

LIVESTAQSENS

DALLA SPERIMENTAZIONE ALL'ADOZIONE

Tecnologie smart per la qualità dell'aria negli allevamenti e prospettive future

Giovedì 19 novembre | ore 10.30 – 12.30
Confindustria Piacenza, Via IV Novembre 132, 29122 Piacenza

COORDINATORE

LEAP

PARTNER DI RICERCA E DIFFUSIONE

STEMS · CRPA · PROAMBIENTE · CONFINDUSTRIA Emilia-Romagna Ricerca · DIH

PARTNER INDUSTRIALI

C.A.B. TERRA. · IS analytica

IN COLLABORAZIONE CON

TECNOPOLO PIACENZA-LEAP EMILIA-ROMAGNA

CON IL CONTRIBUTO DI

COESIONE ITALIA 21-27 · Cofinanziato dall'Unione europea

Benvenuto istituzionale
Video di progetto
Evoluzione normativa e sfide per il settore
I risultati del progetto LivestAQsens
Il punto di vista degli utilizzatori e dei fornitori di tecnologia
Dal progetto alle nuove opportunità
Dimostrazione live e Q&A
Chiusura lavori

Benvenuto istituzionale

Federica Mori, Confindustria Emilia-Romagna Ricerca



Cecilia Bartolini, ART-ER





LA RETE ALTA TECNOLOGIA DELL'EMILIA-ROMAGNA

Progetto LivestAQsens | Workshop Finale

19 Novembre 2026 | Cecilia Bartolini
Unità Clima e Energia | Area Sviluppo sostenibile

ART-ER
ATTRATTIVITÀ RICERCA TERRITORIO

ART-ER

ART-ER ATTRATTIVITÀ RICERCA TERRITORIO

Siamo la Società Consortile dell'Emilia-Romagna, nata per favorire la **crescita sostenibile** della regione attraverso lo sviluppo dell'**innovazione** e della **conoscenza**, l'**attrattività** e l'**internazionalizzazione** del territorio.



La Società opera **senza finalità di lucro.**
É istituita dalla **L.R. n.1/2018** ed è stata costituita il **1° maggio 2019**

I NOSTRI SOCI

ISTITUZIONI



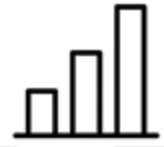
- Regione Emilia-Romagna
- Città Metropolitana di Bologna
- Altri Enti Locali

RICERCA



- Università regionali
- Centri di Ricerca Nazionali con sede in regione (CNR, ENEA, INFN)

SISTEMA ECONOMICO



Unione regionale delle Camere di Commercio

TEAM E RISORSE

220+ persone

ingegneri, economisti, laureati in materie umanistiche

€ 23 mln valore della produzione

Risorse dalla Regione Emilia-Romagna, dai Fondi europei, dai Soci



LA RETE ALTA TECNOLOGIA

LA RETE ALTA TECNOLOGIA

RETE ALTA TECNOLOGIA
EMILIA-ROMAGNA
HIGH TECHNOLOGY NETWORK

- É lo strumento promosso dalla Regione Emilia-Romagna per supportare il trasferimento tecnologico
- Nato per organizzare l'offerta di ricerca industriale regionale.
- É composta da Laboratori di Ricerca Industriale e Centri per l'Innovazione accreditati.
- Fornisce competenze, tecnologie, soluzioni e strumentazioni per l'innovazione delle imprese.

88 Laboratori di ricerca industriale, pubblici e privati

14 Centri per l'innovazione

1800+ Ricercatori

580+M€ da più di 8600 contratti e 2100 progetti dal 2009

GUARDA IL VIDEO

VAI AL SITO WEB

AGROALIMENTARE | ECONOMIA URBANA | EDILIZIA E COSTRUZIONI | ENERGIA E SVILUPPO SOSTENIBILE

INDUSTRIE CULTURALI E CREATIVE | INNOVAZIONE NEI SERVIZI | MECCATRONICA E MATERIALI | SALUTE E BENESSERE | TURISMO

LA RETE ALTA TECNOLOGIA

- Coordinamento (assemblee, coinvolgimento in attività e progetti, inclusa lo sviluppo della s3, creazioni di occasioni di contatto con le imprese, ….)
- Supporto alla comunicazione
- Gestione Accreditamento
- Monitoraggio dati attività economica
- Gestione sito web e supporto
- redazione contenuti

Supporto economico della Regione Emilia-Romagna basato su:

- Bandi per progetti collaborativi riservati ai membri della Rete.
- Contributi alle imprese per progetti industriali con i membri della Rete in qualità di fornitori di ricerca.

I bandi a sostegno della ricerca collaborativa - (**BANDO IMPRESE**)

Progetti di ricerca e sviluppo sperimentale delle imprese



61 Progetti ammessi
Oltre l'80% di quelli presentati

Obiettivo
sostenere progetti di **ricerca e sviluppo sperimentale** in grado di meglio interpretare le sfide definite dalla Strategia di Specializzazione intelligente con particolare riferimento alla capacità di **incidere nelle filiere produttive** di appartenenza.



30
Milioni
Investimento generato

14
Milioni
Risorse stanziate

I bandi a sostegno della ricerca collaborativa - (BANDO LABORATORI)

Progetti di ricerca industriale collaborativa dei laboratori e centri per l'innovazione rivolti agli ambiti prioritari della Strategia di Specializzazione Intelligente 2023-2024

Obiettivo

Il bando sostiene progetti di ricerca industriale strategica collaborativa guidati dai soggetti accreditati alla **Rete Alta Tecnologia**, in stretta collaborazione con **imprese** interessate allo sfruttamento e all'industrializzazione dei risultati conseguiti dal progetto.



105 Progetti ammessi
Circa il 90% di quelli presentati



74 Milioni
Investimento generato

52 Milioni
Risorse stanziate

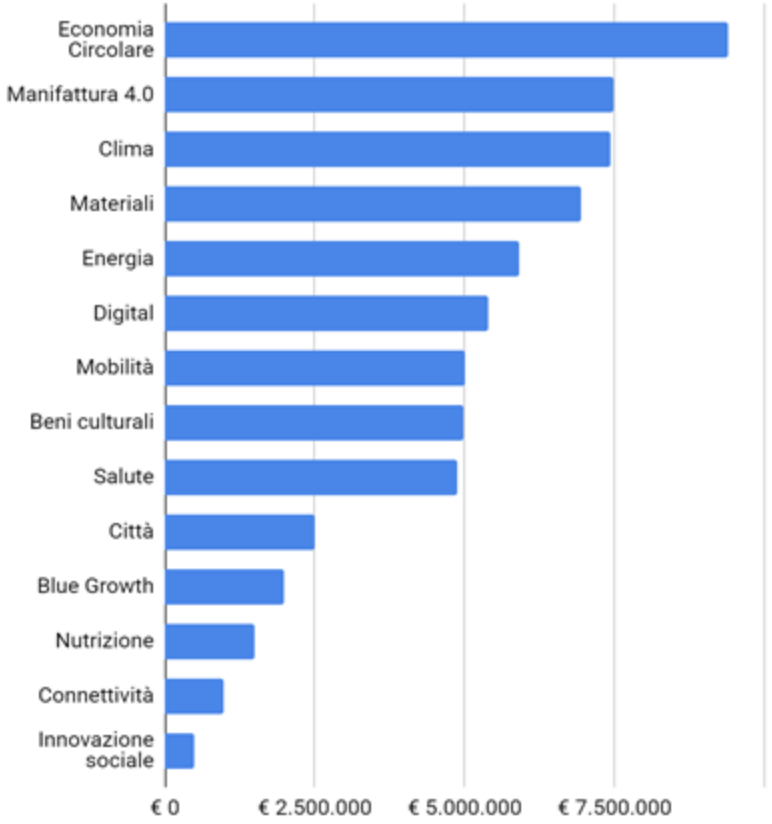
I bandi a sostegno della ricerca collaborativa - (BANDO LABORATORI)

105 progetti

52M€ di contributo

382 imprese coinvolte in qualità di stakeholder

721 contratti per ricercatori
80% assegni ricerca/contratto a progetto
20% tempo indeterminato/determinato



Grazie per l’attenzione

cecilia.bartolini@art-er.it

ART-ER
ATTRATTIVITÀ RICERCA TERRITORIO

info@art-er.it | www.art-er.it
Twitter | Facebook | Instagram | Linkedin | YouTube

Regione Emilia-Romagna

Video di progetto

Ruolo: coordinatore di progetto
Attività: coordinamento attività, analisi dati e modellistica per algoritmi di calibrazione e correttivi per misure di NH_3 e CH_4

Ruolo: partner di ricerca
Attività: sviluppo sensori MOX innovativi ed integrazione in nodi di misura, test in lab e campo

Ruolo: partner di ricerca
Attività: misura di riferimento di 2° livello; test in campo

Ruolo: partner di ricerca
Attività: sopralluoghi, scelta allevamenti, supporto in campo e misura di riferimento di 3° livello: test in campo

Ruolo: partner di diffusione
Attività: pianificazione ed esecuzione attività di diffusione e valorizzazione imprenditoriale

Ruolo: partner industriale
Attività: disponibilità di stalle e strutture per lo svolgimento di prove dimostrative in campo

Ruolo: partner industriale
Attività: condivisione di osservazioni e spunti relativi alle prospettive di mercato della soluzione di monitoraggio validata durante il progetto

Evoluzione normativa e sfide per il settore

Giampaolo Sarno, Regione Emilia-Romagna

















RER
Emilia-Romagna

DIREZIONE GENERALE AGRICOLTURA
CACCIA E PESCA



Emissioni dagli allevamenti tra norme e innovazione

Giampaolo Sarno
Area Agricoltura Sostenibile

RER

I principali impatti ambientali degli allevamenti

- Emissioni in atmosfera di ammoniaca NH3
- Rilascio nelle acque di nitrati NO3
- Emissioni in atmosfera di gas climalteranti CH4

Strumenti per ridurre gli impatti

– Norme, Strategie e Programmi

  Autorizzazione e valutazione ambientale

  Tutela delle matrici ambientali:

  - ❑ aria,
  - ❑ acqua,
  - ❑ suolo,
  - ❑ clima

– Innovazione

– Interventi di sostegno

Norme per autorizzazione

1. Direttiva 2010/75/UE, relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento – IED)

Si prevede l'Autorizzazione Integrata Ambientale per gli allevamenti intensivi di pollame o di suini:

a) con più di 40 000 posti pollame;

b) con più di 2 000 posti suini da produzione (di oltre 30 kg); o

c) con più di 750 posti scrofe

Le conclusioni sulle EU Best AvailableTechniques (Decisione di esecuzione 2017/302) fungono da riferimento per stabilire le condizioni di autorizzazione.

2. Allevamenti sottoposti a VIA/screening (Direttiva 2011/92/UE concernente la valutazione dell'impatto ambientale)

•Impianti per l'allevamento intensivo di pollame o di suini con più di:

a)85000 posti per polli da ingrasso, 60000 posti per galline;

b)3000 posti per suini da produzione (di oltre 30kg);

c)900 posti per scrofe.

•Per gli altri allevamenti intensivi è previsto lo screening su base criteri statali: se il numero complessivo di capi è maggiore di quello derivante dal seguente rapporto: 40 quintali di peso vivo di animali per ettaro di terreno funzionalmente asservito all'allevamento (limite portato a 20 se in ZVN dal DM 30-3-2015).

3. Allevamenti sotto soglia AIA - Regolamento regionale n. 2 del 19 marzo 2024

Comunicazione di utilizzazione agronomica degli effluenti zootecnici, digestati e acque reflue:

Zone vulnerabili ai nitrati

Aziende con allevamenti (che producono più di 1.000 kg annui di azoto, cioè allevano più di 12 vacche da latte);

Aziende senza allevamenti (detentori), che concimano i propri terreni con effluenti zootecnici/digestato (più di 3.000 kg annui di azoto);

Impianti di digestione anaerobica.

Zone non vulnerabili

Aziende con allevamenti (che producono più di 3.000 kg annui di azoto);

Aziende senza allevamenti (detentori), che concimano i propri terreni con effluenti zootecnici/digestato (più di 6.000 kg annui di azoto);

Impianti di digestione anaerobica (che producono più di 3.000 kg annui di azoto da digestato).

Nuove norme per le emissioni di suini e avicoli - 1

Direttiva (UE) 2024/1785 IED 2.0 recepita da:
D.Lgs. n. 197/2026 entrato in vigore giovedì scorso, 12 novembre

Individuazione degli allevamenti in base UBA e non al numero di capi.



Soglie ridotte

- Suini ≥ 350 UBA;
- galline ovaiole ≥ 300 UBA;
- altro pollame ≥ 280 UBA.

Esenzioni

- allevamenti biologici certificati;
- allevamenti estensivi <2 UBA/ha;
- allevamenti con pascolo/accesso all'esterno.

Direttiva (UE) 2024/1785: Allegato II D.Lgs. 197/2026 Art. 36 : Allegato VIII *bis* del TU				Numeri capi corrispondenti alle UBA minime per assoggettabilità al nuovo regime di autorizzazione/ registrazione
Specie allevata		Tasso di conversione	UBA valore maggiore o uguale	
Suini	Scrofe riproduttrici ≥ 50 kg	0,500	350	700
	Suinetti ≤ 20 kg	0,027	350	12.963
	Altri suini	0,300	350	1.167
Pollame	Polli da carne	0,007	280	40.000
	Galline ovaiole	0,014	300	21.429
	Anatre	0,010	280	28.000
	Oche	0,020	280	14.000
	Struzzi	0,350	280	800
	Tacchini	0,030	280	9.333
	Altro pollame*	0,001	280	280.000

Nuove norme per le emissioni di suini e avicoli - 2

Non obbligatoriamente AIA: arriva la "registrazione"

Per gli allevamenti soggetti alla nuova disciplina non è prevista automaticamente l'AIA tradizionale.

Le Regioni potranno scegliere tra:

- Autorizzazione;
- Registrazione semplificata, basata sull'assunzione di specifici impegni di gestione ambientale.

Restano in AIA gli allevamenti intensivi più grandi

Fino all'adozione delle nuove procedure regionali

Introduzione delle "norme operative europee – UCOL" (Decisione di esecuzione 08/10/26)

Gradualmente a partire dal 2030, gli allevamenti dovranno rispettare norme sui principali aspetti operativi:

- gestione dell'alimentazione (mangimi) per ridurre l'escrezione di N e P;
- emissioni di ammoniaca nei ricoveri;
- gestione effluenti (stoccaggio, trattamenti, distribuzioni in campo secondo BAT);
- registrazioni e monitoraggi;
- prestazioni ambientali (odori, risparmio idrico, efficienza energetica

Esclusione degli allevamenti bovini

in attesa della relazione della Commissione entro fine 2026

I principali impatti ambientali degli allevamenti

- Emissioni in atmosfera di ammoniaca NH3
- Rilascio nelle acque di nitrati NO3
- Emissioni in atmosfera di gas climalteranti CH4

Strumenti per ridurre gli impatti

- Norme, Strategie e Programmi

  Autorizzazione e valutazione ambientale

  Tutela delle matrici ambientali:

  - aria,
  - acqua,
  - suolo,
  - clima

- Innovazione
- Interventi di sostegno

Agricoltura e qualità dell'aria in Emilia-Romagna

Divieti + Incentivi

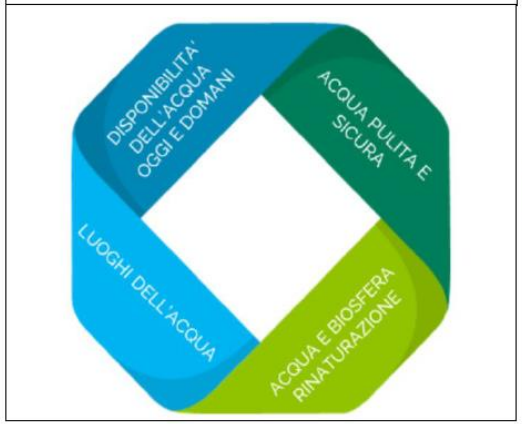
- Copertura stoccaggi effluenti non palabili (da 01/01/2030)
- In pianura spandimento effluenti a bassa pressione, incorporazione entro 12 ore (1/10–31/03), in emergenza divieto di spandimento (consentite modalità a bassa emissione);
- Interramento urea;
- Divieto abbruciamento residui, con deroga fuori emergenza;
- Incentivazione coperture e sostituzione lagune in terra;
- Incentivazione acquisto macchine e attrezzature e gestione a bassa emissione (SRA13);
- Incentivazione attività di informazione, consulenza e applicazione BAT in stabulazione;
- Nuovi allevamenti (N escreto −10%, tipologia di stabulazione, copertura stoccaggi, spandimento ad alta efficienza, uso BAT–Tool);
- Promozione upgrading e biometano
- Interoperabilità BD



Agricoltura e Tutela dell' Acqua

Azioni	Soggetti coinvolti
1. Incentivare l'estensione delle fasce tampone al reticolo idrografico minore	Regione Emilia-Romagna, ANBI-RER, Consorzi di Bonifica, Associazioni di categoria
2. Promuovere pratiche agricole sostenibili	Regione Emilia-Romagna, ARPAE, AGREA, Associazioni di categoria
3. Individuare ambiti prioritari dove prevedere interventi di contenimento di fitosanitari	Autorità di Distretto, Regione Emilia-Romagna, ANBI-RER, Consorzi di Bonifica Associazioni di categoria
4. Stabilire limiti allo scarico commisurati allo stato del corpo idrico recettore	Autorità di Distretto, Regione Emilia-Romagna, Associazioni di categoria
5. Ottimizzare la gestione degli effluenti di allevamento e l'utilizzo dei fertilizzanti in agricoltura (per ridurre il surplus di azoto e fosforo)	Regione, ARPAE, AGREA, ATERSIR, Gestori Servizio Idrico, Associazioni di categoria
6. Migliorare la gestione degli scaricatori di piena nella fascia costiera a beneficio della balneazione	Regione Emilia-Romagna, Comuni, ATERSIR, Gestori del Servizio Idrico





Agricoltura e qualità del suolo

Il RR n. 2/2024

- Norme generali
- Programma d'Azione per le ZVN di origine agricola
- Utilizzazione Agr. in ZO
- UA Acque reflue

All I Comunicazione
All II Criteri generali
All III Requisiti tecnici degli stoccaggi
All IV Modulistica
All V Formazione e Informazione



REPUBBLICA ITALIANA

RegioneEmilia-Romagna

BOLLETTINO UFFICIALE

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO LA PRESIDENZA DELLA REGIONE - VIALE ALDO MORO 52 - BOLOGNA

Parte prima - N. 6

Anno 55 | 19 marzo 2024 | N. 83

REGOLAMENTO REGIONALE 19 MARZO 2024, N.2

REGOLAMENTO REGIONALE IN MATERIA DI UTILIZZAZIONE AGRONOMICA DEGLI EFFLUENTI DI ALLEVAMENTO, DEL DIGESTATO E DELLE ACQUE REFLUE

Agricoltura e clima

Emissioni CH4 da fermentazione enterica dei ruminanti:

- Miglioramento della qualità degli alimenti e modifica della dieta per migliorare la digeribilità della razione;
- Utilizzo di sostanze che evitano/inibiscono la metanogenesi.

Emissioni di N2O e NH3 dai reflui:

- Calibrazione delle proteine nelle razioni per ottimizzare l'escrezione di N, riducendo le emissioni di N2O e NH3.

Potenziamento digestione anaerobica (biometano):

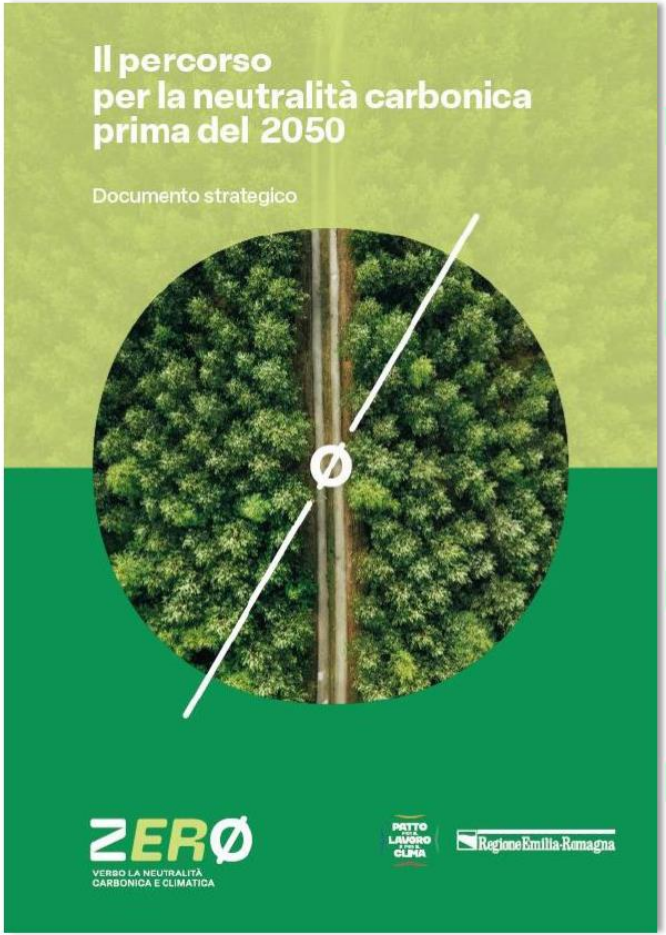
- Utilizzo del 65% dei liquami zootecnici prodotti in RER.

Fertilizzanti

- Divieto di utilizzo dell'urea t.q. dal 01/01/2028 (PNQA);
- Valorizzazione digestato
- Utilizzo biochar

Gestione agricola

- Incremento incidenza bio, integrato, conservativa/rigenerativa



I principali impatti ambientali degli allevamenti

- Emissioni in atmosfera di ammoniaca NH3
- Rilascio nelle acque di nitrati NO3
- Emissioni in atmosfera di gas climalteranti CH4

Strumenti per ridurre gli impatti

– Norme, Strategie e Programmi

  Autorizzazione e valutazione ambientale

  Tutela delle matrici ambientali:

  - ❑ aria,
  - ❑ acqua,
  - ❑ suolo,
  - ❑ clima

– Innovazione

– Interventi di sostegno

Progetti AKIS nello sviluppo rurale (2016-2026)

- 12 GOI su NH3 e GHGs
- 8 GOI su NH3
- 7 GOI su GHGs
- 4 progetti di informazione
- 2 progetti dimostrativi
- 11+ M€ n. 35 nuovi GOI

Tematiche

- alimentazione,
- ricoveri e QA,
- spandimento reflui e digestato,
- monitoraggio,
- DSS



I principali impatti ambientali degli allevamenti

- Emissioni in atmosfera di ammoniaca NH3
- Rilascio nelle acque di nitrati NO3
- Emissioni in atmosfera di gas climalteranti CH4

Strumenti per ridurre gli impatti

- Norme, Strategie e Programmi

  Autorizzazione e valutazione ambientale

  Tutela delle matrici ambientali:

  - aria,
  - acqua,
  - suolo,
  - clima
- Innovazione
- Interventi di sostegno

Interventi di Sostegno

Il complemento per lo sviluppo rurale ha una dotazione complessiva di 1.020 M€.

Il 45% persegue l'obiettivo della tutela dell'ambiente e l'azione per il clima.

Prevede:

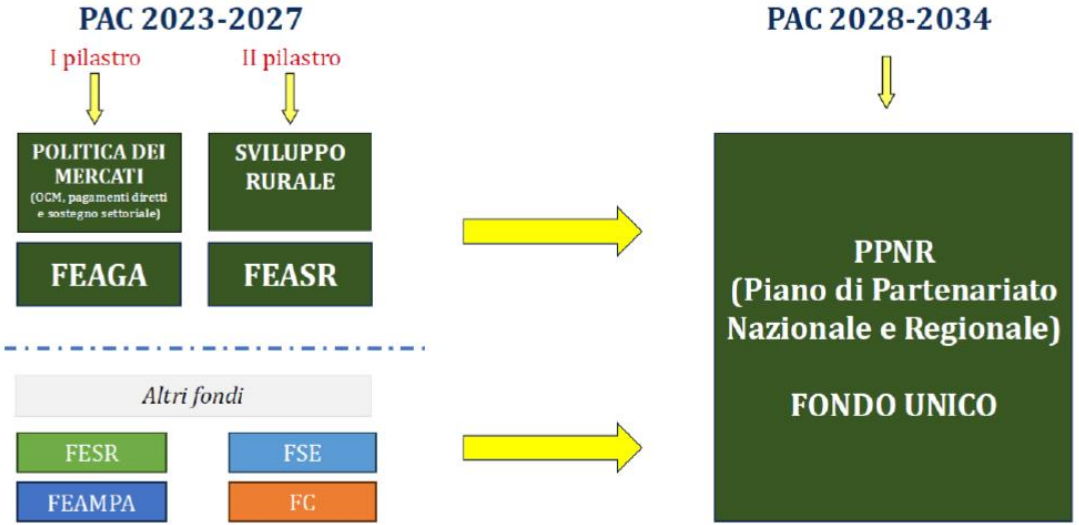
interventi gestionali (ad ettaro e a capo), tra cui tecniche a basso impatto, miglioramento del suolo e della SO, riduzione delle emissioni, praticoltura e infrastrutture eco;

investimenti, tra cui riduzione delle emissioni NH3 e benessere animale



Programmazione 2028-2034

16 lug 2025	Proposta di Quadro Finanziario Pluriennale 2028-2034 (QFP 2028-2034)
16 lug 2025	Proposte legislative PAC 2028-2034
2026	Dibattito e votazione in Parlamento europeo e Consiglio Ministri Agricoltura
gen-mar 2027	Triloghi
primavera 2027	Approvazione regolamenti UE
autunno 2027	Normative nazionali
1° gen 2028	**Avvio della nuova PAC 2028-2034**



RE-R

Emilia-Romagna. Insieme, con cura.

I risultati del progetto LivestAQsens

Senem Ozgen, LEAP
Ambra Fioravanti, CNR-STEMS



Obiettivo del progetto : innovare il monitoraggio ambientale nel settore zootecnico

Risultati tecnologici

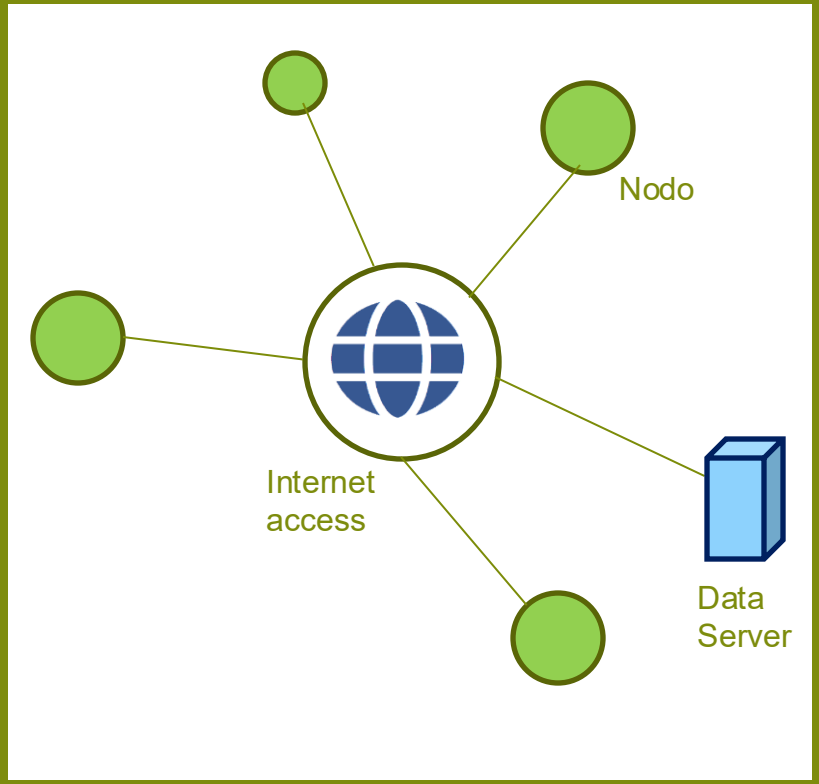
Rete prototipale di sensori per il monitoraggio di CH_4 e NH_3 in grado di fornire in tempo reale dati affidabili sulla presenza e variazioni di questi gas nell'ambiente

- 4 nodi di monitoraggio con 5 sensori MOX ciascuno, rilevamento umidità e temperatura, sistema di trasmissione e stoccaggio dei dati e un'infrastruttura server;
- architettura software basata su algoritmi data-driven e machine learning, progettata per elevare l'accuratezza delle misure.

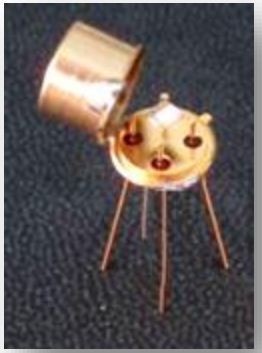
Risultati produttivi

Possibili percorsi per una valorizzazione industriale dei risultati di ricerca attraverso il trasferimento tecnologico.

Sviluppo della rete di monitoraggio LivestAQsens



ID-CARD dei Sensodi di Gas Chemiresistivi MOX



1. **Nascita**: - 1962 Scoperta della chemioresistenza negli ossidi semiconduttori (Seiyama et al.)
   - 1970 Taguchi fabbricò e brevettò il primo sensore di gas chemioresistente commercializzato da Figaro Engineering Inc.

2. **Tipo**: sensori chimici

3. **Materiali funzionali**: ossidi semiconduttori nanostrutturati ad ampia gap (TiO_2, SnO_2, ZnO, ...)

4. **Meccanismo di rilevamento:** basato sulla chemioresistenza, per cui l'adsorbimento reversibile di un gas sulla superficie del materiale può indurre una variazione significativa della sua conduttanza elettrica ***G***

5. **Temperatura di esercizio**: nell'intervallo 200-600 °C a seconda del materiale funzionale e del gas di rilevamento.

6. **Equazione della conduttanza**: $G = G_0 e^{-eVs/kT}$

7. **Risposta R** definita come il rapporto: $R = G_{gas}/G_{air}$

Perché questi sensori?



- elevata sensibilità
- selettività modificabile
- semplicità di produzione
- dimensioni ridotte
- basso costo
- semplice utilizzo
- possono rilevare un gran numero di composti gassosi (CO, NOx, SO_2, H_2S, acetone, etanolo, formaldeide, ecc)

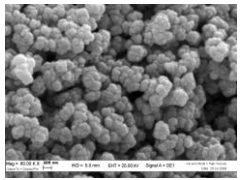
Sono utilizzati con successo in un'ampia gamma di applicazioni:
- monitoraggio degli inquinanti,
- controllo della qualità degli alimenti,
- controllo dei sistemi industriali
- diagnosi medica
- …

La tecnologia del film spesso

Sintesi chimica

Materiale nanostrutturato (ossido singolo o misto)

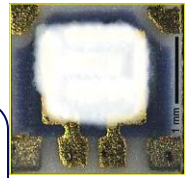
Analisi morfologica e strutturale: SEM, TEM, XRD, BET



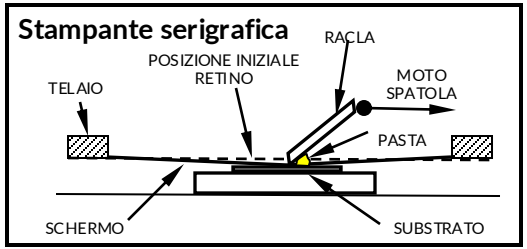
Veicolo org., Additivi, Resine, Fritta

Pasta serigrafica

Stampa

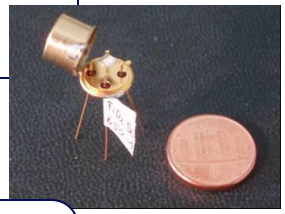


Trattamenti termici: - *drying (100-200 °C)* - *firing (650-850 °C)*



Film spesso

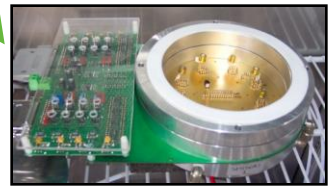
Sensore



Test in gas



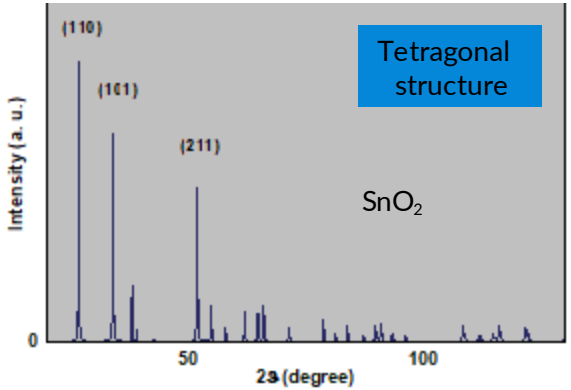
Sistema portatile



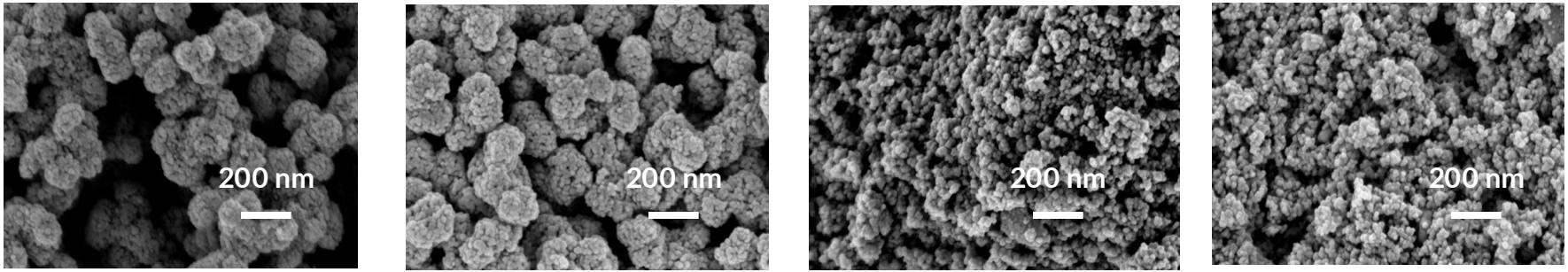
Sistema da laboratorio

Sensori MOX di ammoniaca (N_{H3})

Materiali:
- Sintesi sol-gel di SnO_2
- Drogaggio di Cu mediante impregnazione con 1,5, 10 e 20% at.



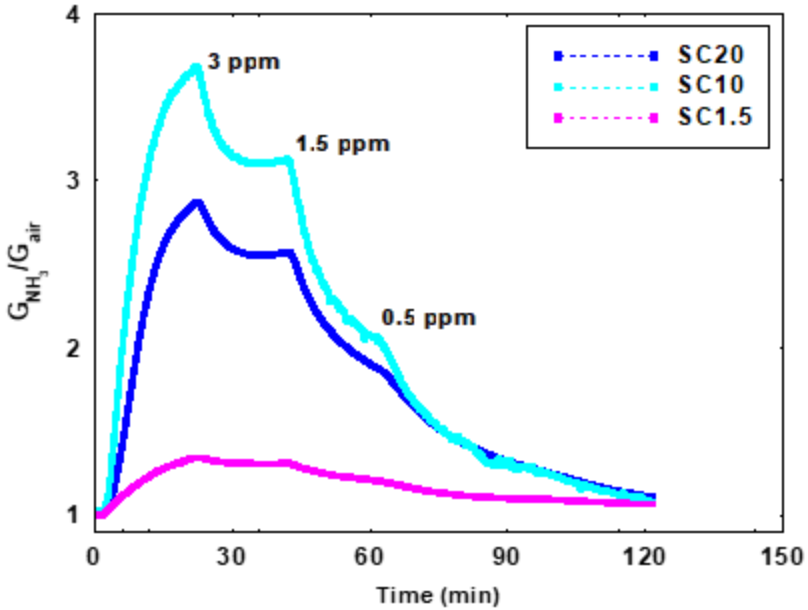
SnO_2 Sn-Cu1.5 Sn-Cu10 Sn-Cu20



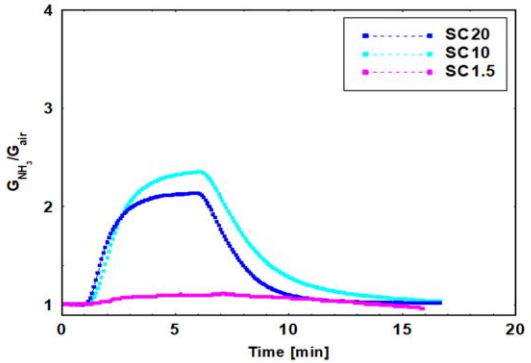
In SnO_2 la morfologia è costituita da aggregati rotondeggianti di nanoparticelle sferiche le cui dimensioni sono di circa 20-30 nm. Nei campioni con alto contenuto di Cu (10 e 20%) gli aggregati scompaiono, mostrando una distribuzione omogenea delle nanoparticelle.

Sensori MOX di ammoniaca (NH_3)

alla temperatura di esercizio ottimale 400 °C - aria secca

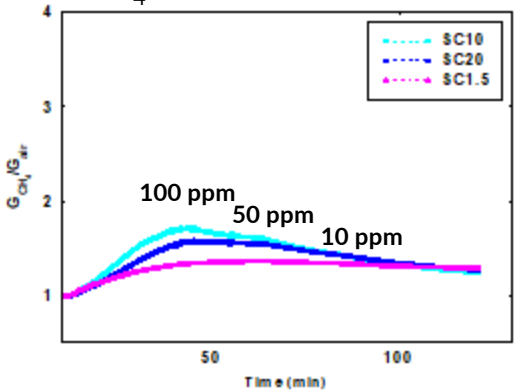


1 ppm NH_3 - aria umida (RH 30%)



Sensore scelto per NH_3 = SC10

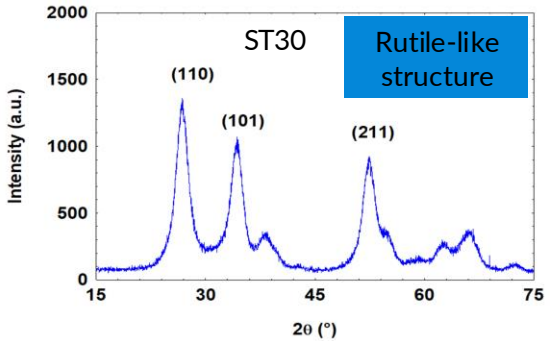
CH_4 – T = 400 °C aria secca

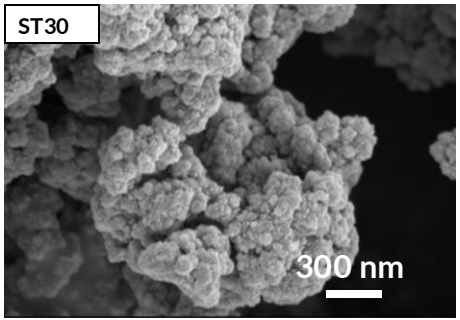


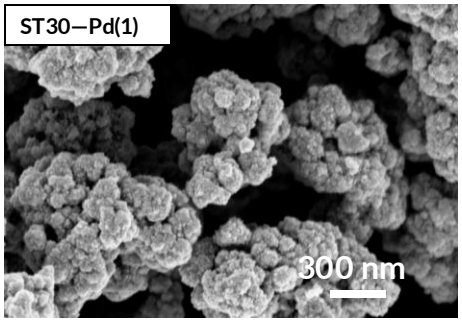
Sensori MOX di metano (CH_4)

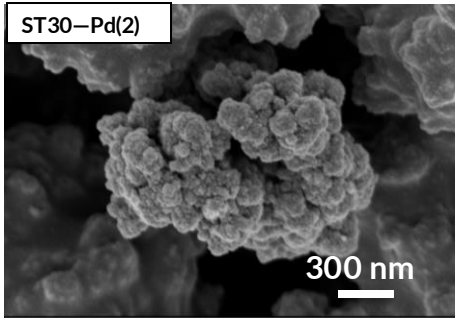
Materiali:

- Sintesi sol-gel di una soluzione solida di $(Sn,Ti)O_2$ con il 30% di Ti
- Drogaggio con Pd mediante impregnazione con 0,5, 1, 1,5 e 2% di at.





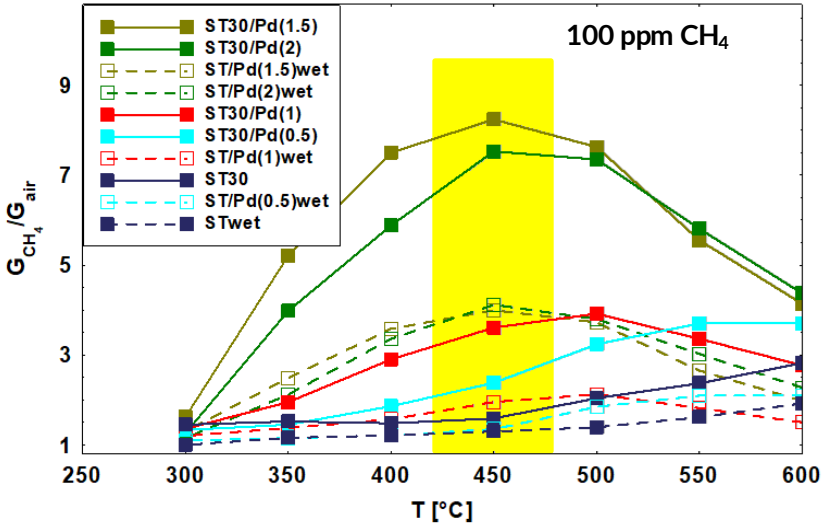




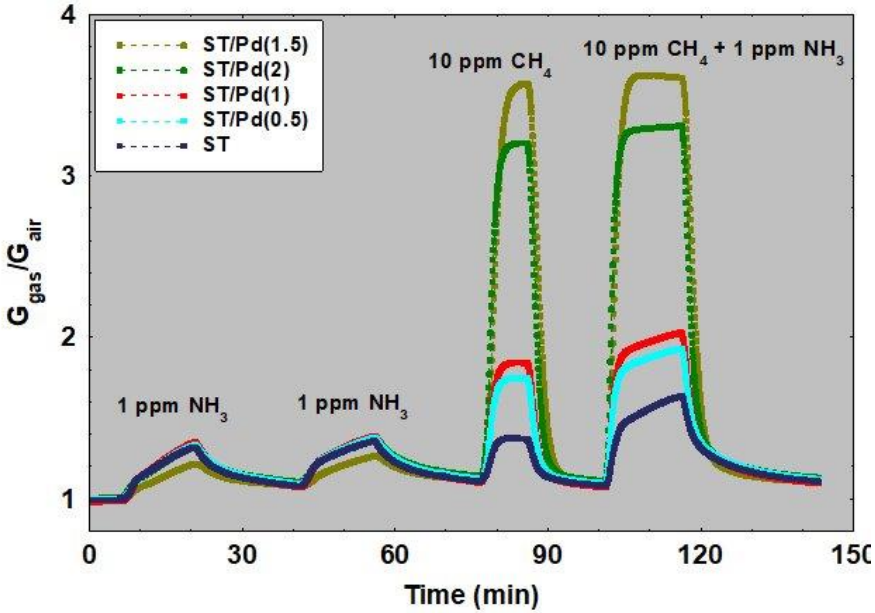
Per tutti i materiali, la morfologia è costituita da aggregati a cavolfiore di nanoparticelle sferiche le cui dimensioni sono di circa 15-20 nm.

Sensori MOX di metano (CH_4)

Confronto aria secca e aria umida (RH = 30%)

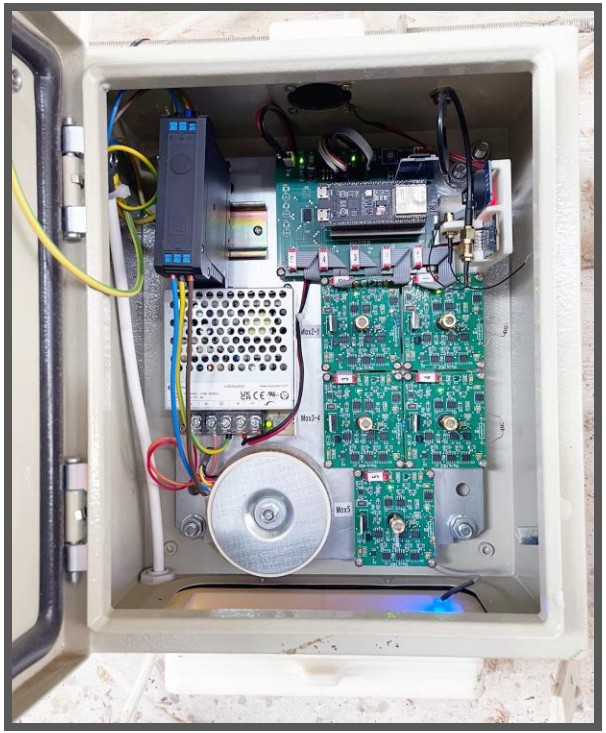


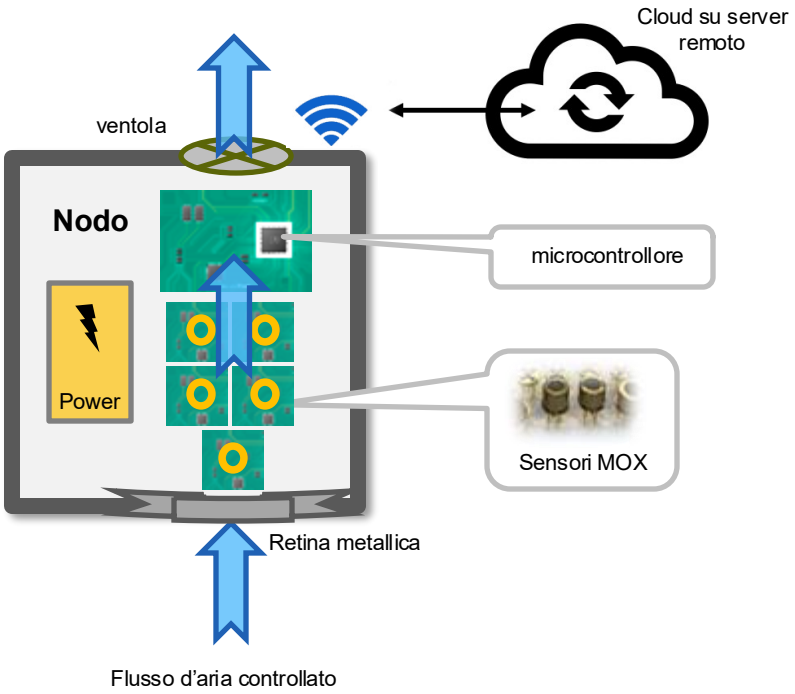
Aria secca, T = 450 °C



Sensore scelto per CH_4 = ST/Pd1.5

Nodo - architettura funzionale





Nodo - microcontrollore e gestione del flusso

Schede elettroniche custom per lettura dati e configurazione operativa del sensore

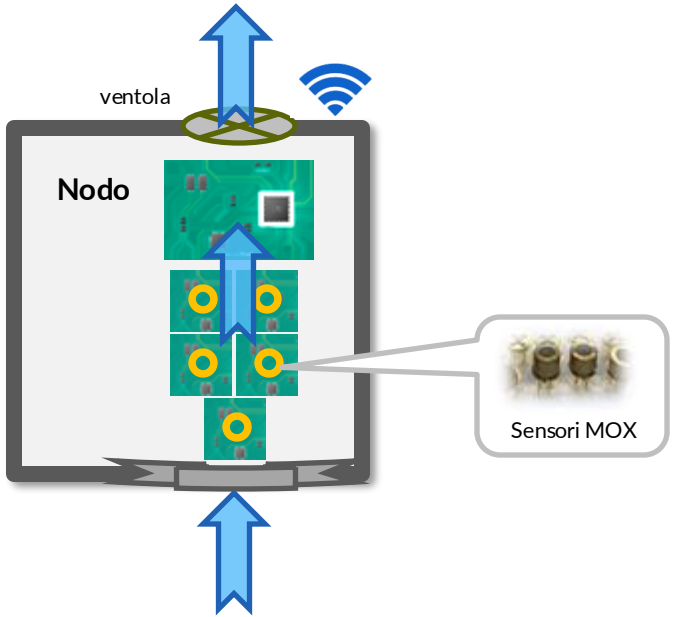
Microcontrollore (ESP32 S3) per campionamento e trasmissione dati via WiFi

Memorizzazione dati locale (microSD)

Alimentazione dedicata per sensori e ventola

Ventola superiore che aspira l'aria interna e regola il flusso sui sensori

Retina metallica inferiore che filtra e lascia entrare l'aria ambiente



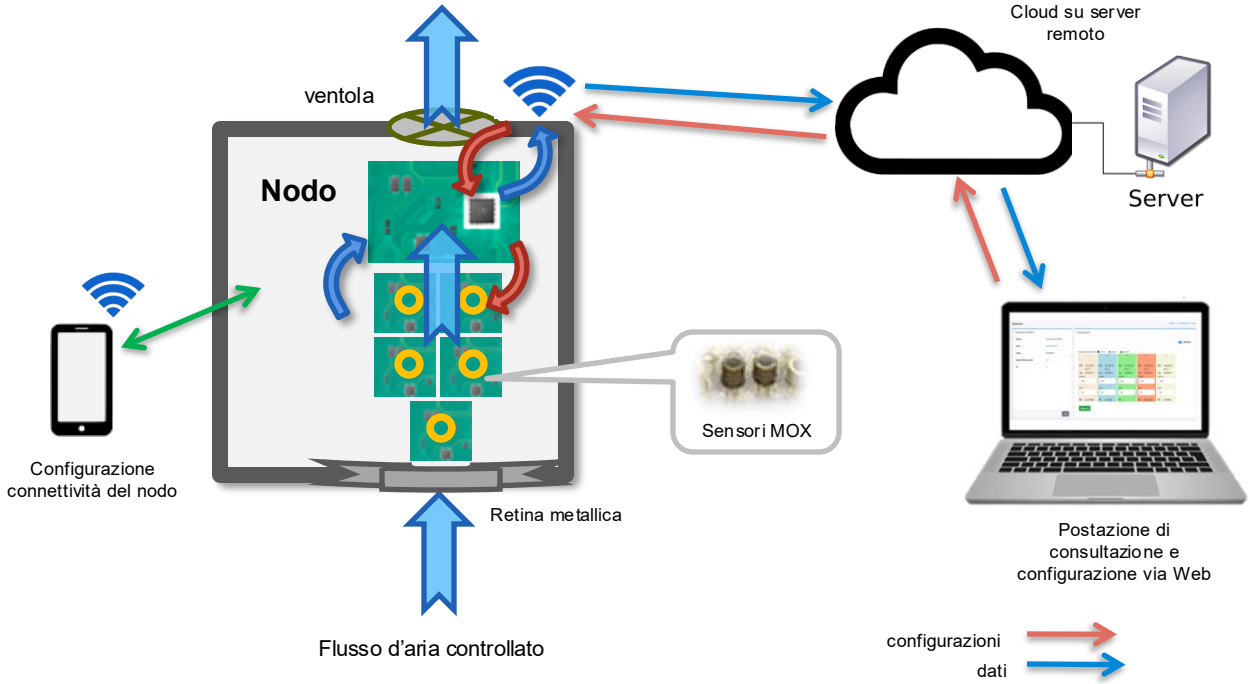
Nodo – funzionamento

Possibilità di accedere direttamente al nodo tramite un server web locale. (configurazione della rete WiFi a cui connettersi)

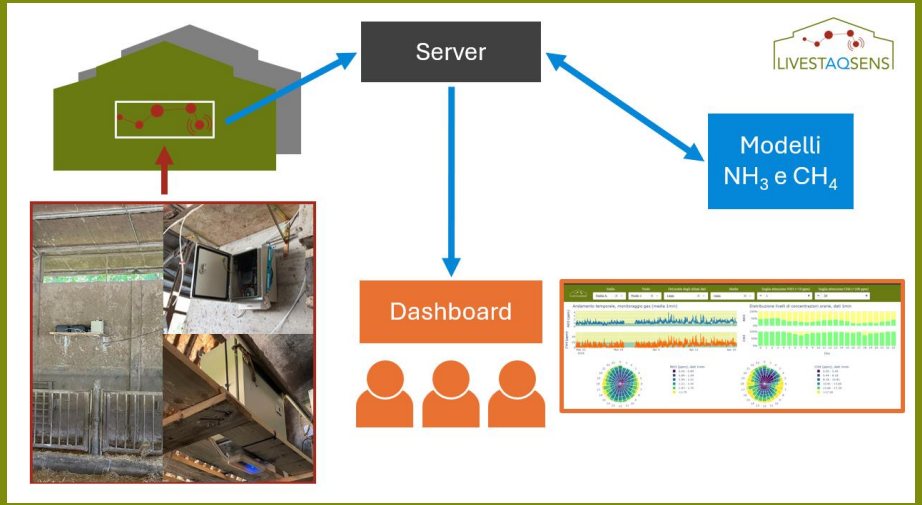
Il microcontrollore legge i valori dei sensori MOX (immersi in un flusso d'aria controllato) tramite le schede di acquisizione.

I dati raccolti vengono inviati via WiFi al server remoto, che li archivia e li rende accessibili tramite un'interfaccia grafica per il monitoraggio in tempo reale

Il server remoto può aggiornare i parametri di controllo del microcontrollore, da qualsiasi postazione con accesso alla rete.



Sviluppo dei modelli di calibrazione e compensazione data-driven



Campagne sperimentali per sviluppo e dimostrazione del prototipo

Prove sperimentali preliminari

Confronti tra i riferimenti in ambiente di laboratorio ed in campo (breve periodo)





Prove long-term

Confronti tra riferimento PROAMBIENTE e nodi CNR, (con prove on-spot con riferimento CRPA) – Analisi dati e sviluppo modelli



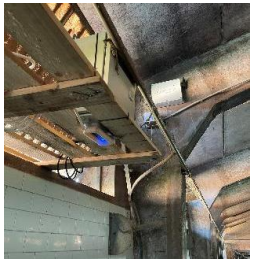




Fase dimostrativa short-term

Confronti tra riferimento PROAMBIENTE e nodi CNR, (con prove on-spot con riferimento CRPA) – Dimostrazione e test dei modelli e strumenti in ambiente diverso






Flusso di lavoro per lo sviluppo dei modelli di calibrazione e compensazione

Raccolta



Pre-processing

E.g. outliers removal, temporal alignment

Benchmark

Approccio standard di calibrazione:
- **Curve fitting** su misura di un singolo sensore per volta

Analisi

Analisi di **lungo e breve termine**:
- Confronti dei riferimenti
- Analisi di consistenza interna
- Sensibilità e cross-sensibilità

Identificazione dei modelli

Approccio data-driven di **Machine Learning (ML)**:
- Multilinear Regression (MLR), Support Vector Regression
- Random Forest, Neural Network, Multi-gated Mixture Of Experts

KPI

Indicatori di **performance del modello**, valutazione dell'errore tra modello e riferimento:
- RMSE, MAE, MBE
- MAPE, R^2

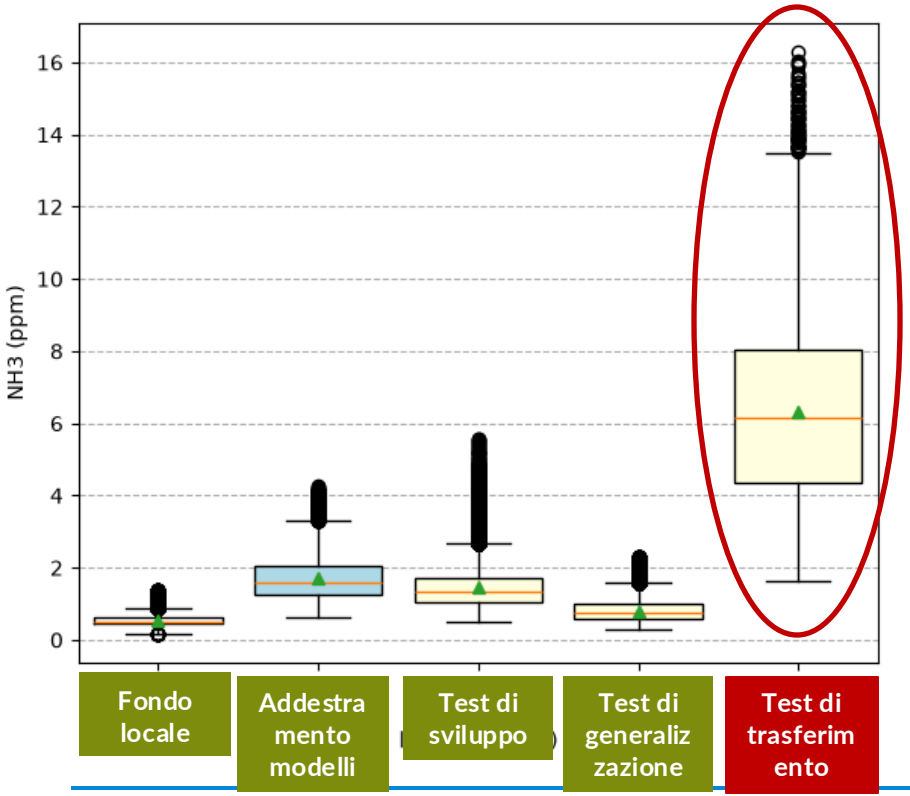
Verifica di trasferimento dei modelli ML e benchmark

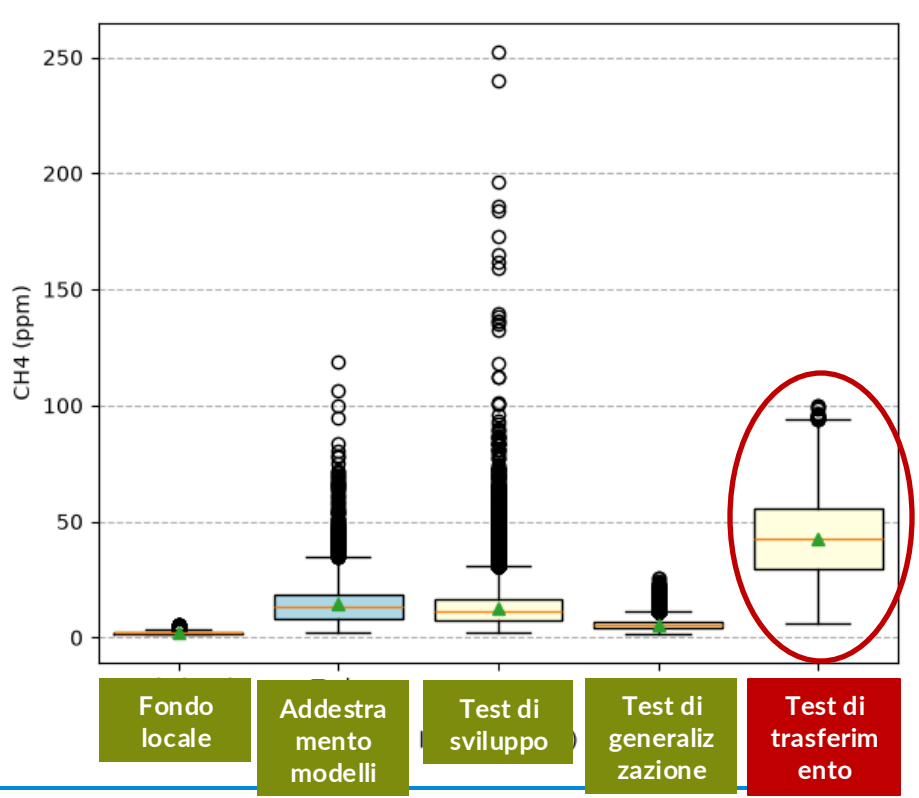
Test presso il sito di sviluppo: performance modelli, **in ambiente di sviluppo** (Nodo 1)

Test di generalizzazione: performance di **trasferimento dei modelli, in ambiente di sviluppo** ma su un altro nodo (Nodo 4 presso sito SVILUPPO)

Test di trasferimento: performance di **trasferimento dei modelli, in ambiente dimostrativo** («nuovo» per i modelli) (Nodo 4 presso il sito DEMO)

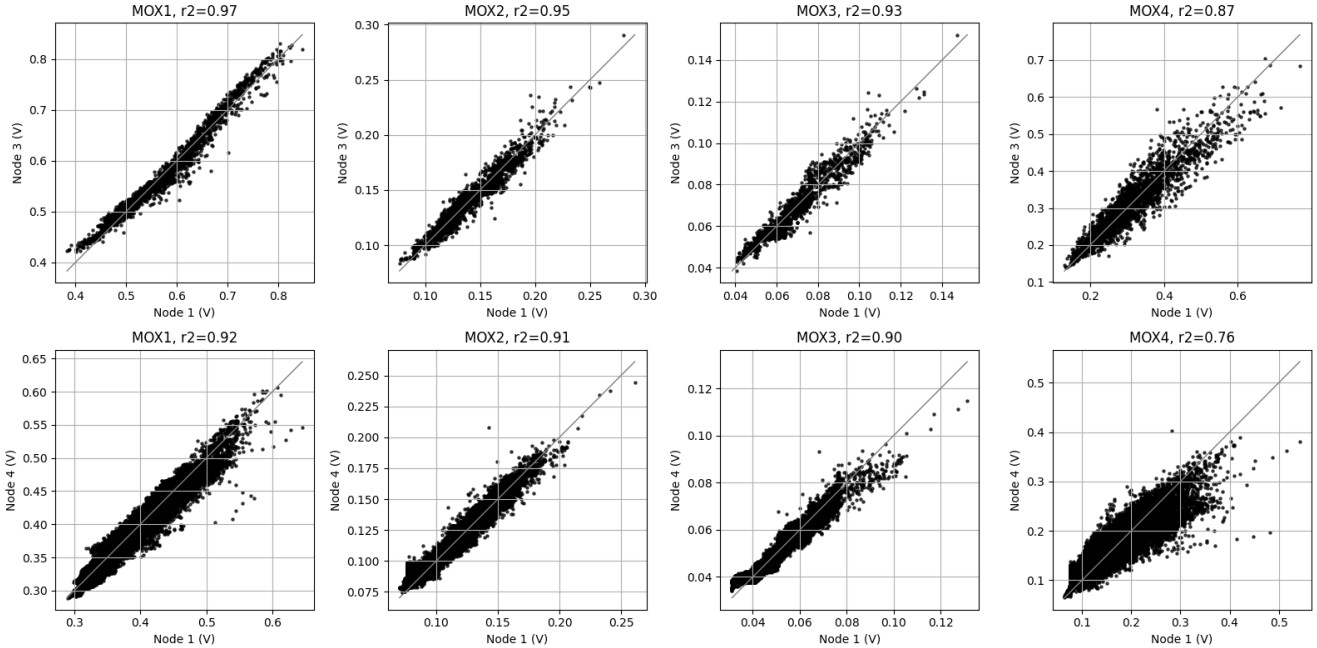
Quali concentrazioni di ammoniaca e metano hanno caratterizzato le campagne sperimentali





Analisi dei segnali

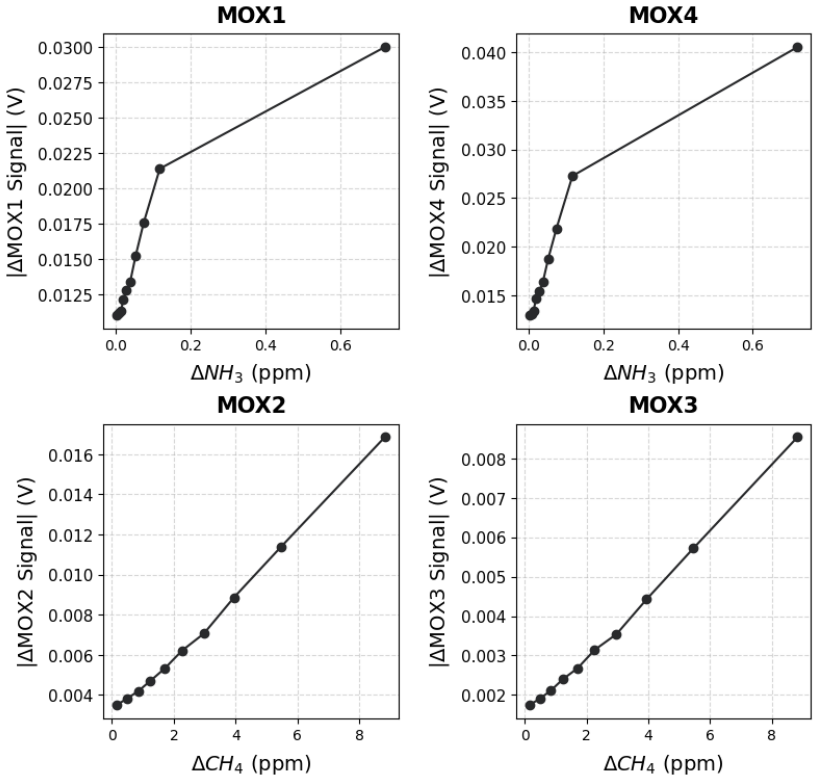
Consistenza interna dei sensori LivestAQsens



Valutazione della **concordanza tra i sensori** (consistenza interna):

- Per verificare l'accordo tra sensori MOX identici operanti nelle medesime condizioni ambientali, sono stati messi a **confronto i segnali grezzi in tensione** (V) provenienti dai corrispondenti sensori dei nodi LivestAQsens (Nodi 1, 3 e 4).
- L'analisi evidenzia una **buona concordanza** con un elevato grado di correlazione tra i diversi nodi per ciascun tipo di sensore.

Sensibilità dei sensori LivestAQsens in campo



Analisi della sensibilità in ambiente rilevante: Il comportamento dei sensori in campo è stato valutato esaminando l'entità della variazione del segnale in relazione ai differenti salti di concentrazione del gas target.

Risposta non lineare con sensibilità marginale decrescente: una risposta per unità di ppm sempre più bassa all'aumentare dell'ampiezza della variazione della concentrazione del gas target.

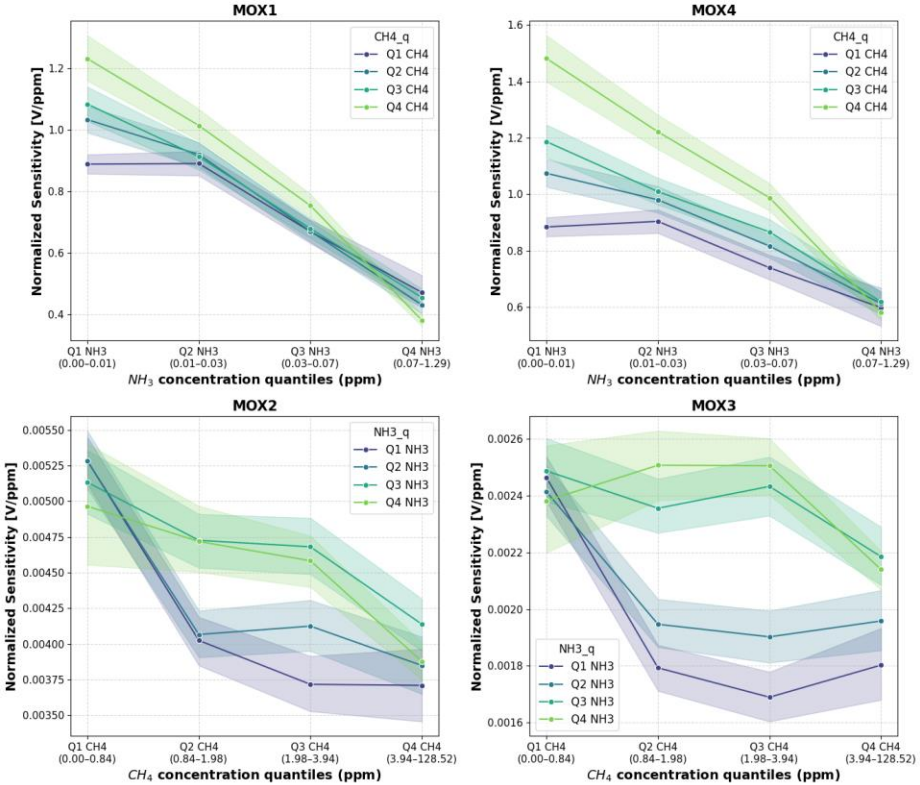
I **sensori di ammoniaca** mostrano una forte risposta iniziale in presenza di variazioni contenute della concentrazione, seguita da un progressivo appiattimento.

I **sensori di metano** mostrano una decrescita più graduale nel range di variazioni osservato durante le prove in campo

Profilo di comportamento coerente tra i sensori dello stesso tipo.

Dati periodo testing Nodo 1, resampling time 5 min

Selettività dei sensori LivestAQsens – interferenza di altri gas (cross-sensitivity)



Analisi della risposta operativa: Viene analizzata la sensibilità normalizzata (ΔV / Δppm) in funzione di quattro fasce di concentrazione del gas target.

Stratificazione per gas co-presente: Le curve sono suddivise per i livelli dell'altro gas per evidenziare la risposta combinata in ambiente operativo.

La risposta dei sensori varia in condizioni di co-presenza di più specie gassose. La separazione graduale delle curve evidenzia una risposta congiunta, in cui **la concentrazione dell'altro gas contribuisce a modulare in modo più o meno marcato** la sensibilità.

Considerazioni sulla selettività in campo: I risultati evidenziano la complessità della risposta in ambiente reale e sottolineano **l'opportunità di adottare modelli di calibrazione o compensazione avanzati per isolare con precisione il gas target**.

Dati periodo testing Nodo 1, resampling time 5 min

Prestazione dei modelli di calibrazione e compensazione

Modelli identificati dai dati

Dataset	Dati 1-min
Training modelli	15’000 misure
Validazione preliminare dei modelli	200’000 misure
Test (prove lungo termine)	100’000 misure
Test (ambiente dimostrativo)	110’000 misure

	Calibrazione standard	Machine Learning	
Modelli	Benchmark (f. polinomiali, esponenziali)	Regressione lineare multipla (MLR)	Reti neurali (NN)
Inputs	1 MOX per modello (4 benchmark)	4 MOX (2 NH_3, 2 CH_4), Temp. e umidità	
Numero di parametri	2-3 parametri	7 parametri	301 parametri
Tempi di trainining	Pochi secondi	Pochi secondi	5-20 minuti

Prestazione dei modelli di calibrazione e compensazione - ammoniaca



Sviluppo e generalizzazione allineati: Sul dispositivo di addestramento e su altre postazioni dello stesso allevamento, quasi tutte le strutture inclusi i benchmark a singolo sensore, mantengono errori contenuti.

Migliori prestazioni nel trasferimento: Nel passaggio a un nuovo allevamento e a concentrazioni mai viste, solo la **Regressione Lineare Multipla (MLR)** si trasferisce in modo efficace, contenendo gli errori su tutte e tre le metriche.

Il giusto compromesso informativo: I benchmark a singolo sensore falliscono fuori dominio perché non compensano interferenze di altri gas e variabili ambientali, mentre la Rete Neurale soffre di sovra-adattamento (overfitting).

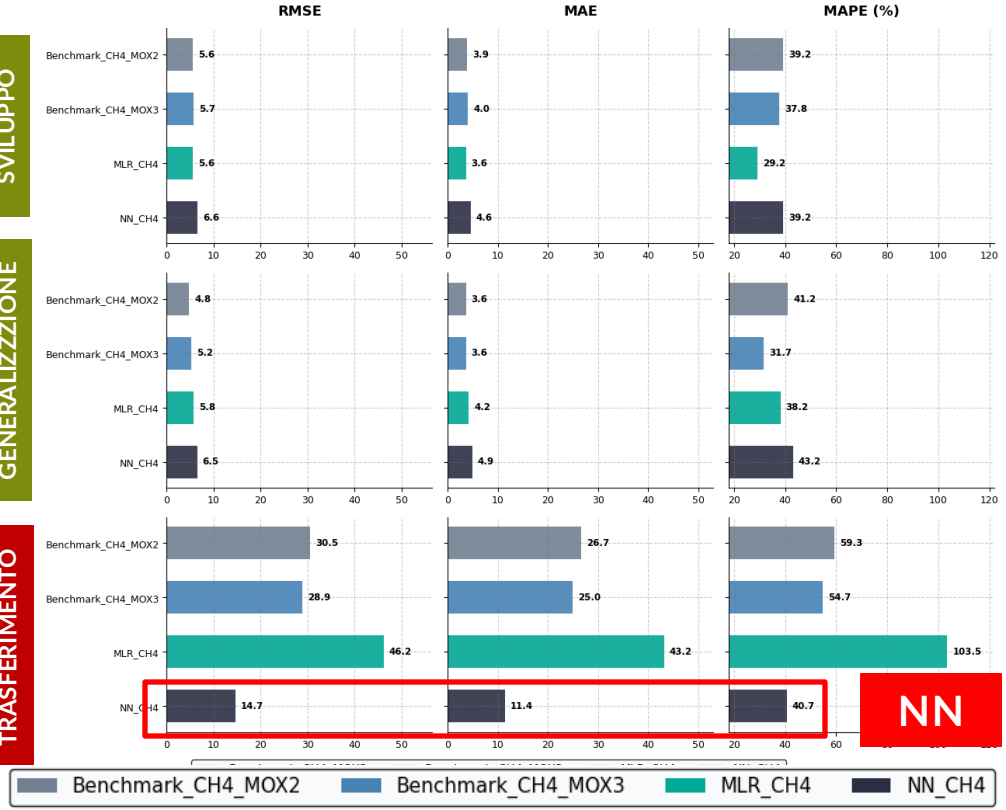
Dati periodo testing Nodo 1, resampling time 5 min

Prestazione dei modelli di calibrazione e compensazione - metano

SVILUPPO

GENERALIZZIONE

TRASFERIMENTO



Sviluppo e generalizzazione allineati: Sul dispositivo di addestramento e su altre postazioni nello stesso allevamento, tutti gli approcci (i.e., benchmark, MLR e Rete Neurale) mostrano errori comparabili.

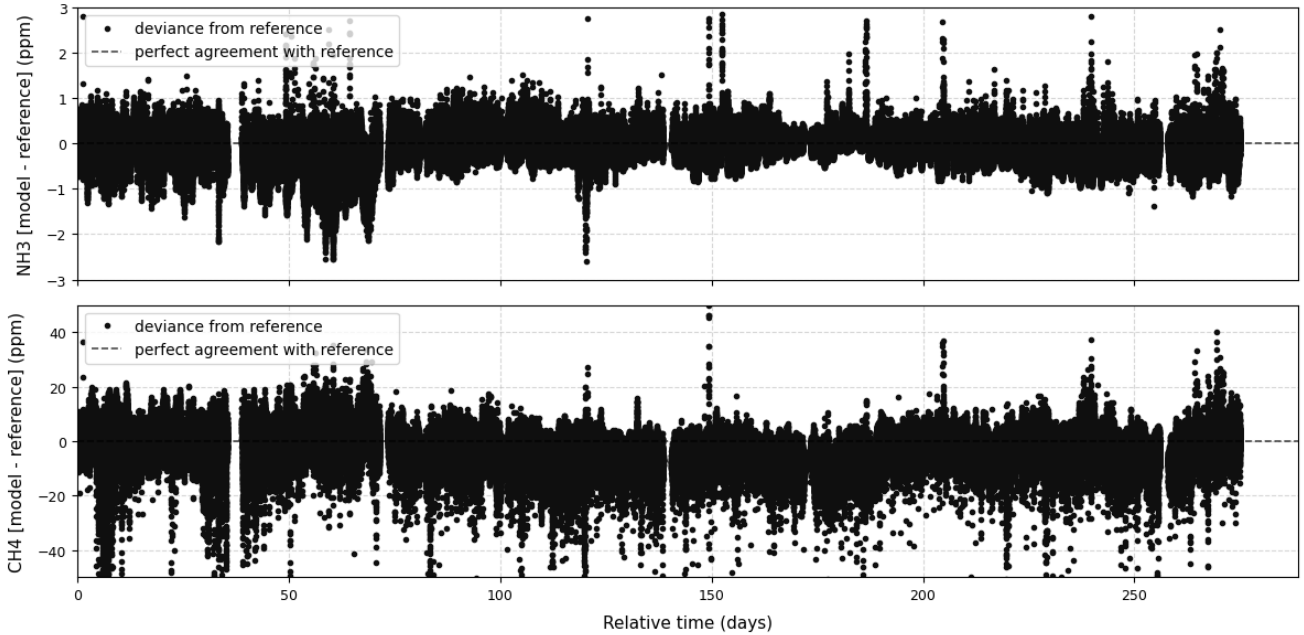
Migliori prestazioni nel trasferimento: Nel passaggio a un nuovo allevamento, solo la **Rete Neurale (NN)** mantiene prestazioni stabili e contiene l'errore.

Perché serve un modello non lineare: I benchmark a singolo sensore e la regressione lineare (MLR) faticano fuori dominio perché per il metano la sola compensazione lineare non è sufficiente a isolare il segnale target dalle interferenze ambientali.

Dati periodo testing Nodo 1, resampling time 5 min

Prestazioni a lungo termine

Monitoraggio continuo (~9 mesi): Validazione sul campo da luglio 2025 alla primavera 2026 in ambiente operativo reale.



Assenza di deriva (drift): I residui rispetto allo strumento di riferimento restano centrati sullo zero sia per NH_3 che per CH_4, senza tendenze sistematiche.

Stabilità hardware-software: L'andamento piatto nel tempo conferma l'assenza di degrado dei sensori e la tenuta dei modelli **senza bisogno di frequenti ricalibrazioni.**

Conclusioni

LIVESTAQSENS

SMART MONITORING SELF-CALIBRATING
AIR QUALITY SENSOR NETWORK FOR LIVESTOCK FARMING

Conclusioni

Infrastruttura hardware validata (TRL 7): rete di sensori MOX per il monitoraggio di metano e ammonica affidabile e priva di deriva sul lungo periodo in stalla.

Modelli di calibrazione sito-agnostici: indipendenti dall'ambiente di addestramento e pronti per nuove stalle senza richiedere lunghe fasi di ricalibrazione.

Valore aggiunto del progetto – «sinergia hardware-software»: l'integrazione tra la solidità della rete fisica e l'intelligenza dei modelli trasforma la sensoristica a basso costo in uno strumento di misura accurato per la zootecnia.

Il punto di vista degli utilizzatori e dei fornitori di tecnologia

Lino Bacchilega, C.A.B. Ter.Ra.

















Ivano Battaglia,
Lab Service Analytica

















Dott.Chim. Ivano Battaglia-bativ@labservice.it

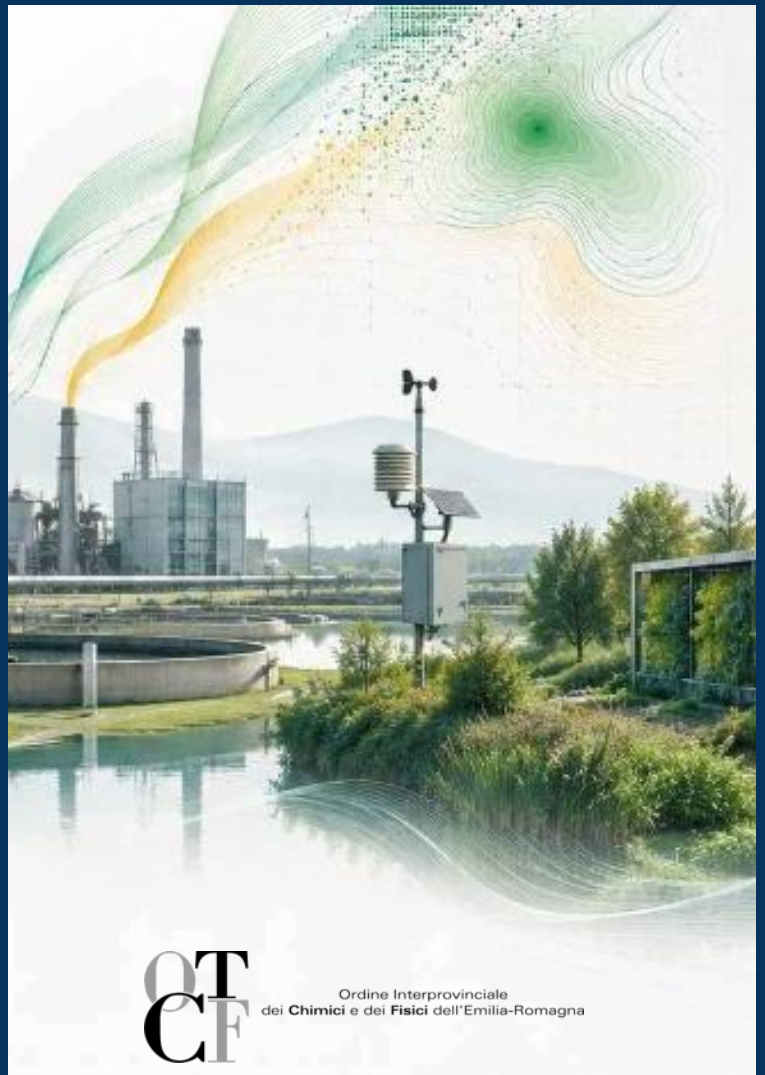
IL **WHITE PAPER** DEL CLUST-ER GREENTECH

ODORI

Tecnologie e normative di riferimento per la misura delle emission odorigene

Quadro normativo, metodologie di misura e panoramica sulle tecniche di abbattimento emergenti per il **comfort sociale**

www.greentech.clust-er.it/documenti-e-pubblicazioni/



02 — REGOLE E COMPETENZE

Il quadro normativo



Normativa: verso un approccio strutturato

Tutela normativa indiretta

- Art. 844 c.c.
- Art. 674 c.p.

Nazionale

D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

- ***Art. 268 co. 1, f-bis)*** *«emissioni odorigene: emissioni convogliate o diffuse aventi effetti di natura odorigena»*
- ***Art. 272-bis Emissioni odorigene***

Decreto Direttoriale MASE n.309/2023

legittimare le normative regionali oggetto di molteplici contestazioni e contenziosi legali

avviare un processo di sistematizzazione su scala nazionale della normativa per le emissioni odorigene

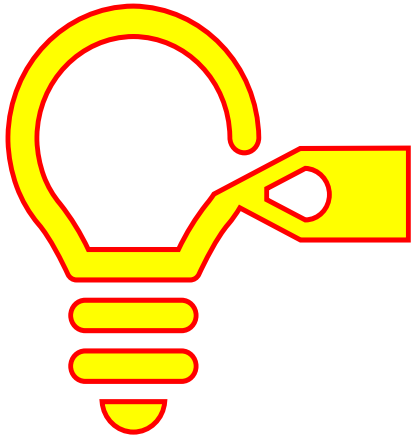
Regionale

- Generale
- Settoriale (per specifici impianti)

Art. 844 c.c. - "Immissioni" - *"Il proprietario di un fondo non può impedire le immissioni di fumo o di calore, le esalazioni, i rumori, gli scuotimenti e simili propagazioni derivanti dal fondo del vicino, se non superano la normale tollerabilità, avuto anche riguardo alla condizione dei luoghi".*

Art. 674 c.p. - "Getto pericoloso di cose" - *"Chiunque getta o versa, in un luogo di pubblico transito o in un luogo privato ma di comune o di altrui uso, cose atte a offendere o imbrattare o molestare persone, ovvero, nei casi non consentiti dalla legge, provoca emissioni di gas, di vapori o di fumo, atti a cagionare tali effetti, è punito con l'arresto fino a un mese o con l'ammenda fino a duecentosei euro"*

I.E.D. vs DLgs 197





Ordine Interprovinciale dei Chimici e dei Fisici dell'Emilia-Romagna

Dott.Chim. Ivano Battaglia
bativ@labservice.it

VERSO UNA CULTURA DELLA GESTIONE DEGLI ODORI

White Paper- GESTIONE delle Molestie Olfattive

Armonizzazione normativa, innovazione tecnologica e integrazione tra strumenti tecnici e gestionali sono gli elementi chiave per una gestione efficace e sostenibile delle emissioni odorigene.

Clust-ER Greentech · GdL Emissioni odorigene →
https://greentech.clust-er.it/documenti-e-pubblicazioni/

Dal progetto alle nuove opportunità

Federica Mori, Confindustria Emilia-Romagna Ricerca

















La sfida della qualità dell'aria



Pressione normativa

Obblighi crescenti su metano e ammoniaca.

Costi elevati

Sistemi tradizionali onerosi e complessi.

Copertura limitata

Difficile monitoraggio su più stalle.

LIVESTAQSENS

La soluzione LivestAQsens

Nodi con sensori MOX

Sensori nanostrutturati SnO_2 e Pd.

Modelli Machine Learning

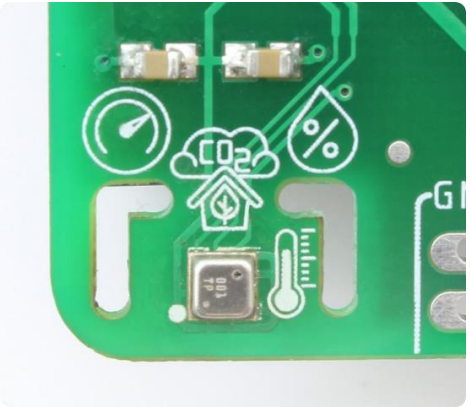
Algoritmi MLR e Reti neurali.

Dashboard e Cloud

Controllo continuo di CH_4 e NH_3.

LIVESTAQSENS

Il consorzio e la validazione sul campo



Partenariato eccellente: LEAP, CNR-STEMS, CRPA Lab, PROAMBIENTE, CERR.

Imprese coinvolte: C.A.B. TER.RA. e Lab Service Analytica.

Oltre 400.000 misure: test in stalla su lungo e breve termine.

Stabilità dimostrata: assenza di deriva su 9 mesi continui.

LIVESTAQSENS

Maturità tecnologica raggiunta

TRL 7

Prototipo dimostrato in ambiente operativo

Pronto per validazione su larga scala e sfruttamento pre-commerciale

LIVESTAQSENS

Nuove opportunità di collaborazione

Confindustria Emilia-Romagna Ricerca promuove i risultati di LivestAQsens nelle reti dell'innovazione per attivare partnership mirate.

3 Settori
Agroalimentare, Ambiente, ICT

Globale
Diffusione aperta a tutti i Paesi

3 Target
Allevamenti, Produttori, Ricerca

LIVESTAQSENS

Chi stiamo cercando

Aziende zootecniche

Allevamenti bovini per siti pilota.

Produttori di sensori

Integrazione industriale e sbocco commerciale.

Centri R&S

Nuovi progetti collaborativi di dimostrazione.

LIVESTAQSENS

Modelli di commercializzazione e accordi

COOPERAZIONE TECNICA · SITI PILOTA

Validazione in allevamento

Target: aziende zootecniche bovine, suine, avicole.

Attività: installazione nodi MOX e dashboard web.

Obiettivo: validazione in nuovi contesti operativi.

ACCORDO COMMERCIALE · B2B

APIaaS e Licenza On-Premise

Target: produttori di sensori e integratori IoT.

Offerta: algoritmi di correzione via cloud o licenza.

Prontezza: 2 mesi/persona per deployment industriale.

LIVESTAQSENS

Il percorso di valorizzazione

1

Ricerca R&S

Sviluppo piattaforma e test in stalla.

2

Piloti e partner

Validazione operativa e accordi tecnici.

3

Mercato

Industrializzazione e diffusione commerciale.

LIVESTAQSENS

Valore per l'ecosistema



Sostenibilità misurabile

Riduzione concreta dell'impatto ambientale in zootecnia.

Trasferimento tecnologico

Ponte diretto tra ricerca applicata e imprese.

Apertura internazionale

Nuove filiere europee per l'agritech sostenibile.

Dimostrazione live e Q&A

Chiusura lavori

LIVESTAQSENS

www.livestaqsens.it
senem.ozgen@polimi.it

LEAP
FOUNDED IN 2005 BY
POLITECNICO DI MILANO

Consiglio Nazionale delle Ricerche
STEMS
Istituto di Scienze e Tecnologie per l'Energia e la Mobilità Sostenibili

CRPA Lab

PROAMBIENTE
innovation & environment

CONFINDUSTRIA
Emilia-Romagna Ricerca
DIH

C.A.B. TER.RA.
Cooperativa Agricola Braccianti Territorio Ravennate Soc. Coop. Agr.
Costituita il 17/10/1888
sede: Via Piangipane, 282 - 48124 PIANGIPANE (RA)
Tel. 0544.418802 - Fax 0544.414219

IS analytica

Il progetto è realizzato grazie ai Fondi europei della Regione Emilia-Romagna, nell'ambito del Programma Regionale Fondo Europeo Sviluppo Regionale (PR – FESR) 2021 – 2027 della Regione Emilia Romagna.

COESIONE ITALIA 21-27 EMILIA-ROMAGNA

Cofinanziato dall'Unione europea

Regione Emilia-Romagna