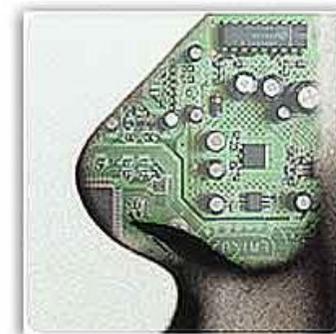




**fiera
dell'innovazione**

LECCE / 21 > 24
NOVEMBRE 2012 **MUST**



IL NASO ELETTRONICO PER APPLICAZIONI AMBIENTALI

Dr. Simonetta Capone



**Istituto per la Microelettronica e i Microsistemi (CNR-IMM),
Lecce**

WORKSHOP

**SISTEMI MODELLISTICI INNOVATIVI A SUPPORTO DEL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN
SMART CITIES**

GIOVEDÌ 22 NOVEMBRE 2012

dalle 11.00 alle 12.00 c/o Museo Storico Città di Lecce (MUST) - Sala 3

I CINQUE SENSI

E LO SVILUPPO TECNOLOGICO

I CINQUE SENSI / I LORO ORGANI



L'**OLFATTO** è tra i sensi dell'uomo quello meno controllabile.

NON POSSIAMO SMETTERE DI RESPIRARE



POSSIAMO CHIUDERE LA BOCCA



POSSIAMO TAPPARCI LE ORECCHIE



POSSIAMO CHIUDERE GLI OCCHI



POSSIAMO EVITARE OGNI CONTATTO CON IL CORPO

Non è disponibile ancora nessun sistema per **REGISTRARE** l'olfatto



Familiari sistemi per **REGISTRARE** immagini e suoni

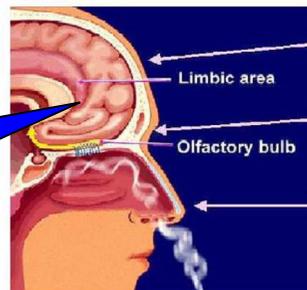


LA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA LAVORA ALLO SVILUPPO DI “NASI ELETTRONICI”
 Il Naso elettronico è un'apparecchiatura che tenta di “mimare” il funzionamento dell'olfatto

NASO UMANO **NASO ELETTRONICO**



Impronta dell'odore



Pattern classifier
 (real neural network)

Sensor array
 10⁷ cells of ~100 different receptor types

Sampling system
 (temperature, humidity control, filtering)



Prototipo di Naso Elettronico

Serie di sensori di gas

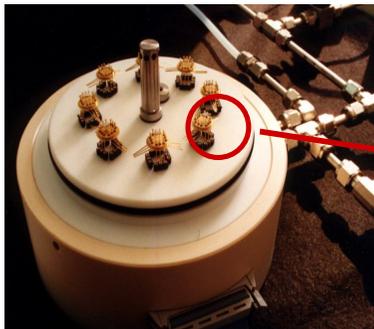


=

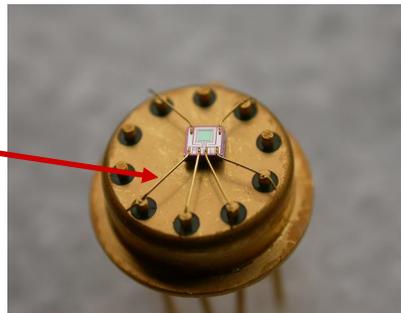


**+
 Analisi dati
 (Pattern Recognition)**

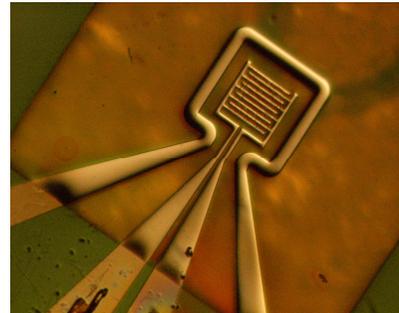
Il naso elettronico è uno strumento che si basa su una serie di sensori chimici di gas non specifici e un sistema di Pattern Recognition in grado di riconoscere odori semplici e complessi (Gardner and Barlett, 1994, Sensors and Actuators B, 18, p.221)



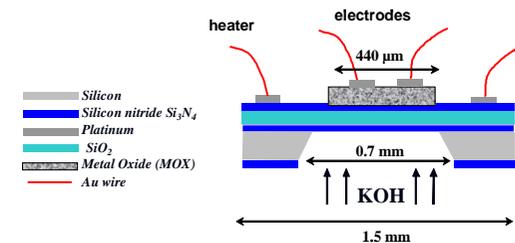
Serie di sensori di gas



Sensore di Gas saldato su un supporto



Superficie di un sensore di gas

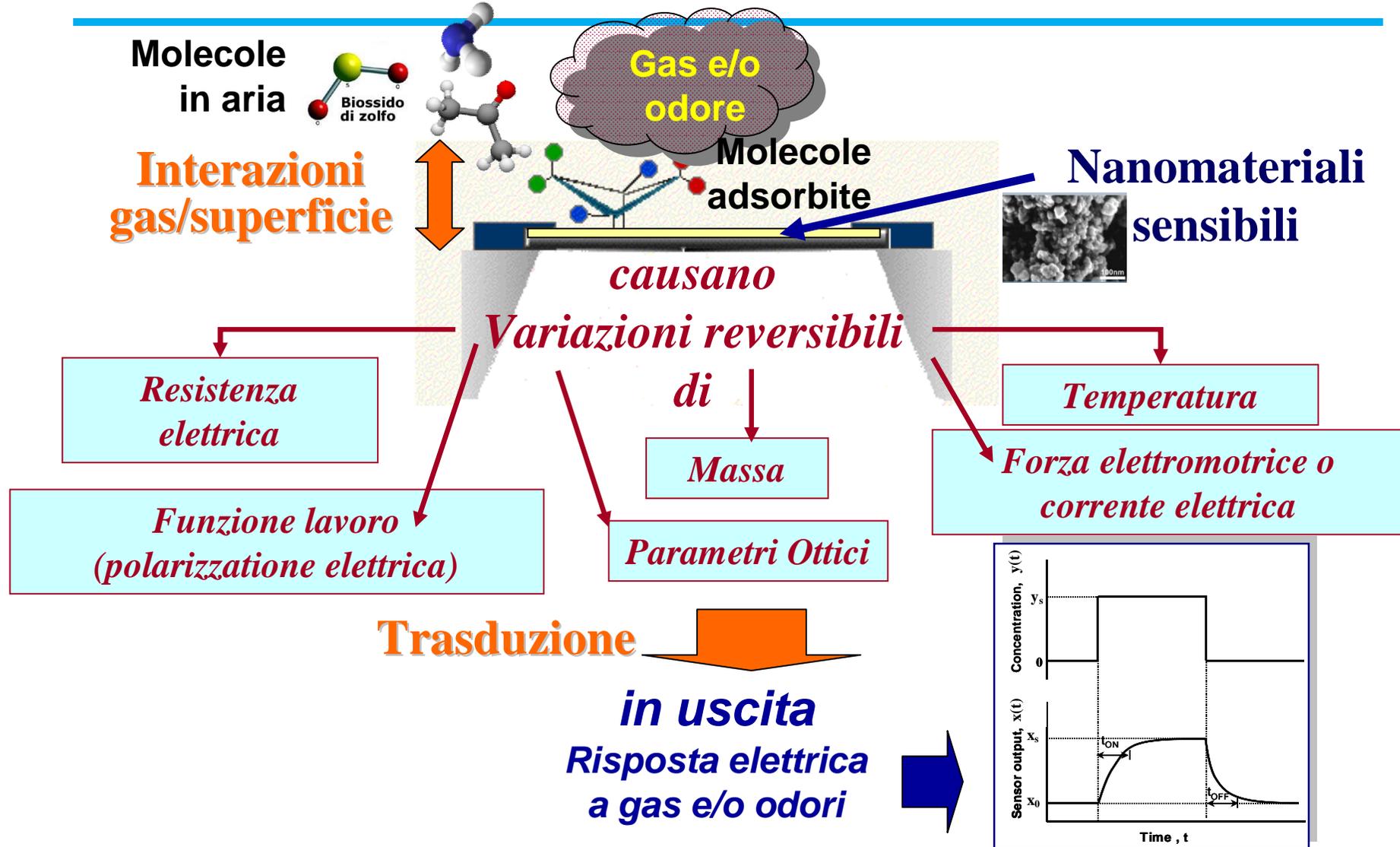


Tecnologie impiegate:

- Deposizione film sottili
- Preparazione di nanomateriali
- Microlavorazione del Silicio



STRUTTURA DEL SENSORE DI GAS



TIPI DI SENSORI DI GAS

Types of Solid state gas sensors

	TYPE OF DEVICES	PHYSICAL CHANGE
1	Semiconductor gas sensors	Electrical conductivity
2	Field effect gas sensors: diodes, transistors, capacitors	Work function (electrical polarisation)
3	Piezoelectric sensors : Quartz crystal microbalances (QMB), surface acoustic wave (SAW), microcantilevers	Mass
4	Optical sensors (fibre optic or thin film)	Optical parameters: SPR, reflection, interferometry, absorption, fluorescence, refractive index or optical path length
5	Catalytic gas sensors: Seebeck effect, pellistors, semistors	Heat or temperature
6	Electrochemical gas sensors (potentiometric or amperometric)	Electromotive force or electrical current in a solid state electrochemical cell



Naso elettronico: principio di funzionamento

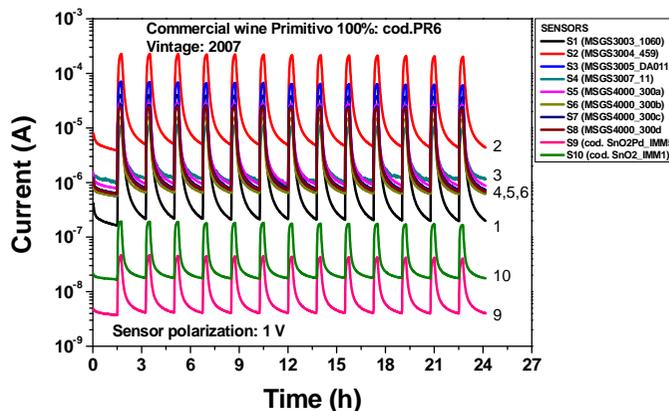
Campionamento

I gas e/o odori vengono campionati e convogliati sulla superficie dei sensori



Acquisizione dei dati

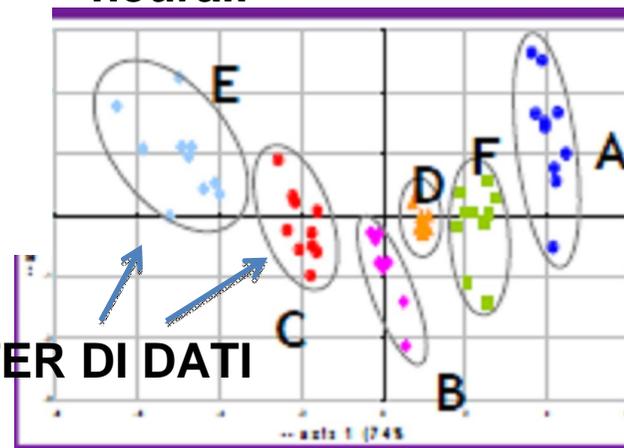
La risposta dei sensori è convertita in segnali elettrici monitorati dal computer



Analisi dei dati

La risposta dei sensori viene elaborata usando metodi di analisi multivariata e/o reti neurali

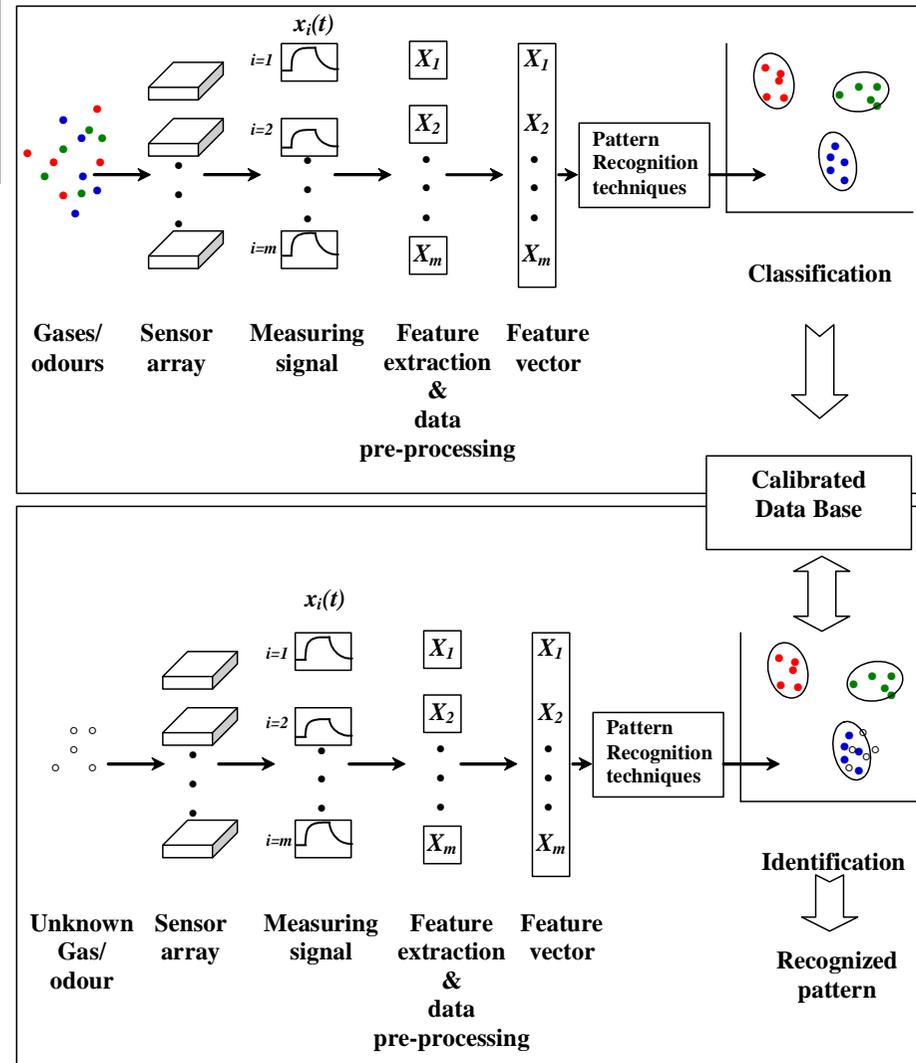
CLUSTER DI DATI





**Il problema dell'analisi dati
generati da un naso
elettronico**

Naturalmente un naso elettronico necessita di una **calibrazione**. Esponendo la serie di sensori a diversi campioni del gas e/o odore in analisi, si costruisce un **database (ARCHIVIO)** di **pattern** chimici e **pattern** di risposte dei sensori note, che vengono utilizzati per **addestrare** il sistema di **Pattern Recognition (PARC)**.

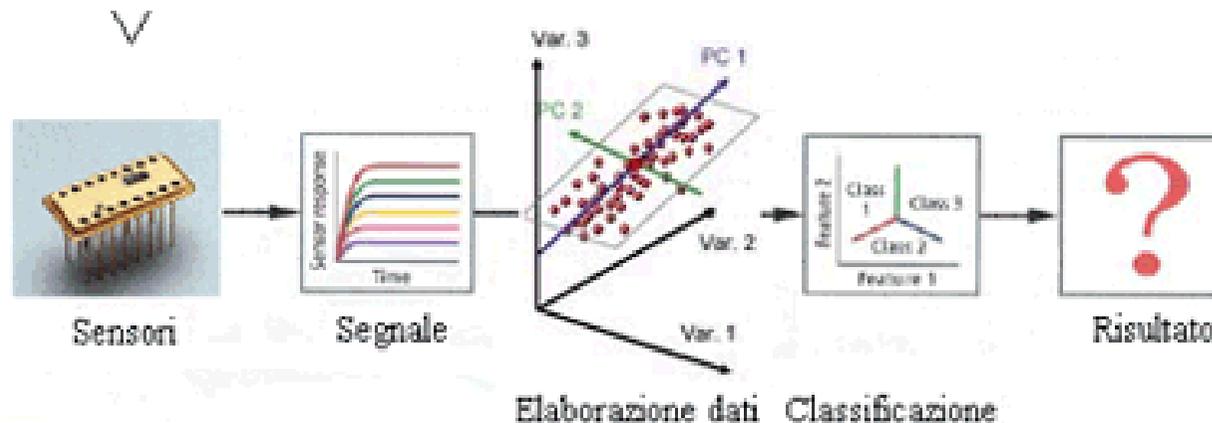




Analisi Dati (Pattern Recognition)

Una procedura di *pattern recognition* esegue un'analisi comparativa e qualitativa fra campioni di gas e/o odori diversi. Essa valuta il sistema di dati multidimensionale basato sulle risposte dei sensori cercando le principali relazioni nel set stesso di dati allo scopo di analizzare la struttura dei dati e discriminare fra classi di dati differenti (*clusters*) appartenenti a differenti *pattern* chimici (processo di classificazione).

Inoltre una procedura di *Pattern Recognition* assegna le risposte dell'array di sensori ad un odore sconosciuto ad una classe, riconoscendo in tal modo la presenza di un particolare *pattern* chimico (processo di identificazione).



NASO UMANO



Il naso elettronico non separa, né identifica, né misura le singole componenti volatili di un odore, ma ne fornisce “un'impronta digitale”: riconosce cosa è uguale o diverso, ed eventualmente quanto è diverso!

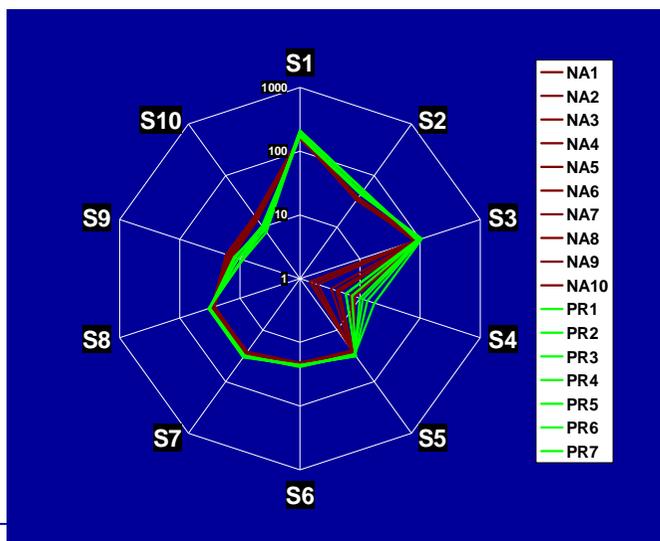
NASO ELETTRONICO



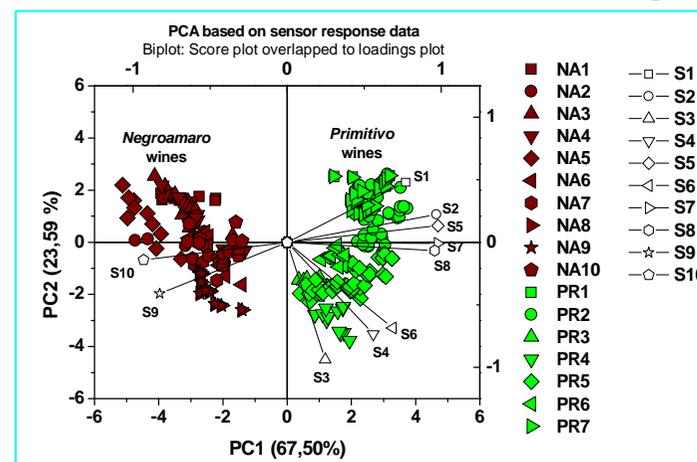
Il naso elettronico lavora in modo molto simile all'olfatto umano un'unendo alla sensibilità discriminante del sistema olfattivo l'oggettività della risposta strumentale

Esempio applicazione

Impronte digitali
Negroamaro e Primitivo



Discriminazione tra vini Primitivo e Negroamaro





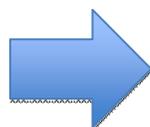
**fiera
del'innovazione**

LECCE / 21 > 24
NOVEMBRE 2012 MUST



Tabella 1 - Nasi Elettronici: settori di utilizzo ed applicazioni

Settore	Applicazione/Funzione
Agroalimentare/zootecnia	<ul style="list-style-type: none">▪ Tracciabilità dei cibi▪ Antisofisticazione▪ Controllo ambientale in serre▪ Controllo ambientale in allevamenti
Ambientale	<ul style="list-style-type: none">▪ Controllo dell'inquinamento in città▪ Controllo dell'inquinamento in ambienti chiusi (IAQ)▪ Controllo delle emissioni nocive o moleste▪ Sorveglianza di aree vulcaniche▪ Controllo delle acque potabili ed industriali
Biomedicale	<ul style="list-style-type: none">▪ Diagnostica precoce di varie patologie▪ Controllo automatico dello stato di salute in pazienti non autosufficienti
Controllo processi Industriali	<ul style="list-style-type: none">▪ Controllo di qualità del prodotto e del processo di fabbricazione in industrie di: packaging, alimentari, trasporti▪ Controllo del livello di pulizia▪ Formulazione di nuovi prodotti
Aerospaziale	<ul style="list-style-type: none">▪ Controllo dell'aria in cabina ed in stazioni spaziali
Sicurezza	<ul style="list-style-type: none">▪ Sorveglianza di luoghi potenzialmente rischiosi per l'uomo▪ Detection di esplosivi▪ Detection di droghe





**fiera
dell'innovazione**

LECCE / 21 > 24
NOVEMBRE 2012 **MUST**



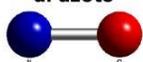
Principali inquinanti dell'aria:

- ➔ il monossido di carbonio,
- ➔ gli ossidi di azoto
- ➔ gli ossidi di zolfo
- ➔ l'ozono,
- ➔ il particolato,
- ➔ il radon,
- ➔ il benzene,
- ➔ l'asbesto
- ➔ idrocarburi policiclici aromatici (IPA).
- ➔ VOC (composti organici volatili)

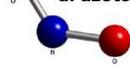
Monossido di carbonio



Ossido di azoto



Biossido di azoto



➔ gli ossidi di azoto

Biossido di zolfo



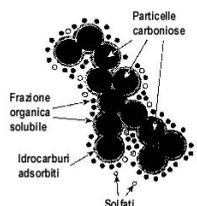
Triossido di zolfo



➔ gli ossidi di zolfo



➔ l'ozono,



➔ il particolato,



➔ il radon,

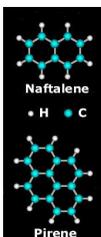


Benzene

➔ il benzene,



➔ l'asbesto



Naftalene

• H • C

Pirene

➔ idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

➔ VOC (composti organici volatili)



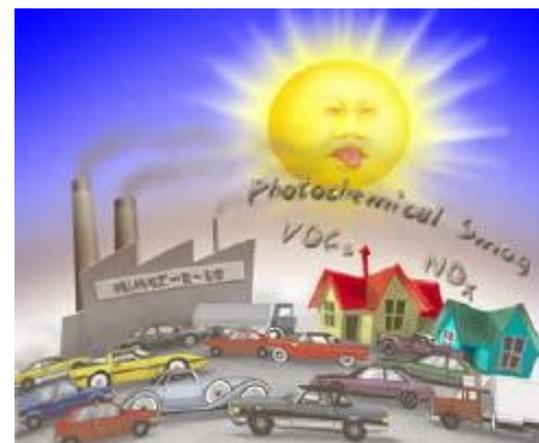
Cristina Coppotelli



Applicazione Naso elettronico per l'analisi dell'inquinamento atmosferico

Problematiche relative alla stima quantitativa degli inquinanti atmosferici in città

- 1) Non è pensabile ricostituire un “*archivio dati*” rappresentativo delle relazioni intercorrenti tra le specie chimiche, dell'effetto di possibili interferenti e delle condizioni meteorologiche che influenzano la risposta dei sensori.
- 2) Non sufficiente la calibrazione in laboratorio a gas semplici. Necessaria la calibrazione mediante campioni raccolti in ambiente operativo, ad es. utilizzando le stime di concentrazione prodotte da una centralina convenzionale gestita dall'ARPA.





Prototipo di Naso elettronico per monitoraggio sito sismico “Solfatara” di Napoli

Sviluppato presso
ENEA, Portici (NA)



Figura 4
Il Naso elettronico ENEA all'opera nel cratere della Solfatara
Fonte: ENEA



Figura 5
Il cratere della Solfatara con indicazione dei punti di misura (fumarole, stagno di fango ribollente, sito di controllo) mappati nell'esperimento
ENEAMINGV

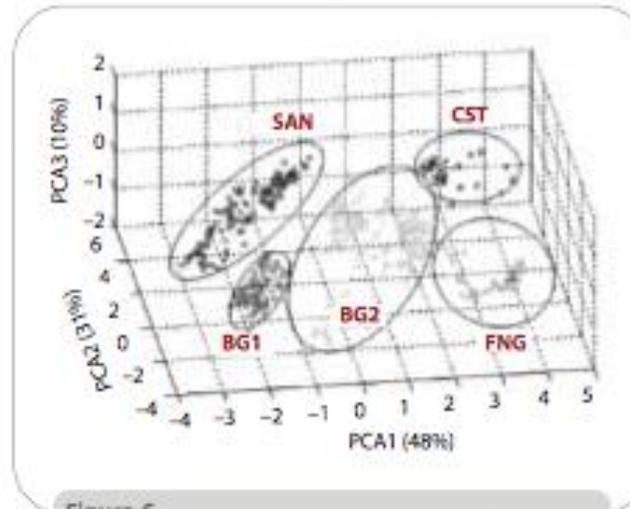


Figura 6
Esempio di mappatura alle componenti principali delle differenti fumarole della Solfatara. Il naso elettronico è in grado di rilevare un differente pattern di risposta per le diverse fumarole
Fonte: ENEA

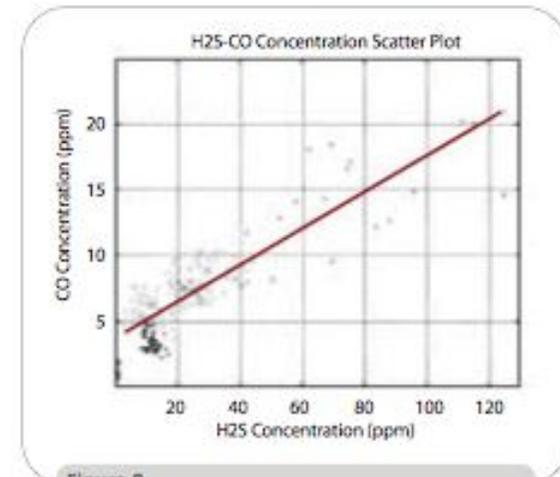


Figura 8
Rilevamento del rapporto di concentrazione in alcune misurazioni effettuate in Solfatara in diversi punti di misura nelle vicinanze della fumarola denominata “Bocca Grande”
Fonte: ENEA



**fiera
del'innovazione**

LECCE / 21 > 24
NOVEMBRE 2012 MUST



Prototipo di Naso elettronico per inquinamento atmosferico

Struttura del sistema modulare:

- pre-concentrazione (basato su microcolonna MEMS)
- separazione (basato su microcolonna gas cromatografica)
- rivelazione (basato su sensori di gas MOX)

Dimensioni: (150 x 150 x 80) mm³

Gas rivelati: Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene

Cicilo di misura: da 15 min a 1 h

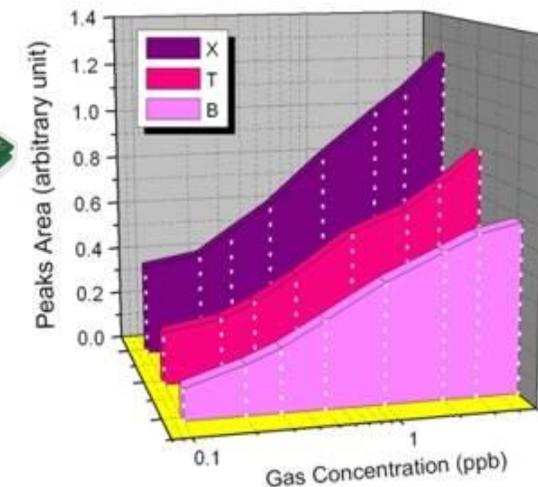
Concentrazioni: < 0.1 ppb



Sviluppato presso



CNR-IMM, Bologna





**fiera
dell'innovazione**

LECCE / 21 > 24
NOVEMBRE 2012 MUST

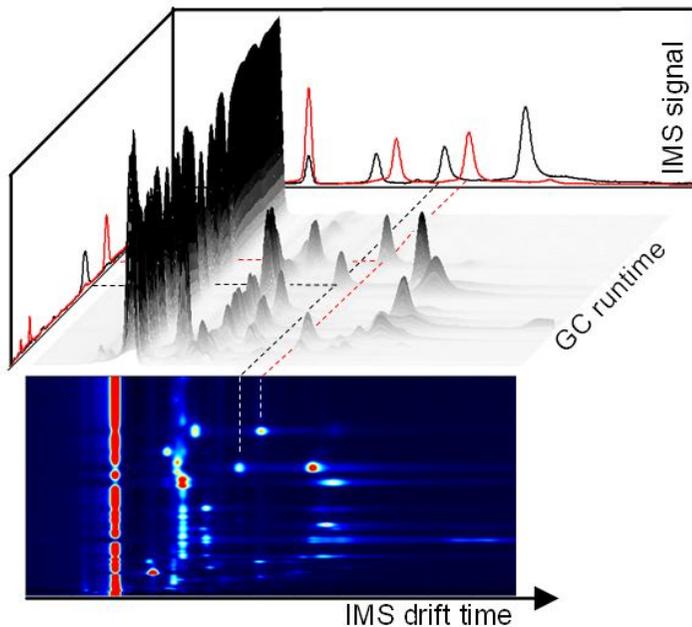
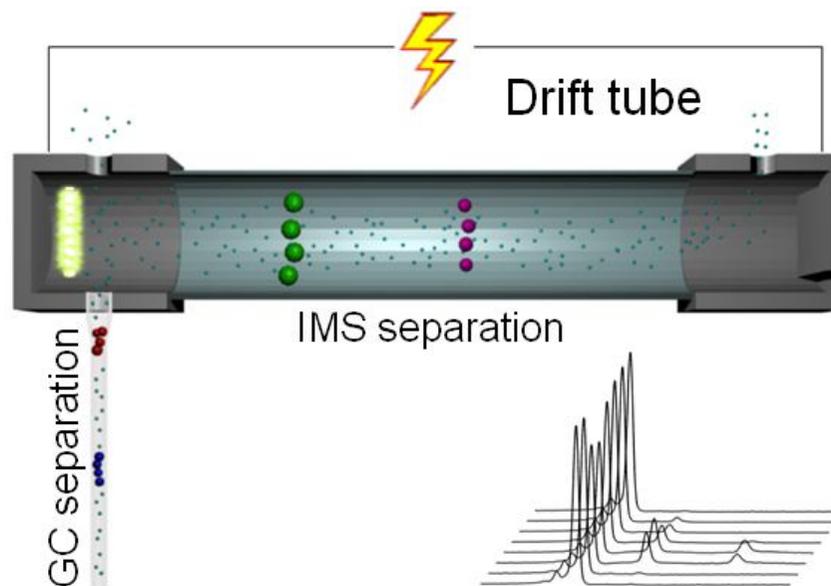


Dispositivo commerciale di Naso elettronico di nuova concezione



GAS

Dortmund,
Germania



**Gascromatografo accoppiato ad
un Ion Mobility Spectrometer (IMS)**



CNR-IMM, Dr. Simonetta Capone

Il Naso elettronico per applicazioni ambientali



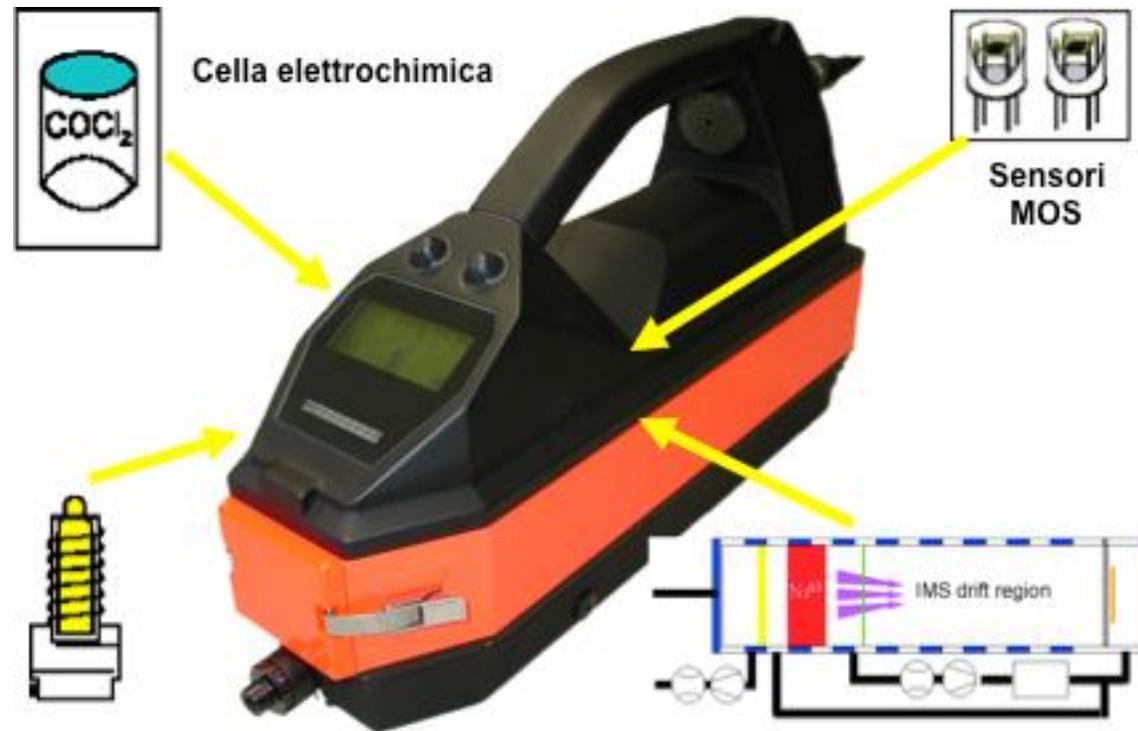
**fiera
dell'innovazione**

LECCE / 21 > 24
NOVEMBRE 2012 MUST



Dispositivo commerciale di Naso elettronico di nuova concezione

GDA2 Airsense





Altre Applicazioni ambientali del Naso Elettronico

Monitoraggio degli odori sul territorio



PCA
TECHNOLOGIES
MONITORAGGI AMBIENTALI



Affrontare il problema delle lamentele dei cittadini per la presenza di odori molesti sul territorio

Con PEN3-Meteo : classificare l'emissione odorigena e determinare la sua provenienza (Responsabilità oggettiva) + calcolo della molestia provocata





**fiera
dell'innovazione**

LECCE / 21 > 24
NOVEMBRE 2012 MUST



Controllo 24 h / 24 della presenza di odore sul territorio



PEN3-Meteo provvede a :

- Indicare data/ora della presenza di odore
- Inviare Allarme (GSM, UMTS, InterNet)
- Calcolare i tempi di permanenza dell' odore al bersaglio
- Calcolare le Ore-Odore (molestia provocata)
- Misurare direzione e velocità del vento





Esempio di applicazione di Naso Elettronico al Monitoraggio degli odori sul territorio

Fase di addestramento del Naso elettronico

Analisi di campioni gassosi di qualità olfattiva nota a diversi valori di concentrazione di odore

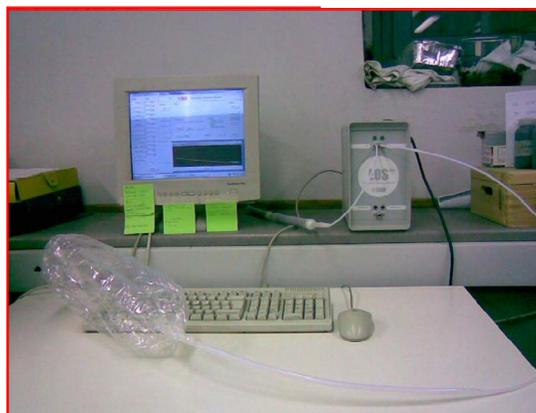
Analisi ciclo operativo

Campionamento

Analisi olfattometrica

Diluizione campioni

Analisi senso-strumentale



SACMI, Imola, Italia



**fiera
dell'innovazione**

LECCE / 21 > 24
NOVEMBRE 2012 MUST

Prototipo di Naso Elettronico per monitoraggio ambientali e analisi di odori per industria agroalimentare



Sviluppato presso
CNR-IMM, Lecce



Il futuro dei Nasi elettronici → RETI di Nasi elettronici

- Miniaturizzazione
- Basso consumo di potenza
- Dislocazione a mesh

Scopo:
realizzare un sistema di monitoraggio territoriale ed ambientale in tempo reale, rivolto al contesto urbano e naturale delle Città

