DOCUMENTO TECNICO

Ottobre 2025

Indice

1 Introduzione 3
2 Premessa 3
3 Cosa misurare e perché 3
4 Tecnologie di misura 4
5 Posizionamento e copertura dei sensori 5
6 Casi d'uso 6
7 Utilizzo in settori/segmenti di mercato 7
8 Sensori per la qualità dell'aria di Axis 8
8.1 Sensore di qualità dell'aria autonomo 11
8.2 Sensore di qualità dell'aria con dispositivo host 12

1 Introduzione

I sensori ambientali rilevano e misurano vari parametri nell'ambiente circostante, di solito la temperatura, l'umidità, i livelli di rumore, le vibrazioni o i diversi tipi di inquinamento.

Un sensore di qualità dell'aria è un tipo di sensore ambientale che rileva e misura in modo specifico i parametri di qualità dell'aria, come il contenuto di gas e di particolato. Questi sensori sono spesso progettati per l'uso in ambienti con una qualità dell'aria generalmente buona, per i quali si desidera essere avvisati di eventuali anomalie.

Questo documento tecnico presenta una panoramica dei sensori di qualità dell'aria collegati in rete, delle loro misurazioni e del loro funzionamento.

2 Premessa

Mantenere un ambiente interno sano e sostenibile è importante per una serie di motivi, tra cui HSE (salute, sicurezza, ambiente), efficienza operativa e business intelligence. Misurando i vari parametri di qualità dell'aria negli ambienti interni, rilevando le anomalie ed effettuando di conseguenza delle regolazioni, è possibile garantire uno spazio sano e confortevole per le persone presenti.

Anche il monitoraggio della temperatura e dei livelli di umidità relativa svolge un ruolo importante nel mantenere un ambiente interno tale da favorire la longevità delle apparecchiature, consentendo al contempo di apportare le regolazioni necessarie. I dati possono essere utilizzati per prendere decisioni sulla ventilazione e su altri aspetti della gestione dell'edificio, contribuendo in ultima analisi a un funzionamento più sostenibile ed efficiente.

Inoltre, la possibilità di documentare e dimostrare la gestione adeguata della qualità dell'aria degli ambienti interni potrebbe aiutare a raggiungere gli obiettivi di sostenibilità o a dimostrare la conformità alle normative vigenti. I sensori avanzati sono in grado di rilevare il vapore delle sigarette elettroniche e il fumo, abilitando azioni rapide per mantenere un ambiente privo di fumo.

3 Cosa misurare e perché

Tra gli inquinanti atmosferici importanti da monitorare vi sono il particolato (PM), i composti organici volatili (VOC), gli ossidi di azoto (NO_x), l'anidride carbonica (CO_2), nonché il vapore prodotto dalle sigarette elettroniche e il fumo. È possibile misurare anche l'umidità relativa (RH) e la temperatura dell'aria. Inoltre, è possibile determinare l'indice di qualità dell'aria (AQI) nel tempo.

- **Particolato.** L'esposizione al particolato può causare effetti a breve termine sulla salute, come irritazione ad occhi, naso e gola, tosse e respiro corto. Può anche influire sulla funzionalità polmonare e peggiorare alcune malattie come l'asma e i problemi cardiaci. Esempi di particolato sono il polline, la muffa, le spore, la polvere e il fumo, oltre agli aerosol emessi dalle sigarette elettroniche. Il particolato di solito è classificato in base al diametro:
  - PM_1. Particelle ultra-sottili, di diametro inferiore a 1 micrometro. Possono penetrare in profondità nei polmoni e nel flusso sanguigno.
  - $PM_{2,5}$. Particelle sottili, di diametro inferiore a 2,5 micrometri. Comunemente associate all'inquinamento atmosferico e a problemi respiratori.
  - PM_4. Particelle grossolane, di diametro inferiore a 4 micrometri. Spesso correlate a polvere, polline e altri inquinanti atmosferici di grandi dimensioni.
  - PM_{10}. Particelle inalabili, di diametro inferiore a 10 micrometri. Include particelle fini e grossolane che possono penetrare nei polmoni.
- **VOC.** Numerosi VOC sono pericolosi per la salute umana o causano danni all'ambiente e alcuni sono regolamentati da leggi. La maggior parte dei VOC non sono molto tossici, ma possono avere effetti a lungo termine sulla salute. I VOC possono essere emessi da prodotti come vernici, solventi, disinfettanti, antitarme, carburanti e prodotti automobilistici immagazzinati.

- **NO_x.** Gli ossidi di azoto negli ambienti interni sono gli inquinanti più rilevanti tra i gas ossidanti. Qualsiasi esposizione a lungo termine, anche a piccole concentrazioni, può essere considerata dannosa. Gli ossidi di azoto sono prodotti durante i processi di combustione, tipicamente nei motori delle automobili o attraverso la cottura su una cucina a gas, la combustione di candele o il fumo delle sigarette. Le fonti esterne, come gli scarichi delle automobili, possono influire sulla qualità dell'aria interna di un edificio se il sistema di filtraggio dell'aria dell'edificio non è adeguato.
- **CO_2.** Le alte concentrazioni di anidride carbonica possono causare mal di testa e difficoltà respiratorie. Nelle scuole e negli uffici può diminuire l'apprendimento e la produttività, riducendo la capacità di concentrazione di studenti e dipendenti. Poiché gli esseri umani espirano anidride carbonica, la sua concentrazione aumenta normalmente negli spazi interni scarsamente ventilati. L'anidride carbonica deriva anche dall'estrazione e dalla combustione dei combustibili fossili. L'anidride carbonica (CO_2) non deve essere confusa con il monossido di carbonio (CO).
- **Rilevamento del vapore prodotto dalle sigarette elettroniche e del fumo** Le sigarette elettroniche generano particelle sottili che si diffondono e si depositano nelle vie respiratorie. Il fumo di sigaretta è collegato a numerosi effetti negativi sulla salute, come problemi respiratori, bronchite cronica, malattie cardiache e cancro ai polmoni.
- **Umidità relativa.** Livelli di umidità troppo elevati possono provocare la formazione di muffa in un edificio, mentre livelli troppo bassi causano irritazione e secchezza di pelle e occhi. Il controllo dei livelli di umidità è importante anche nelle sale server e nei centri di elaborazione dati per prolungare la durata utile di apparecchiature sensibili. I livelli di umidità negli ambienti interni sono tipicamente influenzati dalla ventilazione, dai processi di cottura dei cibi e dall'aria condizionata.
- **Temperatura.** Temperature troppo alte o troppo basse possono avere un effetto negativo sia sul comfort umano che sulla durata delle apparecchiature. Le temperature negli ambienti interni sono influenzate dalle temperature esterne in combinazione con isolamento inadeguato o riscaldamento insufficiente. Anche gli elettrodomestici o i computer possono generare molto calore negli ambienti interni.
- **AQI.** L'indice di qualità dell'aria è una metrica ampiamente utilizzata per quantificare il livello di inquinanti presenti nell'aria. L'AQI, misurando le concentrazioni di particolato fine ($PM_{2,5}$) su un periodo di 12 ore, classifica la qualità dell'aria in diverse categorie. Il metodo NowCast utilizza una media ponderata delle ultime 12 misurazioni orarie per fornire una stima dell'AQI in tempo reale.

4 Tecnologie di misura

I sensori di qualità dell'aria Axis utilizzano le seguenti tecnologie per misurare i livelli dei parametri di qualità dell'aria.

Contatori ottici di particelle (OPC) sono utilizzati per misurare il particolato. Un OPC funziona proiettando un laser sull'aria che passa attraverso il sensore. Il flusso d'aria è controllato da un ventilatore. Quando la luce del laser viene proiettata sulle particelle presenti nel flusso d'aria, un sensore ottico misura la quantità di luce diffusa. Da questo, l'OPC può calcolare la quantità e la densità delle particelle. Può distinguere tra diverse composizioni di particelle e identificare, ad esempio, gli aerosol emessi dalle sigarette elettroniche.

I sensori di ossido di metallo (MOX) sono utilizzati per misurare VOC e NO_x. Un sensore MOX reagisce alla quantità di ossigeno intorno al sensore. I gas NO_x si ossidano (aumentando l'ossigeno) mentre i VOC si riducono (diminuendo l'ossigeno) quando bruciano sulla superficie del sensore MOX. Anche l'umidità diminuisce la quantità di ossigeno. Ciò significa che la presenza contemporanea di gas NO_x e VOC nell'aria provoca un contrasto tra i gas. Tutti questi fattori vengono compensati utilizzando il sensore di umidità integrato e migliorando la selettività per misurare specificamente i gas riducenti o ossidanti.

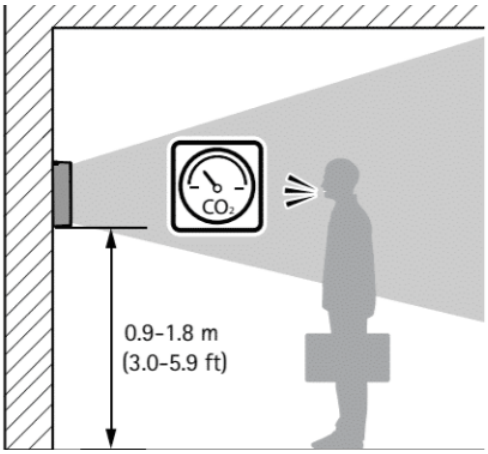
Le **sorgenti luminose IR pulsate** sono utilizzate per misurare i livelli di CO_2. Le sorgenti luminose emettono lunghezze d'onda che vengono assorbite dalla CO_2. Dato che la sorgente luminosa è pulsata, le molecole di CO_2 che essa colpisce iniziano a vibrare e creano un'onda acustica. L'onda acustica è più intensa in presenza di un maggior numero di molecole di CO_2. Tutto ciò viene misurato da un microfono per calcolare la concentrazione di CO_2.

5 Posizionamento e copertura dei sensori

Per ottenere letture ottimali, è necessario posizionare il sensore il più vicino possibile all'area di interesse. Scegliere una posizione che consenta un flusso d'aria libero, lontano dagli angoli e da fonti di calore e non troppo vicino a finestre o bocchette dell'aria. In questo modo si riduce al minimo l'impatto del flusso d'aria e del calore sulla precisione del sensore.

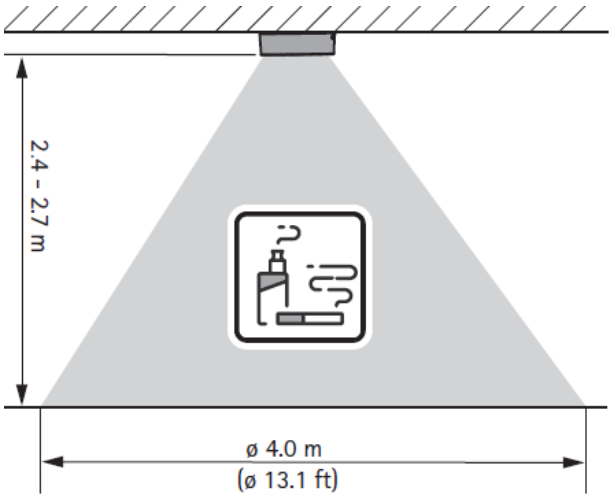
Il posizionamento ottimale dipende anche dalle misurazioni cui si desidera assegnare le priorità, pertanto è necessario consultare il manuale per l'utente del prodotto per conoscere le linee guida di installazione specifiche per il caso d'uso.

Per un monitoraggio efficace della qualità dell'aria si consiglia di installare il sensore a parete. Un posizionamento a un'altezza di 0,9-1,8 metri(3,0-5,9 piedi) dal pavimento assicura che il sensore misuri la qualità dell'aria al livello del respiro e fornisca letture accurate relative all'esposizione umana. In spazi ampi potrebbero essere necessari più sensori per mantenere un rilevamento accurato e una copertura adeguata.



Posizionamento a parete per la misurazione dei livelli di anidride carbonica.

Per il rilevamento del vapore delle sigarette elettroniche o del fumo si consiglia di installare il sensore nel soffitto. Un sensore di qualità dell'aria Axis montato a soffitto copre circa 12 m^2 (130 ft^2), con un raggio di rilevamento di 2 metri (6,5 ft) dal punto direttamente sotto il sensore.



Copertura di un sensore montato a soffitto per il rilevamento del fumo o del vapore delle sigarette elettroniche.

6 Casi d'uso

I sensori di qualità dell'aria possono essere utilizzati per supportare l'HSE (salute, sicurezza, ambiente), migliorare l'efficienza operativa e offrire business intelligence.

Rilevamento del vaping e del fumo. Il rilevamento del vapore delle sigarette elettroniche e del fumo e l'avvio di una risposta appropriata offrono l'opportunità di intervenire quando il divieto di fumare non viene rispettato. Le risposte automatiche o manuali possono includere l'invio di un avviso audio o visivo, l'avvio di una registrazione video o l'informazione del personale.

Garantire una qualità dell'aria degli ambienti interni sana. Monitorando la qualità dell'aria degli ambienti interni, è possibile anticipare i problemi emergenti e rilevare le anomalie che potrebbero passare inosservate alle persone presenti. I sensori di qualità dell'aria possono tenere traccia di indicatori chiave, come i livelli di CO_2, e attivare avvisi ed eventi quando le letture superano i limiti impostati. Gli avvisi possono attivare risposte automatiche o manuali, come informare il personale e gli occupanti di una qualità dell'aria scarsa o regolare la ventilazione per ripristinare una qualità dell'aria ottimale.

Ottenere un buon ambiente interno. Monitorando la temperatura e l'umidità relativa, è possibile rilevare le anomalie e regolarsi di conseguenza per prolungare la salute e la longevità delle macchine. Un sensore di qualità dell'aria può attivare avvisi quando rileva dei livelli oltre l'intervallo prestabilito, in modo da sapere quando è necessario regolare la ventilazione.

Analizzare i dati storici e i metadati per prendere decisioni informate. I sensori possono favorire la comprensione di come varia la qualità dell'aria negli ambienti interni. Forniscono i metadati necessari per analizzare le tendenze nel tempo e prendere decisioni, ad esempio, sulla ventilazione e sulla progettazione degli spazi.

Raggiungere gli obiettivi di sostenibilità. Con l'installazione di sensori per la qualità dell'aria, è possibile raccogliere i dati che aiutano a perseguire gli obiettivi di sostenibilità e a comunicare i propri sforzi.

Rispettare le normative. Grazie all'installazione di sensori di qualità dell'aria è possibile documentare e dimostrare una gestione adeguata della qualità dell'aria degli ambienti interni.

I sensori di qualità dell'aria vengono solitamente utilizzati per il rilevamento del fumo o del vapore delle sigarette elettroniche nei bagni e nelle trombe delle scale, per il monitoraggio dei parametri di qualità dell'aria interna negli uffici e nelle aree pubbliche e per il monitoraggio della temperatura e dell'umidità nelle sale server.

7 Utilizzo in settori/segmenti di mercato

I sensori di qualità dell'aria possono svolgere un ruolo fondamentale nella prevenzione dei rischi per la salute, migliorare la produttività e ottimizzare le operazioni in diversi settori.

- **Istituti di istruzione.** La promozione di un ambiente più sano nelle scuole è fondamentale per il benessere e il successo degli studenti, in quanto aiuta a prevenire i problemi di concentrazione e le altre problematiche causate dalla scarsa qualità dell'aria. Eliminando il vapore delle sigarette elettroniche e il fumo nelle aree comuni come bagni, corridoi, aule, biblioteche, mense, auditorium e aree ricreative, gli istituti educativi possono contribuire a creare un'atmosfera più sicura e favorevole all'apprendimento.
- **Centri di elaborazione dati.** La regolazione della temperatura, dell'umidità e dei livelli di particolato può contribuire a prolungare la durata utile delle apparecchiature.
- **Immobili commerciali.** Il monitoraggio della qualità dell'aria consente una gestione edifici più intelligente in strutture quali uffici, hotel o aree pubbliche. La qualità dell'aria degli ambienti interni è anche una componente dei sistemi di certificazione della bioedilizia, che valutano la sostenibilità ambientale degli edifici.
- **Infrastrutture critiche/Industriali.** Il controllo dell'inquinamento atmosferico, a volte causato dal processo industriale stesso, salvaguarda la salute dei lavoratori e la qualità dei prodotti negli ambienti industriali. Tra gli esempi vi sono le fabbriche di lavorazione degli alimenti, le aree con detriti e combustione di materiali e le aree in cui vengono lavorate sostanze chimiche.
- **Punto vendita.** Il mantenimento di una buona qualità dell'aria migliora la soddisfazione dei clienti nei centri commerciali e nei negozi. Al contrario, una cattiva qualità dell'aria può causare disagi e problemi di salute, mentre una buona qualità dell'aria prolunga l'esperienza di acquisto.

- **Istituti sanitari.** La sanificazione dell'aria è fondamentale nelle sale operatorie, nelle aree pazienti e nelle unità di terapia intensiva. Un attento monitoraggio della qualità dell'aria può essere fondamentale anche durante i lavori di ristrutturazione o di costruzione negli ospedali e nelle strutture di cura.

8 Sensori per la qualità dell'aria di Axis

Axis offre due tipi di sensori di qualità dell'aria. Uno è un dispositivo di rete IP autonomo, mentre l'altro deve essere collegato a un dispositivo di rete IP host.

I sensori di qualità dell'aria di Axis misurano i parametri di qualità dell'aria degli ambienti interni e rilevano il vapore delle sigarette elettroniche e il fumo. È possibile impostarli per l'attivazione di eventi automatici per ricevere la notifica quando i valori dei parametri superano le soglie impostate.

Tabella 8.1 *Parametri di qualità dell'aria e intervalli di misura per i sensori di qualità dell'aria Axis.*

Parametro	Intervallo di misura
Particolato (PM)	Concentrazioni di PM tra 0 e 1000 µg/m^3 per particelle di dimensioni comprese tra 0,3 µm e 10 µm. Misurazioni separate per ciascuna categoria di dimensioni, PM_1, $PM_{2,5}$, PM_4 e PM_{10}.
Indice dei composti organici volatili (VOC)	Da 0 a 500 *, presenza collettiva di VOC <100: inferiore alla media degli ultimi 30 giorni >100: superiore alla media degli ultimi 30 giorni =100: nessuna modifica rispetto alla media degli ultimi 30 giorni
Indice degli ossidi di azoto (NO_x)	Da 0 a 500 * <1: inferiore alla media delle ultime 24 ore >1: superiore alla media delle ultime 24 ore =1: nessuna modifica rispetto alla media delle ultime 24 ore
Anidride carbonica (CO_2)	Da 0 a 40.000 ppm *
Indice di qualità dell'aria (AQI)	Da 0 a 500 *
Umidità relativa (RH)	Da 0 a 100% (senza condensa)

Parametro	Intervallo di misura
Temperatura	da -10 °C a 45 °C
Rilevamento del vapore prodotto dalle sigarette elettroniche e del fumo	Rilevato o non rilevato

** Vedere i periodi di calibrazione applicabili.*

I parametri VOC e No_x vengono misurati come indici anziché come valori assoluti. Si tratta di una scelta operata per fornire sensori di qualità dell'aria che richiedono poca manutenzione. Il tipo di sensore che misura i valori assoluti di VOC e NO_x richiederebbe una ricalibrazione manuale regolare con soluzioni di VOC e NO_x di concentrazioni note.

Per VOC, il valore di riferimento dell'indice è 100. I valori inferiori a 100 indicano che la concentrazione di VOC nell'aria è inferiore alla media degli ultimi 30 giorni. Valori superiori a 100 indicano che la concentrazione di VOC nell'aria è superiore alla media degli ultimi 30 giorni. Se il valore è 100, la concentrazione di VOC nell'aria è uguale alla media degli ultimi 30 giorni. Si noti inoltre che il valore dell'indice VOC è influenzato dalla presenza collettiva di VOC, piuttosto che da ciascun composto singolarmente. Se l'indice VOC supera il valore previsto, potrebbe essere opportuno condurre ulteriori analisi per identificare il fattore principale che contribuisce a tale aumento.

Per NO_x, il valore di riferimento dell'indice è 1. I valori inferiori a 1 indicano che la concentrazione di NO_x nell'aria è inferiore alla media delle ultime 24 ore. Valori superiori a 1 indicano che la concentrazione di NO_x nell'aria è superiore alla media delle ultime 24 ore. Se il valore è 1, la concentrazione di NO_x nell'aria è uguale alla media delle ultime 24 ore.

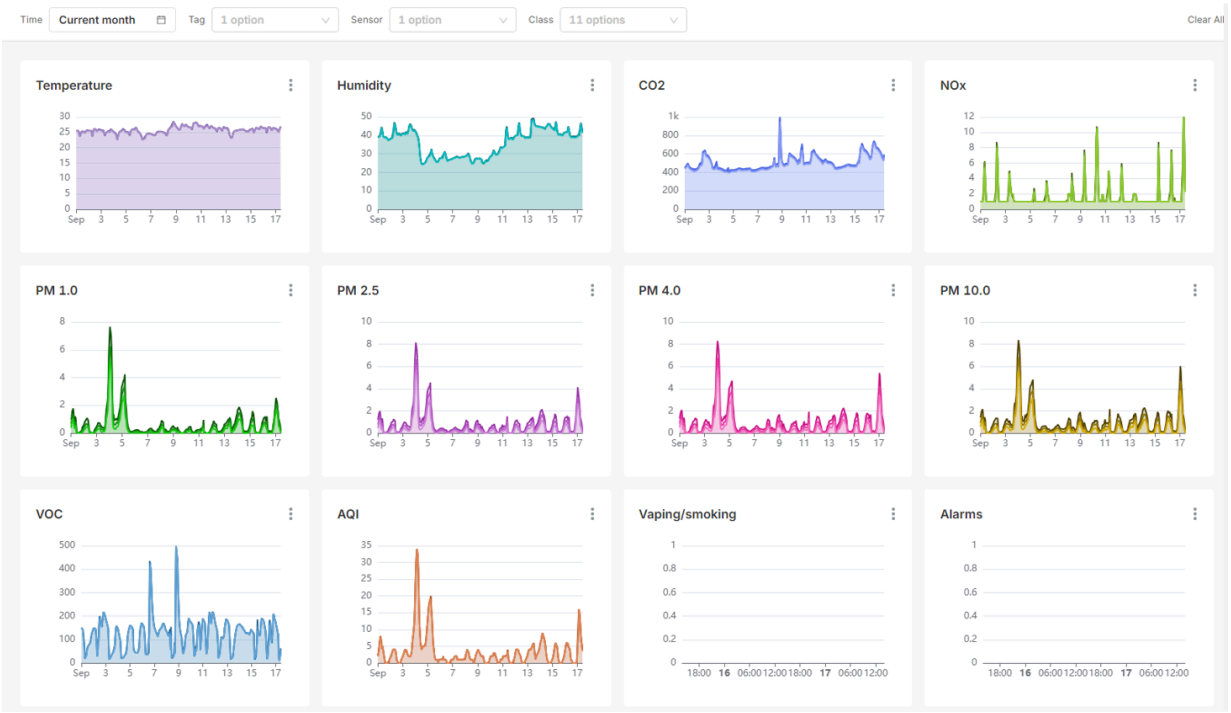
A causa della calibrazione automatica, le misurazioni di AQI, CO_2, VOC e NO_x richiedono tempo per diventare operative.

- Per la precisione totale della CO_2 sono necessari 2 giorni al primo avvio del dispositivo.
- L'indice AQI richiede 12 ore per essere funzionante al primo avvio del dispositivo. L'AQI mostrerà "Calculating" (Calcolo in corso) finché non disporrà di dati sufficienti. Il tempo di calibrazione è necessario ogni volta che il dispositivo si riavvia.
- La precisione totale VOC si ottiene dopo un'ora di funzionamento del dispositivo. Il tempo di calibrazione è necessario ogni volta che il dispositivo si riavvia.
- La precisione totale NO_x si ottiene dopo 6 ore di funzionamento del dispositivo. Il tempo di calibrazione è necessario ogni volta che il dispositivo si riavvia.

Per ulteriori informazioni su come interpretare i risultati delle misurazioni in termini di qualità dell'aria, consultare il manuale per l'utente del prodotto in questione.

È possibile visualizzare i risultati delle misurazioni in una dashboard per visualizzare i dati in tempo reale, ma anche visualizzare i dati storici e le tendenze nel tempo.

Dashboard che mostra i dati di misurazione in tempo reale provenienti da un sensore di qualità dell'aria Axis.



Dashboard che mostra i dati di misurazione storici provenienti da un sensore di qualità dell'aria Axis.

8.1 Sensore di qualità dell'aria autonomo

Il sensore di qualità dell'aria autonomo è in grado di rilevare il fumo di sigarette e il vapore delle sigarette elettroniche, nonché vari inquinanti atmosferici e parametri. Grazie alle sue numerose funzionalità aggiuntive, consente di accedere anche una gestione proattiva della qualità dell'aria e fornisce risposte efficienti ai problemi. Ad esempio, è dotato di un sensore PIR per il rilevamento di presenza e di LED multicolori per l'avviso visivo. Il dispositivo dispone anche di audio bidirezionale sia per i messaggi vocali sia per l'analisi audio. Per ulteriori informazioni su AXIS Audio Analytics, visitare il sito *whitepapers.axis.com/audio-analytics-for-security-and-safety*.

Grazie al sensore di qualità dell'aria autonomo, i risultati delle misurazioni sono disponibili nell'interfaccia web del sensore e un flusso dashboard consente inoltre di visualizzare i risultati delle misurazioni nel proprio VMS.

8.2 Sensore di qualità dell'aria con dispositivo host

Un sensore di qualità dell'aria (a destra) aggiunge funzionalità di monitoraggio della qualità dell'aria efficaci al sistema di sorveglianza tramite una telecamera (a sinistra) che funge da dispositivo host.

Il nostro sensore di qualità dell'aria basato su portcast è un prodotto relativamente economico e richiede un dispositivo host. Dispositivi di Axis selezionati possono funzionare come dispositivo host, in modo da poter aggiungere in modo molto semplice il sensore al sistema di sorveglianza.

Il collegamento tra il sensore e la telecamera e il dispositivo host di Axis avviene tramite la tecnologia portcast di Axis, che consente di aggiungere senza problemi funzionalità (in questo caso la misurazione della qualità dell'aria) al dispositivo host. Ciò significa che il sensore utilizza l'indirizzo IP del dispositivo host e viene controllato da quest'ultimo. I risultati delle misurazioni sono disponibili nell'interfaccia web del dispositivo host e anche nel flusso della telecamera tramite sovrapposizioni MQTT.

Informazioni su Axis Communications

Axis permette di creare un mondo più intelligente e sicuro migliorando la sicurezza, la protezione, l'efficienza operativa e la business intelligence. In qualità di azienda leader nelle tecnologie di rete, Axis offre videosorveglianza, controllo accessi, intercom e soluzioni audio, che supporta con applicazioni analitiche intelligenti e una formazione di alta qualità.

Axis ha oltre 5000 dipendenti in più di 50 paesi e collabora con partner tecnologici e integratori di sistemi in tutto il mondo per fornire soluzioni ai clienti. Fondata nel 1984, Axis è una società con sede a Lund, in Svezia.

© 2025 — Axis Communications AB. AXIS COMMUNICATIONS, AXIS, ARTPEC e VAPIX sono marchi registrati di Axis AB in diverse giurisdizioni. Tutti gli altri marchi sono proprietà dei rispettivi proprietari.Axis Communications AB si riserva il diritto di apportare modifiche senza preavviso.