



Percorso di Citizen Science per il monitoraggio dell'aria

Dott. Carmine Laudato

Inquinamento atmosferico

Nel mondo ogni anno si verificano 7 milioni le decessi anticipati dovuti all'inquinamento dell'aria, solo in Europa si contano 467'000 decessi l'anno

L'aria inquinata è causa del 24% di tutti i decessi per attacco cardiaco, del 25% degli ictus letali, del 43% dei decessi per malattie polmonari ostruttive e del 29% dei tumori al polmone

Nelle città europee si perde in media 1 anno di vita a causa dell'inquinamento



L'inquinamento atmosferico: Cenni storici

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e in particolar modo sulla mortalità complessiva sono noti da anni. Alcuni gravi episodi di inquinamento hanno posto l'accento sui danni causati dall'inquinamento sull'uomo.

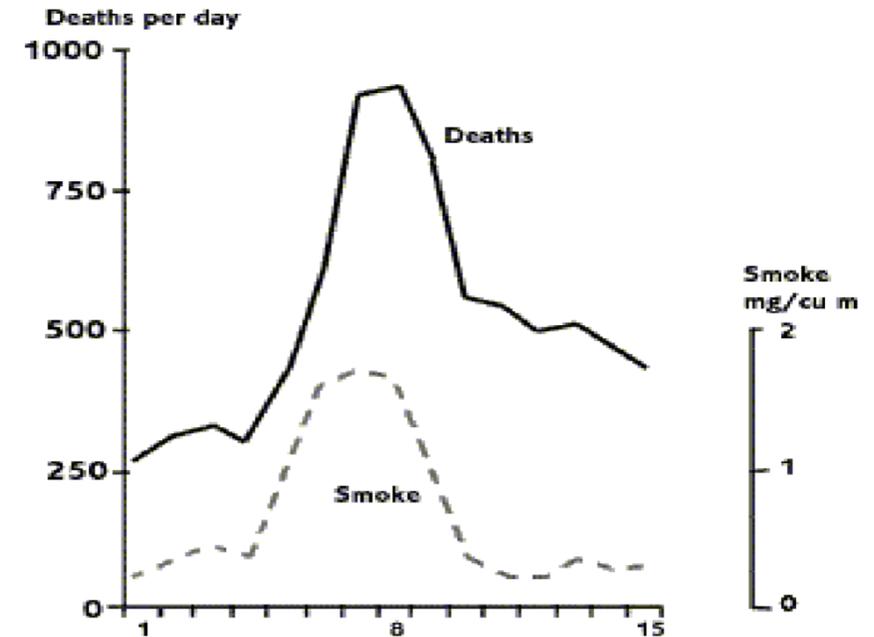


Emblematico fu l'incendio scoppiato a Londra nel 1952 noto alla cronaca come «**the great fire of London**». Nei giorni tra il 5 e il 9 dicembre 1952, grazie a condizioni meteorologiche favorevoli, la capitale inglese fu avvolta da una coltre di **smog** (smoke=fumo + fog=nebbia) che provocò la morte di più di 4000 persone.

L'inquinamento atmosferico: The great fire of London

Durante l'incendio, una fitta coltre di nebbia calava sulla città di Londra nell'iniziale indifferenza dei londinesi, abituati a nebbioni e muri di smog che potevano durare anche per settimane.

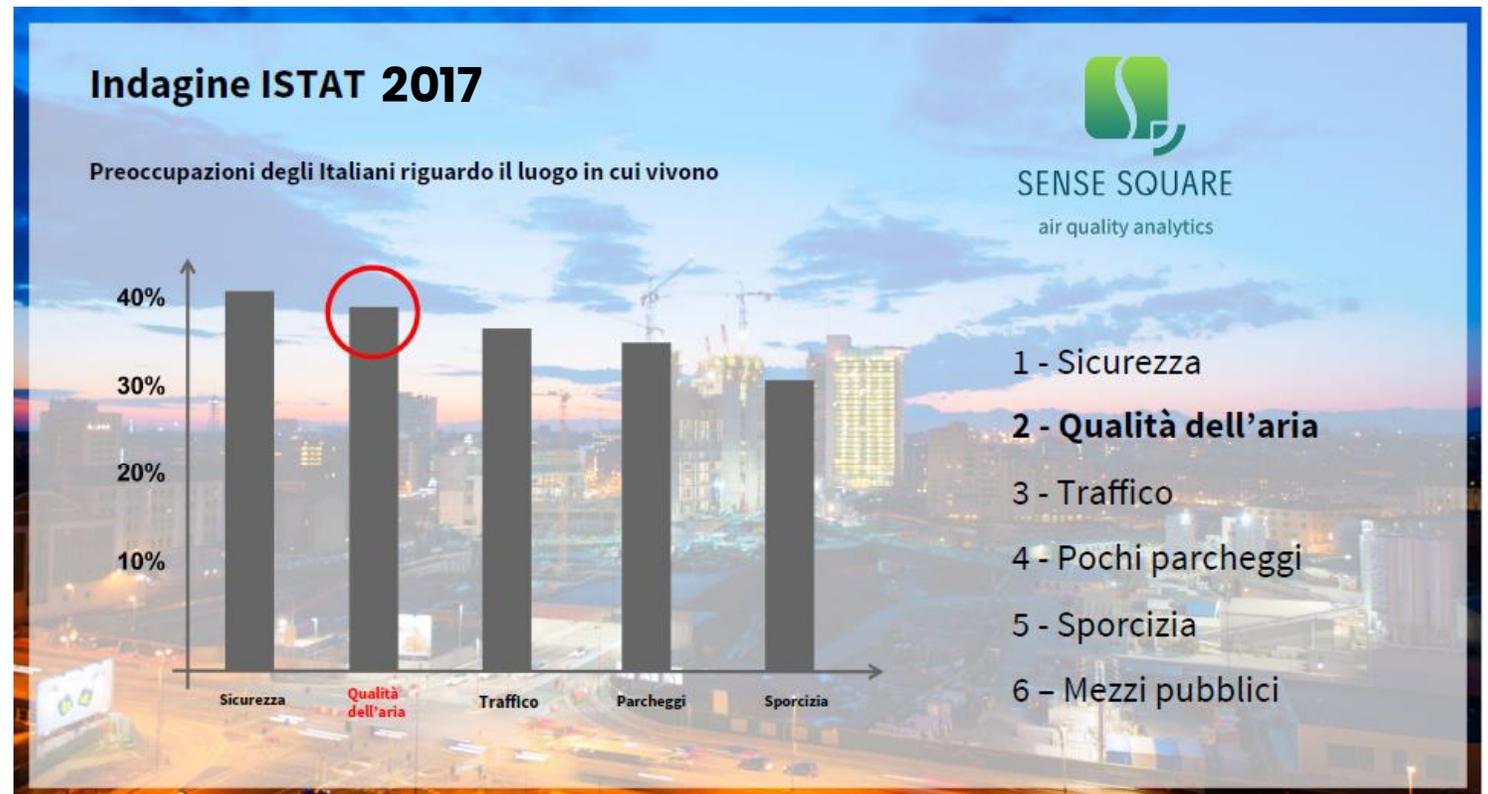
Nei giorni successivi, però, le condizioni peggiorarono rapidamente: la visibilità si ridusse a pochi metri in molte parti della città costringendo le autorità a chiudere scuole, teatri e cinema, e spingendo la cittadinanza a rinchiudersi in casa. E quando la nebbia finalmente si alzò, alle sue spalle lasciava almeno 4mila morti, tra cui molti bambini e anziani, e più di 150mila ricoverati in ospedale.



Londra 1952: Tasso di morte e concentrazione di fumo in atmosfera nei primi 15 giorni di dicembre.

Inquinamento atmosferico

IN ITALIA
L'INQUINAMENTO È UN
PROBLEMA MOLTO
SENTITO DAI CITTADINI,
2° SOLO ALLA
«SICUREZZA»



Inquinamento atmosferico

Secondo la normativa italiana, l'inquinamento atmosferico è definito come: "ogni modificazione della normale composizione chimica o dello stato fisico dell'aria dovuta alla presenza di una o più sostanze, in quantità e con caratteristiche tali da alterare la salubrità e da costituire pericolo per la salute pubblica"
(D.P.R. 203/88)



Principali inquinanti atmosferici in ambito urbano

INQUINANTI CONVENZIONALI

- Biossido di zolfo (SO_2)
- Monossido di carbonio (CO)
- Biossido di azoto (NO_2)
- Particolato sospeso (PTS)
- Ozono (O_3)

INQUINANTI NON CONVENZIONALI

- Biossido di zolfo (SO_2)
- Benzene (C_6H_6)
- Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Fonti di inquinamento

Gli inquinanti possono essere di origine **naturale** o **antropica**

Sorgenti naturali

- ✓ Vulcani (SO_2)
- ✓ Incendi (PM_{10})
- ✓ Processi biologici (allergeni)

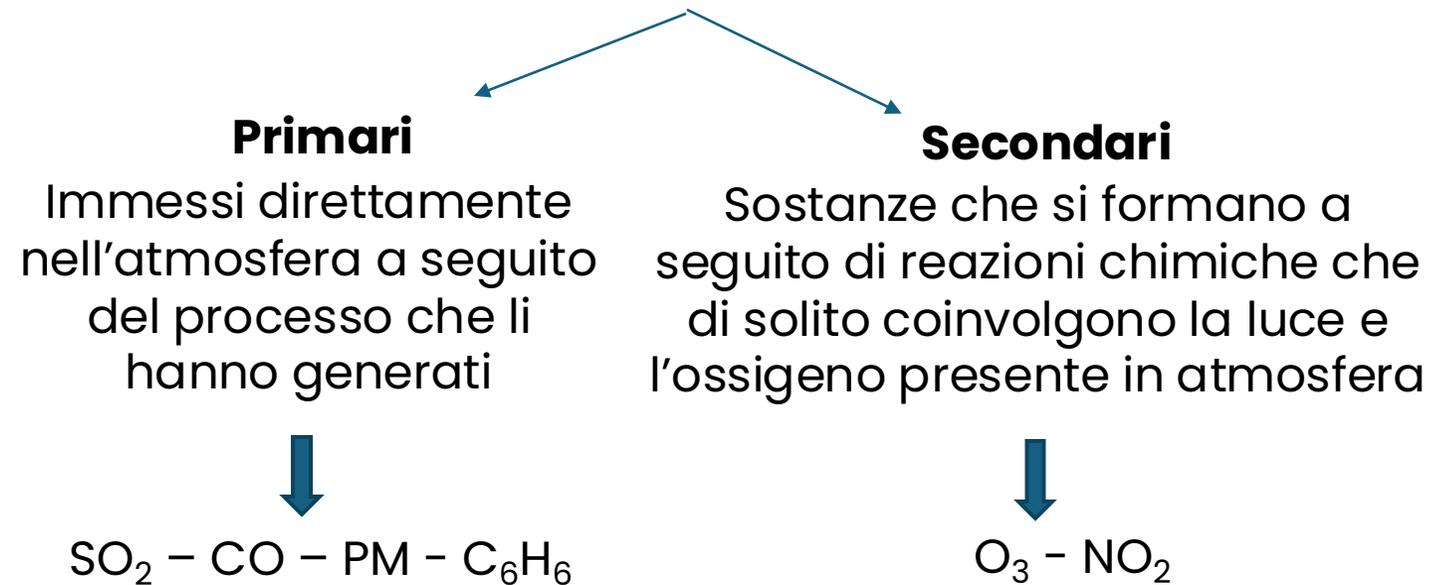
Sorgenti antropiche

- ✓ Traffico veicolare
- ✓ Riscaldamento domestico
- ✓ Emissioni industriali



Classificazione degli inquinanti

A seconda di come vengono generati, gli inquinanti atmosferici sono suddivisi in inquinanti **primari** e inquinanti **secondari**:



Principali inquinanti – Biossido di zolfo

CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE

E' un gas incolore d'odore pungente, che si origina dalle combustione dei composti contenuti zolfo (carbone, gasoli e gli oli combustibili).

FONTI DI EMISSIONE

Fonti naturali: attività vulcaniche.

Fonti antropiche: centrali termoelettriche a carbone o olio combustibile, l'industria (cartiere, impianti di acido solforico, acciaierie, fonderie di metalli non ferrosi, raffinerie di petrolio), il riscaldamento domestico ed il traffico veicolare.

APPROFONDIMENTO

Le emissioni di biossido di zolfo a partire dagli anni '80 sono state considerevolmente ridotte grazie all'introduzione di combustibili a basso tenore di zolfo e alla diffusione del gas naturale negli usi civili e industriali.

Principali inquinanti – Monossido di carbonio

CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE

Gas incolore e inodore prodotto dalla combustione incompleta di sostanze contenenti carbonio.

FONTI DI EMISSIONE

Fonti naturali: processi di ossidazione del metano nell'atmosfera, incendi delle foreste, attività vulcaniche, gas di palude.

Fonti antropiche: la maggior fonte di emissione antropica è il traffico veicolare (che in ambito urbano raggiunge circa il 90% del totale), altre fonti sono il trattamento e smaltimento dei rifiuti, le raffinerie di petrolio e le fonderie.

APPROFONDIMENTO

Le emissioni di biossido di zolfo a partire dagli anni '80 sono state considerevolmente ridotte grazie all'introduzione di combustibili a basso tenore di zolfo e alla diffusione del gas naturale negli usi civili e industriali.

Principali inquinanti – Biossido di azoto

CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE

Gas dal colore rosso-bruno che a livelli elevati di concentrazione è dotato di un odore pungente e soffocante. Esso si forma in massima parte nell'atmosfera per ossidazione del monossido (NO), inquinante primario emesso nei processi di combustione.

FONTI DI EMISSIONE

Fonti naturali: attività vulcanica e dei fulmini.

Fonti antropiche: tutte le reazioni di combustione dei combustibili fossili: il traffico veicolare (che nelle aree urbane contribuisce per circa il 60% del totale), le centrali termoelettriche e il riscaldamento domestico.

APPROFONDIMENTO

Per quanto concerne gli effetti sulla salute umana, l'NO₂ è all'incirca quattro volte più tossico rispetto all'NO. A questo fatto si deve la sua maggior importanza in materia di monitoraggio della qualità dell'aria.

Principali inquinanti – Particolato sospeso

CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE

Il particolato totale sospeso (PTS) sono piccole particelle solide o liquide sospese nell'aria, con origine sia da emissioni dirette che da reazioni chimiche e fisiche atmosferiche. La sua caratterizzazione richiede la conoscenza non solo della concentrazione, ma anche delle dimensioni e della composizione chimica delle particelle.

FONTI DI EMISSIONE

Fonti naturali: attività vulcaniche, sollevamento di polvere dal suolo, dagli "spray" marini, incendi dei boschi.

Fonti antropiche: traffico veicolare, attività industriali (cementifici, fonderie, miniere, ecc.), centrali termoelettriche e riscaldamento domestico.

APPROFONDIMENTO

La misurazione della concentrazione del particolato totale sospeso (PTS) non è sufficiente; è essenziale conoscere dimensioni e composizione chimica. La frazione respirabile, con particelle di diametro inferiore a 10 μm (come PM10 e PM2.5), è cruciale per valutazioni ambientali e sanitarie, considerando l'importanza delle dimensioni delle particelle.



Principali inquinanti – Ozono

CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE

Gas bluastro dall'odore leggermente pungente. L'ozono presente nella bassa atmosfera è di natura interamente secondaria, ossia è frutto di trasformazioni chimiche in presenza di calore di inquinanti primari precursori come gli ossidi di azoto e gli idrocarburi.

FONTI DI EMISSIONE

Fonti naturali: trasporto da parte delle correnti verticali presenti nell'alta atmosfera.

Fonti antropiche: la maggior fonte antropica di ozono è il traffico veicolare. Altre fonti che contribuiscono all'emissione di ozono sono gli impianti di riscaldamento domestico e gli impianti industriali.

APPROFONDIMENTO

L'ozono menzionato è quello troposferico, prevalentemente di origine antropica, diverso dall'ozono stratosferico che protegge dagli UV. Si forma con l'irraggiamento solare, mostrando picchi estivi e pomeridiani, minimi in inverno e di notte. Le concentrazioni più elevate si registrano in zone pulite in quota, poiché l'ozono reagisce con l'aria inquinata.

Principali inquinanti – PM10

CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE

Con il termine PM10 (o “polveri sottili”) si intende la frazione di Particolato Totale Sospeso le cui particelle hanno un diametro inferiore od uguale a 10 micron (un micron è pari ad un millesimo di millimetro).

FONTI DI EMISSIONE

Fonti naturali: erosione del suolo e degli edifici ad opera di fenomeni naturali e meteorologici. **Fonti antropiche:** traffico veicolare (la fonte principale sono i motori diesel, in particolare circa la metà del PM10 da traffico è emessa da veicoli merci pesanti), attività industriali, centrali termoelettriche e riscaldamento domestico.

APPROFONDIMENTO

Il PM10 ha una composizione chimica complessa, riflesso delle varie fonti e della sua capacità di combinarsi con altre sostanze atmosferiche. Contiene almeno sette classi di sostanze, diffondendosi facilmente nell'atmosfera urbana e oltre, a scala regionale e globale.

Principali inquinanti – PM10 / effetti sanitari

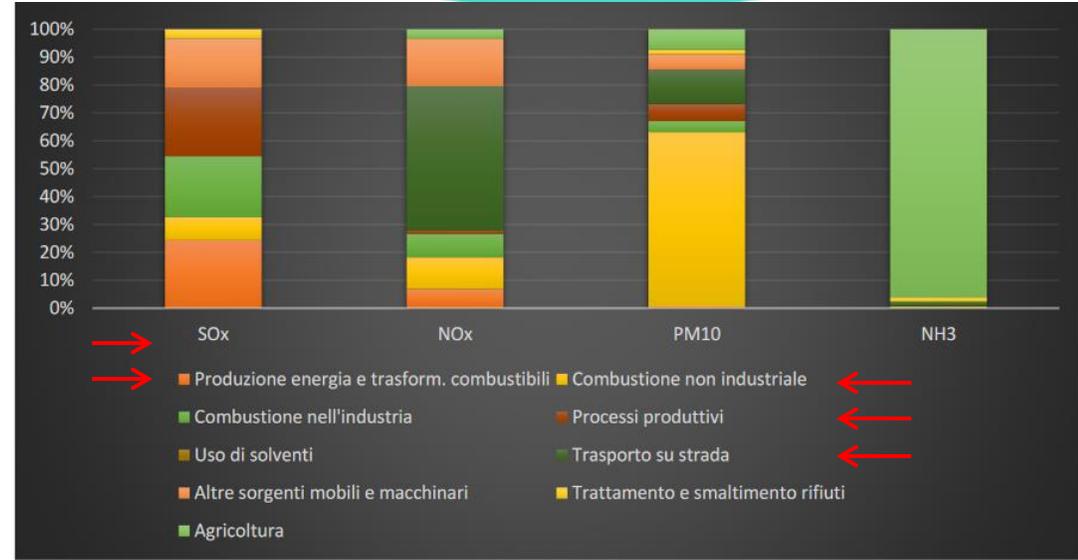
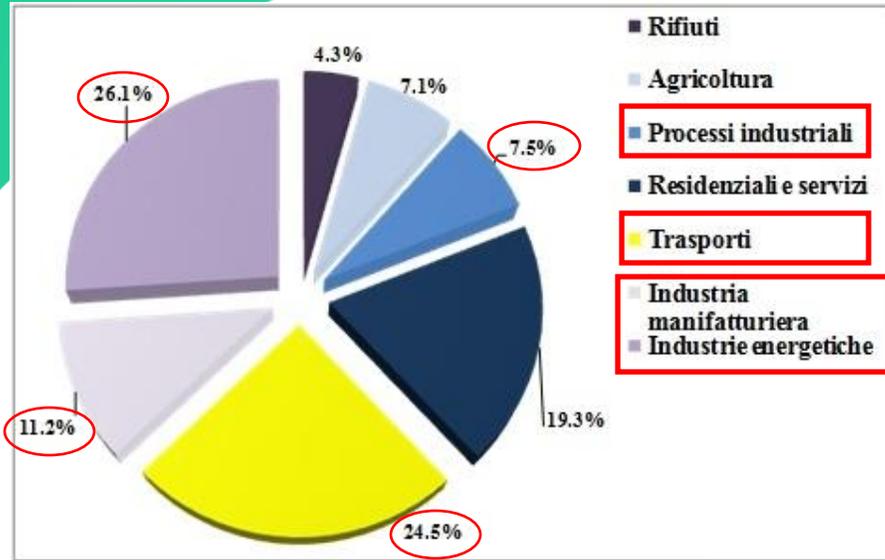
Le polveri, sulla base dei più recenti studi epidemiologici, sembrano essere l'inquinante atmosferico maggiormente correlato con effetti sanitari sia a breve che a lungo termine.

In particolare, minori sono le dimensioni delle polveri e maggiori sono gli effetti sulla salute. Per questo motivo le polveri fini (PM10), ed ancor più le finissime (PM2,5), presentano un interesse sanitario sicuramente maggiore rispetto alle polveri totali:

- le polveri PM10 sono denominate anche polveri inalabili, in quanto sono in grado di penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (dal naso alla laringe).
- le polveri PM2,5 sono denominate anche polveri respirabili, in quanto sono in grado di penetrare nel tratto inferiore della trachea sino agli alveoli polmonari.

Inquinamento Atmosferico

PRINCIPALI FONTI DI EMISSIONE A LIVELLO NAZIONALE



Le principali fonti di inquinamento sono:

- Zona industriale 
- Traffico veicolare 
- Porti 



INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Le principali fonti di inquinamento sono:

- **Zona industriale**
- Traffico veicolare
- Porti



Sense Square



PAUSA
Ci vediamo tra 20 minuti

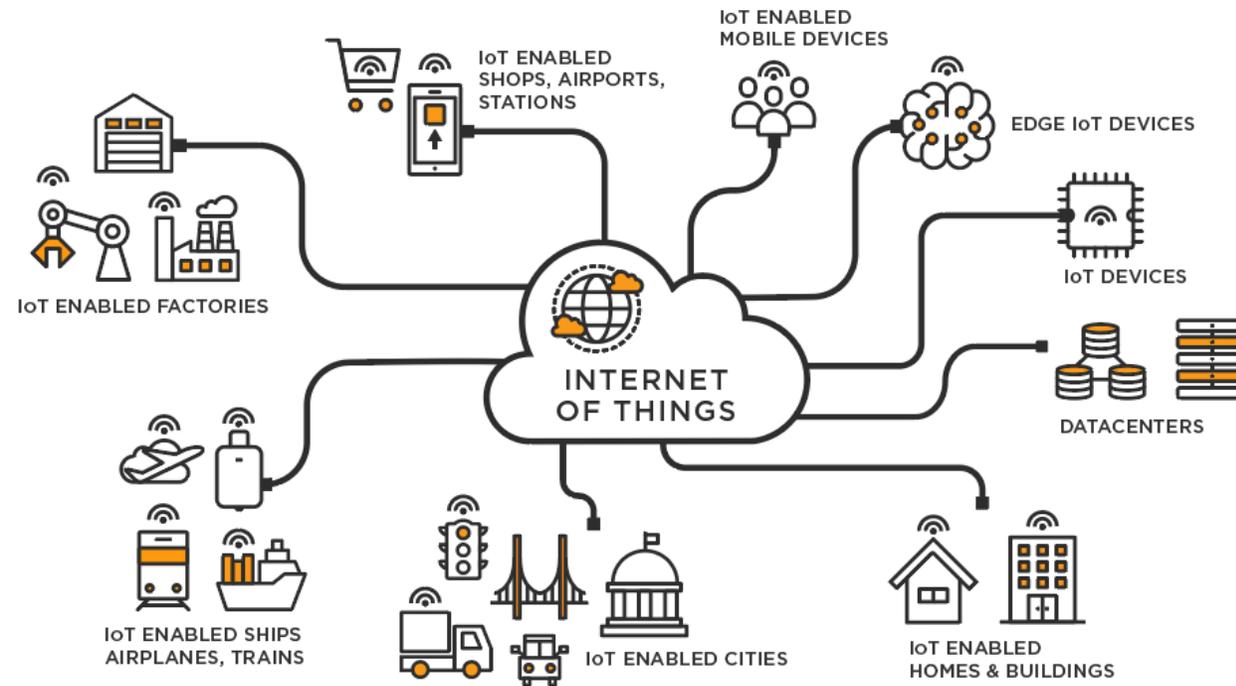


#COFFEEBREAK



Sense Square

Internet of Things



Si parla di **Internet of Things** (acronimo di **IoT**) o ancora di **Internet delle Cose**, ma forse sarebbe più corretto definirla **Internet degli oggetti**. Ci sono, infatti, gli **oggetti intelligenti** (i cosiddetti "**smart objects**") alla base dell'Internet of Things. E non stiamo parlando soltanto di computer, smartphone e tablet, ma soprattutto degli oggetti che ci circondano all'interno delle nostre case, al lavoro, nelle città, nella vita di tutti i giorni. L'Internet of Things nasce proprio qui: dall'idea di **portare nel mondo digitale gli oggetti della nostra esperienza quotidiana**.

Cos'è Arduino ?



Arduino è una piattaforma elettronica hardware dotata di microcontrollore. In aggiunta, Arduino include un opportuno software di sviluppo (Arduino IDE Integrated Development Environment), all'interno del quale è poter scrivere i programmi (denominati sketch) che verranno eseguiti dal microcontrollore. Piattaforma di sviluppo open source Open Source Hardware Open Source Software Economica e facilmente reperibile Espandibile tramite «shield»

L'ambiente di sviluppo integrato (IDE) di **Arduino** è un'applicazione multipiattaforma in Java, che permette di programmare diverse MCU che sono in commercio, esempio ESP32, Arduino ecc.

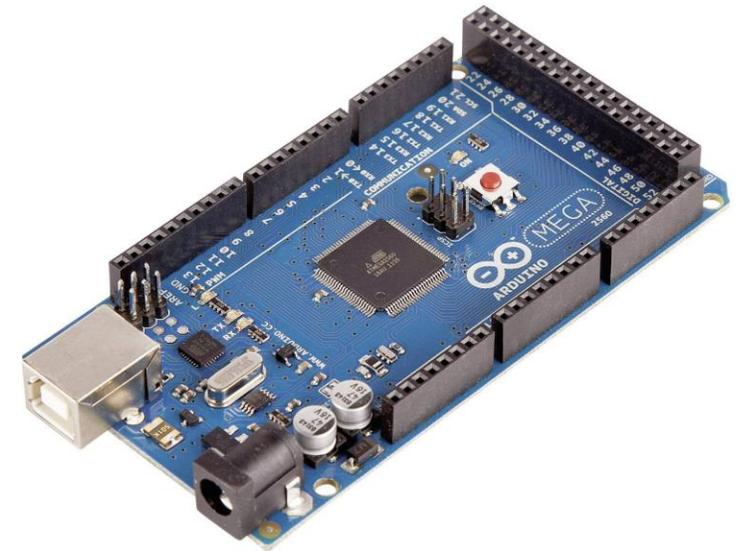


C++ è tra i primi 5 linguaggi più utilizzati al mondo. I campi di applicazione sono i più svariati: dal gaming alle applicazioni real-time, dai componenti per sistemi operativi ai software di grafica e musica, dalle app per cellulari ai sistemi per supercomputer. Praticamente, C++ è ovunque.

Il C++ è un linguaggio pensato per la **programmazione orientata agli oggetti**, che rende questo linguaggio una piattaforma ideale per realizzare progetti di grosse dimensioni, favorendo l'astrazione dei problemi. Ciò ci consente di sviluppare software seguendo i più moderni pattern di progettazione: esistono moltissime librerie già pronte e riutilizzabili

Arduino Mega 2560: di cosa stiamo parlando ?

L'**Arduino Mega 2560** è una scheda di sviluppo basata sul microcontrollore ATmega2560. Ha molti pin che ci permettono di collegare molti sensori. A bordo è presente una porta USB di tipo A, un jack di alimentazione e un tasto di reset. Per programmarla viene utilizzata la porta USB che può essere usata anche per l'alimentazione. A bordo è presente anche un led programmabile.



BME680: che cosa è ?



Il BME680 è il primo sensore di gas che integra sensori di gas, pressione, umidità e temperatura ad alta linearità e alta precisione. È stato sviluppato appositamente per applicazioni mobili e indossabili in cui le dimensioni e il basso consumo energetico sono requisiti critici. Al fine di misurare la qualità dell'aria per il benessere personale, il sensore di gas all'interno del BME680 è in grado di rilevare un'ampia gamma di gas come i composti organici volatili (VOC).

Esercizio 1

Accendere il LED a bordo



Esercizio 1: Proviamo ad accendere il LED

Apriamo
Arduino IDE

Scegliamo la
board Arduino
MEGA

Andiamo negli
esempi e
clicchiamo Blink



Esercizio 1: Proviamo ad accendere il LED

```
void setup() {  
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.  
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);  
}  
  
// the loop function runs over and over again forever  
void loop() {  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)  
  delay(100); // wait for a second  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW  
  delay(2000); // wait for a second  
}
```

Come possiamo vedere il codice è composto da due blocchi il setup e il loop, il primo serve per le inizializzazioni dei vari sensori, mentre il secondo è un ciclo infinito che conterrà le varie operazioni che la nostra scheda deve effettuare.

In questo caso viene inizializzato il led nel setup e nel loop facciamo accendere e spegnere il led con un ritardo che possiamo decidere noi cambiano il valore che sta scritto affianco alla parola chiave delay. Questa funzione serve per fermare per determinati millisecondi il funzionamento della scheda.

Esercizio 1: Proviamo ad accendere il LED

Andiamo in
strumenti

Selezioniamo
tra le schede
'Arduino
MEGA'

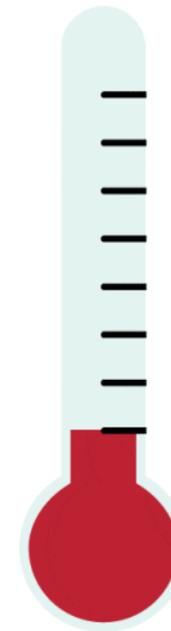
Ora
selezioniamo
la porta
giusta

Clicchiamo
sulla freccia
in alto a
sinistra

Attendiamo il
caricamento
del codice

Esercizio 2

Leggere i dati dal sensore BME 680



Esercizio 2: Leggiamo i dati dal BME 680

Aprire Arduino IDE

Cliccare su Strumenti e poi in Gestione Librerie

Ora cerchiamo BME680

Installiamo la libreria

Ora andiamo negli esempi

Esercizio 2: Leggiamo i dati dal BME 680

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  Serial.println(F("BME680 async test"));

  if (!bme.begin(0x76)) {
    Serial.println(F("Could not find a valid BME680 sensor, check wiring!"));
    while (1);
  }

  // Set up oversampling and filter initialization
  bme.setTemperatureOversampling(BME680_OS_8X);
  bme.setHumidityOversampling(BME680_OS_2X);
  bme.setPressureOversampling(BME680_OS_4X);
  bme.setIIRFilterSize(BME680_FILTER_SIZE_3);
  bme.setGasHeater(320, 150); // 320°C for 150 ms
}
```

```
void loop() {
  // Tell BME680 to begin measurement.
  unsigned long endTime = bme.beginReading();
  if (endTime == 0) {
    Serial.println(F("Failed to begin reading :("));
    return;
  }
  Serial.print(F("Reading started at "));
  Serial.print(millis());
  Serial.print(F(" and will finish at "));
  Serial.println(endTime);

  Serial.println(F("You can do other work during BME680 measurement."));
  delay(50); // This represents parallel work.
  if (!bme.endReading()) {
    Serial.println(F("Failed to complete reading :("));
    return;
  }
  Serial.print(F("Reading completed at "));
  Serial.println(millis());

  Serial.print(F("Temperature = "));
  Serial.print(bme.temperature);
  Serial.println(F(" °C"));

  Serial.print(F("Pressure = "));
  Serial.print(bme.pressure / 100.0);
  Serial.println(F(" hPa"));

  Serial.print(F("Humidity = "));
  Serial.print(bme.humidity);
  Serial.println(F(" %"));

  Serial.print(F("Gas = "));
  Serial.print(bme.gas_resistance / 1000.0);
  Serial.println(F(" KOhms"));
}
```

Esercizio 2: Leggiamo i dati dal BME 680

Andiamo in
strumenti

Selezioniamo
tra le schede
'Arduino
MEGA'

Ora
selezioniamo
la porta
giusta

Clicchiamo
sulla freccia
in alto a
sinistra

Attendiamo il
caricamento
del codice

Grazie per l'attenzione

