *Velocità del vento,*
- *Pioggia,*
- *Particolato*

collegata al server centrale di controllo che servirà per valutare la possibilità di areazione parziale delle aule con apertura delle finestre.





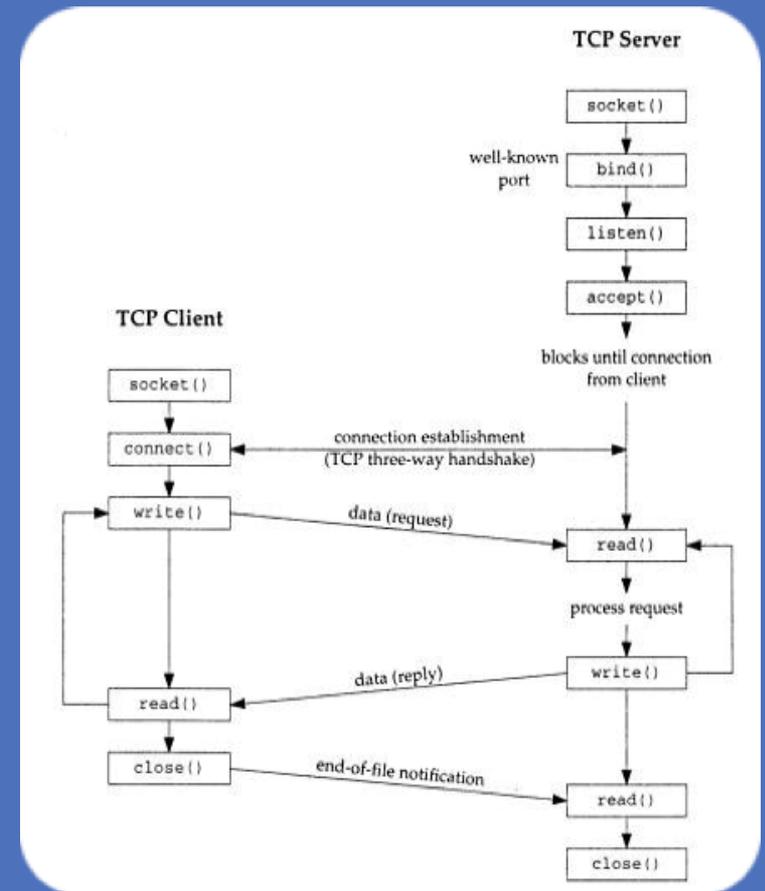
La comunicazione DL - Server

L'architettura utilizzata, come già detto in precedenza, sfrutta l'infrastruttura di rete della scuola ed è pertanto del tipo client server basata su *socket TCP*.

Il *DL client SSHC* invia una richiesta al server, utilizzando una *Socket TCP Client*, questo risponde attraverso una *Socket TCP Server*

I frame inviati dal cliente sono di due tipi:

- dati rilevati dal *DL*
- richiesta di configurazione



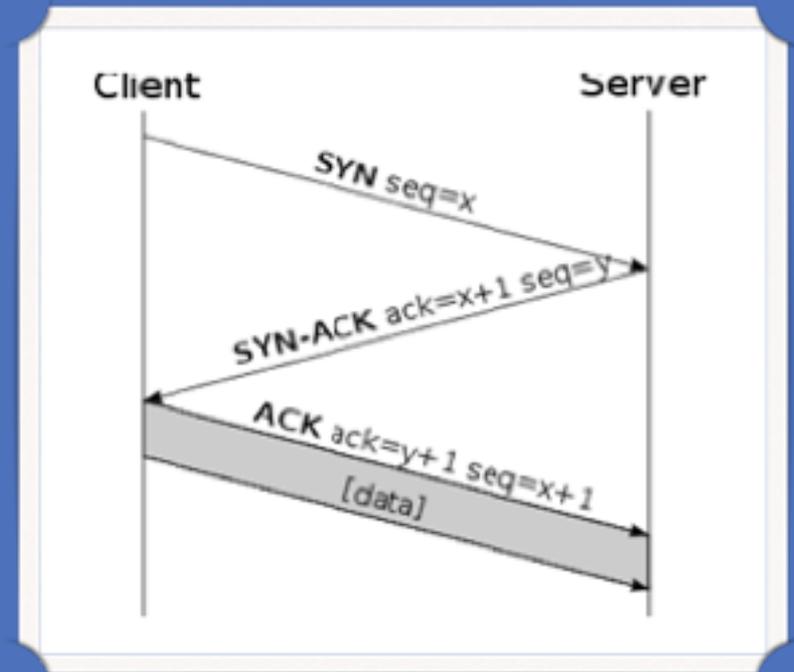


La comunicazione DL - Server

Una volta stabilita la connessione, tramite un processo denominato “*handshake a tre vie*” il *DL* invierà i dati di rilevazione rimanendo in attesa di un *acknowledge* da parte del *Server*.

Il *DL* può anche richiedere al *Server* di inviargli alcuni parametri di configurazione quali ad esempio data e ora per la sincronizzazione del *RTC*, le soglie dei sensori o l’orario di start e stop del monitoraggio.

I messaggi inviati dal server al client e viceversa sono strutturati secondo un protocollo proprietario appositamente progettato.





Il Sistema

In ogni aula è prevista una segnalazione della qualità dell'aria interna rilevata dai sensori attraverso un *display* o direttamente sul laptop d'aula su cui verranno visualizzati i vari valori e, nel caso di segnalazione da parte del server, verrà suggerita l'apertura delle finestre anche attraverso il blink di un avvisatore luminoso

Il sistema integra il controllo di un VMC decentralizzato a doppio flusso con recupero di calore che provvede al ricambio dell'aria nell'aula limitando al minimo il dispendio energetico.

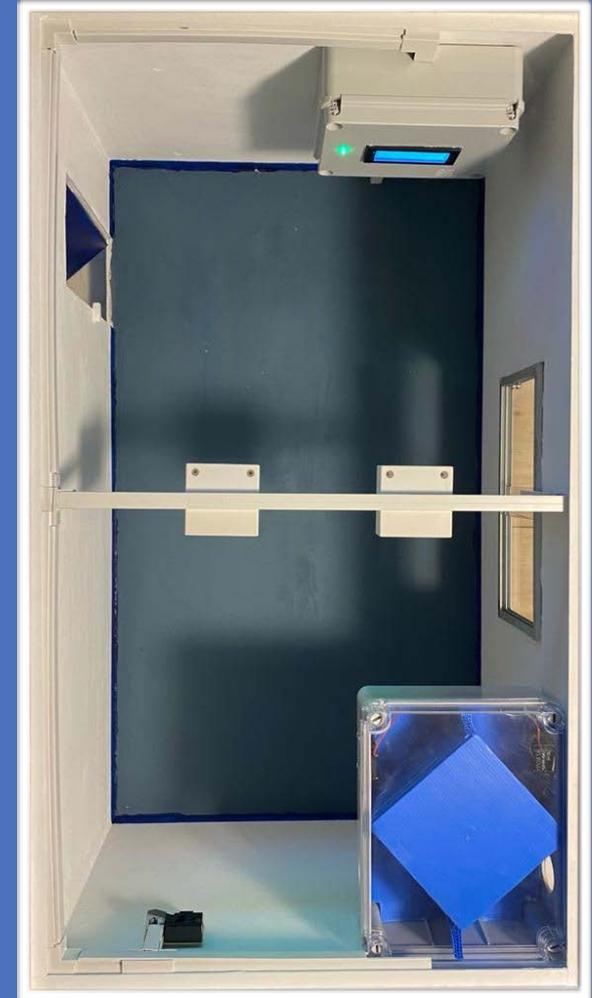




Producibilità industriale

Abbiamo terminato la prima fase realizzando un prototipo funzionante.

Si potrebbe ipotizzare di avviare una Start-Up, nel qual caso si dovrebbe affrontare la seconda fase, che prevede l'individuazione di un'azienda per ingegnerizzare il prodotto.





Conclusioni

Il costo stimato per la realizzazione del prototipo per il controllo di una singola aula è di circa € 5000, che includono il costo del *Ventilatore Meccanico Controllato a doppio Flusso*, che rappresenta il costo maggiore dell'intero sistema.

Il progetto ideato si inserisce in un percorso di eccellenza del nostro Istituto ed è nato con l'obiettivo di realizzare un prodotto finito.

Il sistema descritto in questa presentazione è articolato e denso di collegamenti interdisciplinari che naturalmente hanno portato a fare delle scelte di sintesi per ovvi motivi di tempo.

