

Sperimentazione di un sistema per la rilevazione dei guasti nei processi di depurazione a cicli alternati

G. Barni, E. El Basri, S. Marsili Libelli
Università di Firenze



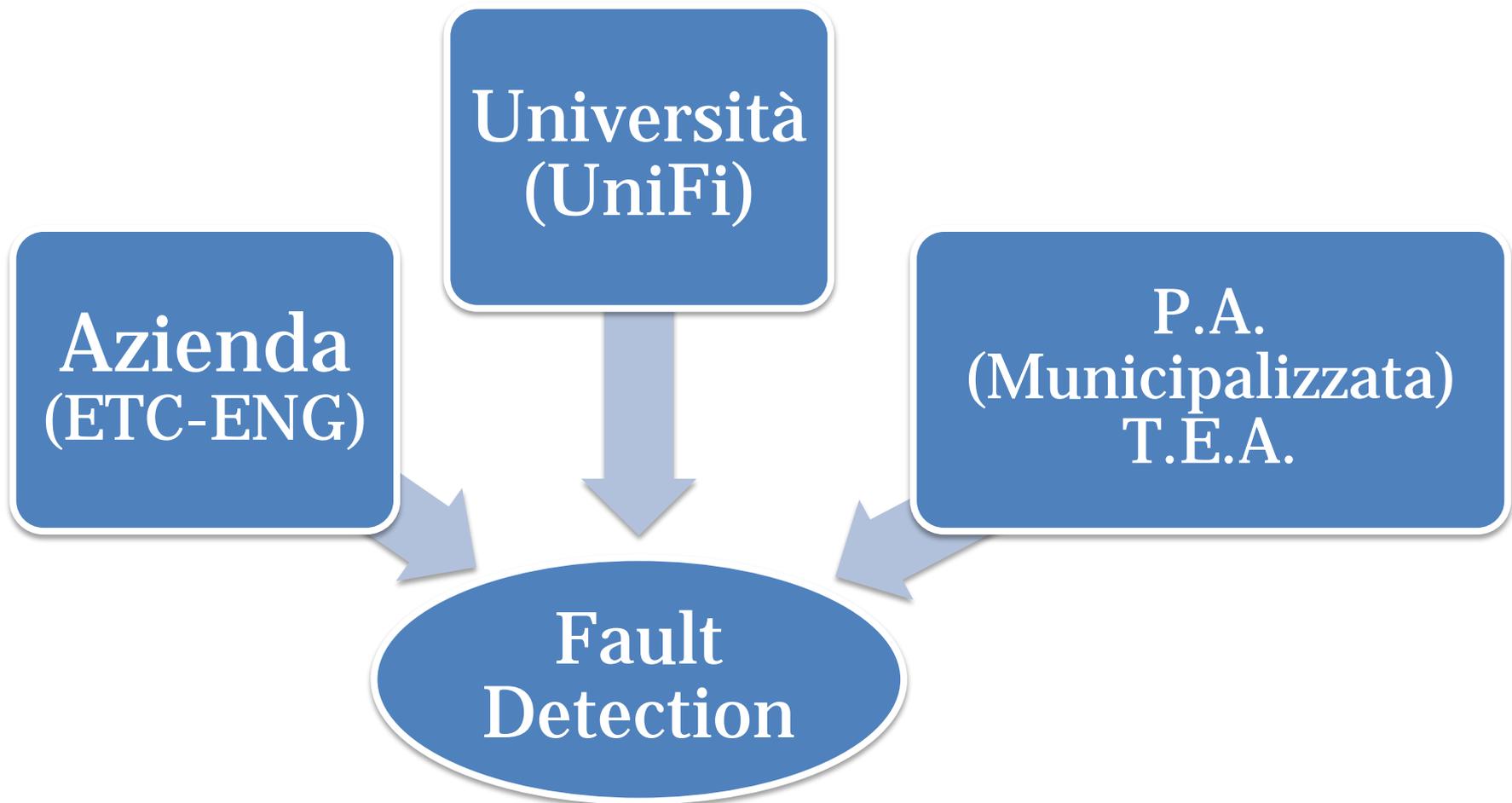
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

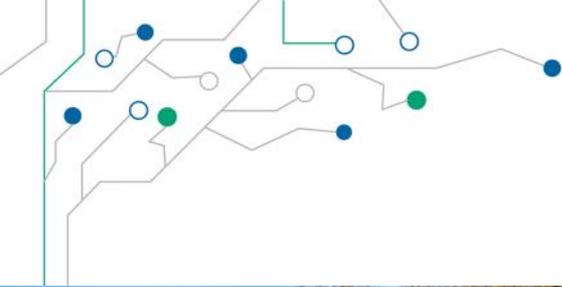
DINFO
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA
DELL'INFORMAZIONE

Definizione del problema di Fault Detection

- ❑ L'efficienza della depurazione dipende in modo critico dalla conduzione del processo
- ❑ La sensoristica si fa sempre più complessa e necessita manutenzione
- ❑ E' necessario un attento monitoraggio del processo, sia locale che remoto
- ❑ Ricerca svolta in collaborazione con
 - ❑ ETC-ENG srl (Trento)
 - ❑ Ing. Giuseppe Guglielmi
 - ❑ Ing. Claudio Modena
 - ❑ Ing. Marco Vian
 - ❑ TEA SpA, Depuratore comunale della città di Mantova
 - ❑ Ing. Michele Zaghini
 - ❑ Dott.ssa Manuela Pedroni

Integrazione di competenze





L'impianto



Vasca a cicli alternati





Sonda NO₃

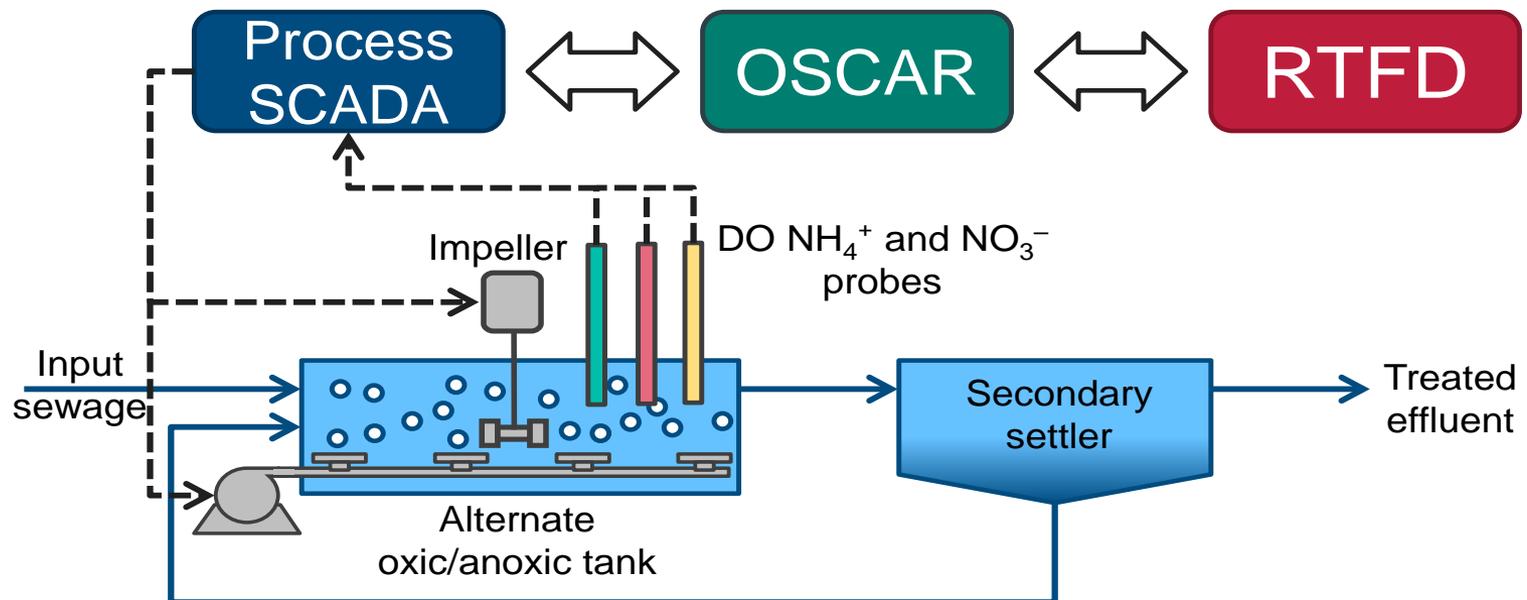


SCADA e sistema FD



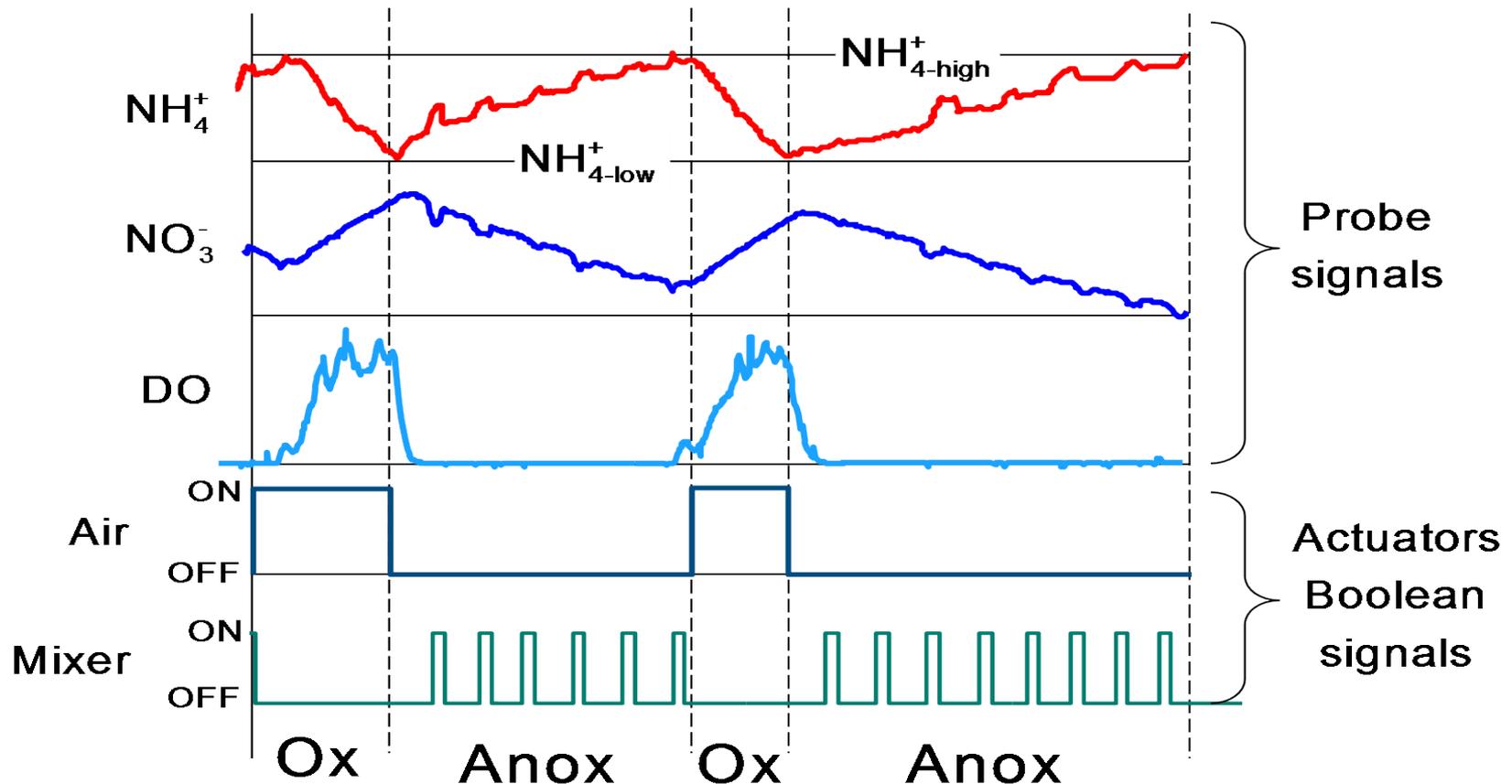
Processi a cicli alternati

- ❑ Ottimizzati per la rimozione dei nutrienti
- ❑ Fanno uso di sensori sofisticati
 - ❑ Sonde ad ioni specifici (NH_4 e NO_3)



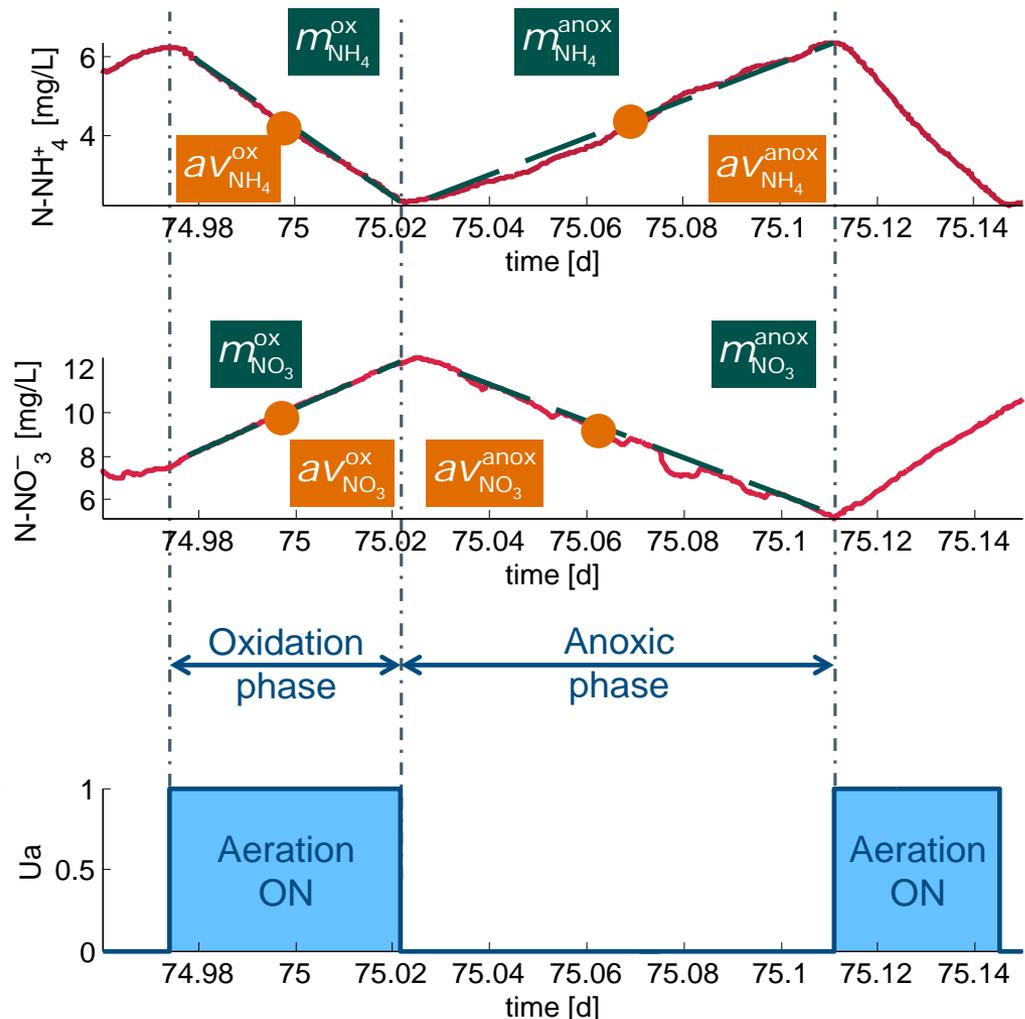
Schema di base dei cicli alternati

Generalmente si dispone di tre misure e due segnali booleani dal campo



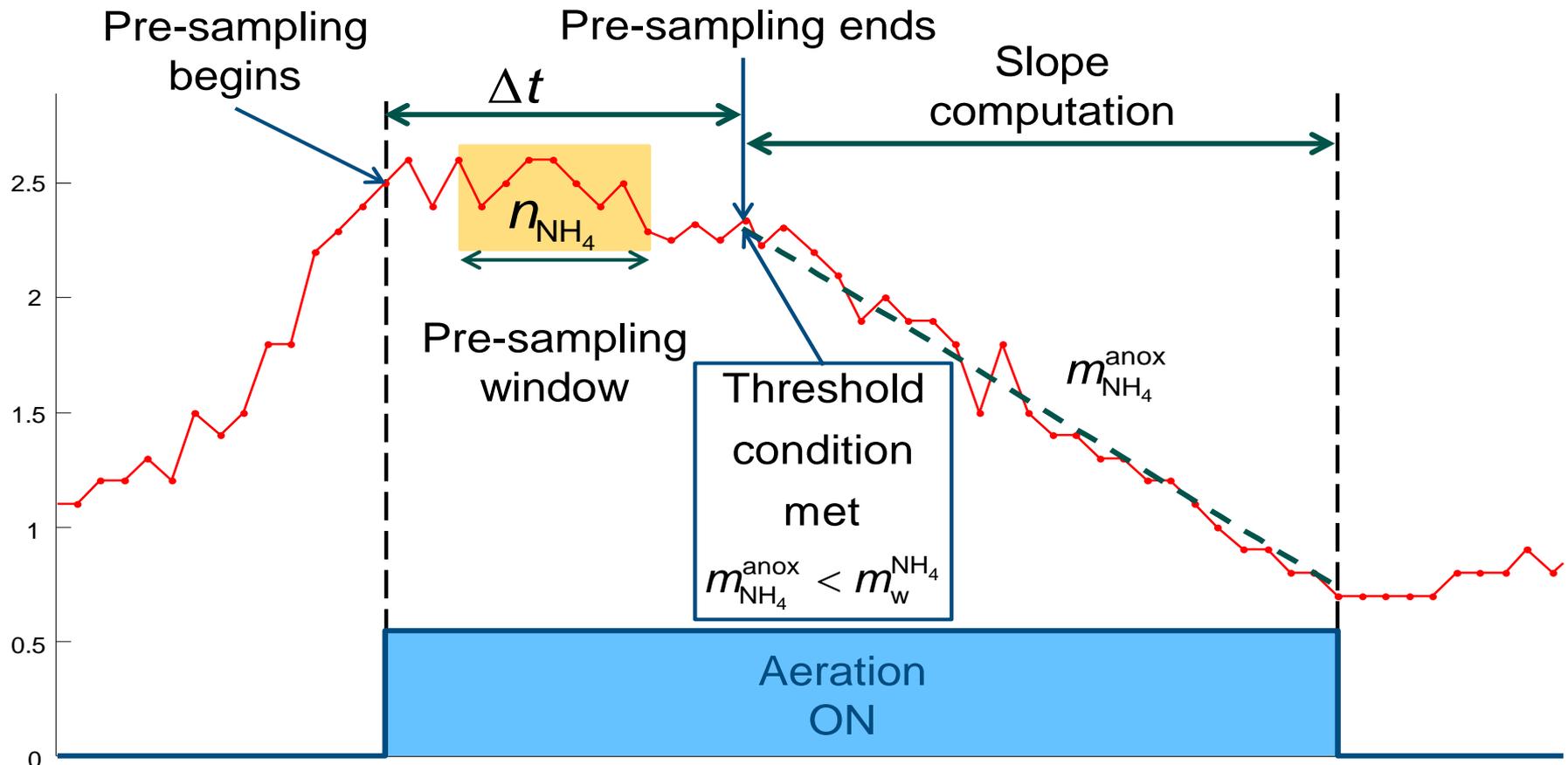
Estrazione dei parametri significativi

- ❑ Rateo di variazione di NH_4 e NO_3
- ❑ Loro valori medi nel ciclo
- ❑ Le pendenze sono approssimate con rette di regressione lineare
- ❑ Ciascuna fase ha un proprio sistema di rilevazione



Parametrizzazione

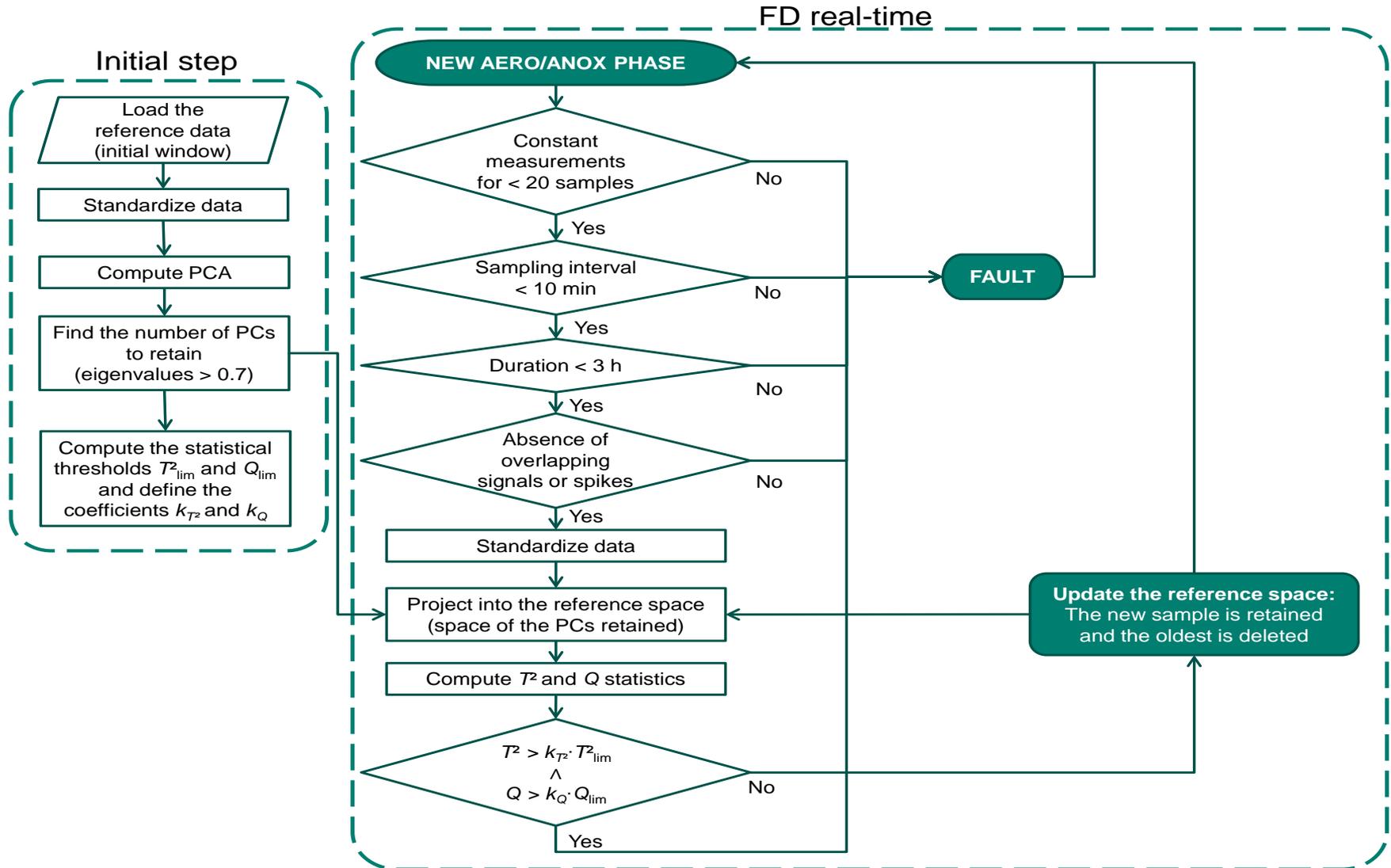
Schema di calcolo dei parametri nel caso di monitoraggio di NH_4 in fase anossica



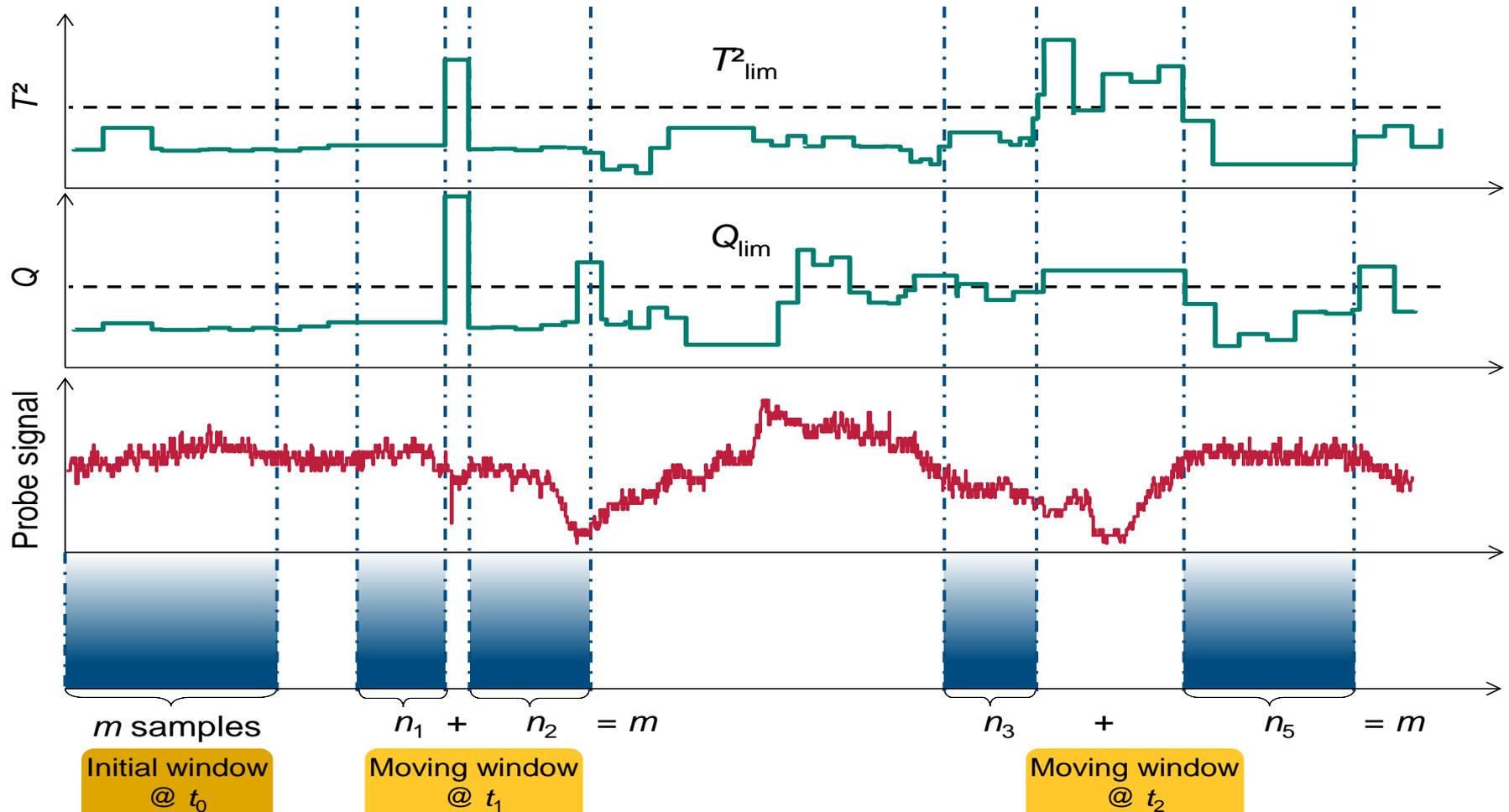
Il Metodo

- ❑ Si trattano separatamente le due fasi (Anossica e Aerobica)
 - ❑ Ciascuna fase ha un suo proprio riconoscitore
- ❑ Un pre-controllo elimina i guasti più grossolani
- ❑ I guasti meno evidenti vengono rilevati da un algoritmo basato sulle Componenti Principali (PCA) e soglie statistiche
- ❑ Per adattare il sistema alle condizioni di processo variabili, i dati sono aggiornati mediante una finestra mobile
- ❑ Le soglie di severità del guasto sono ottimizzate.

Schema di funzionamento

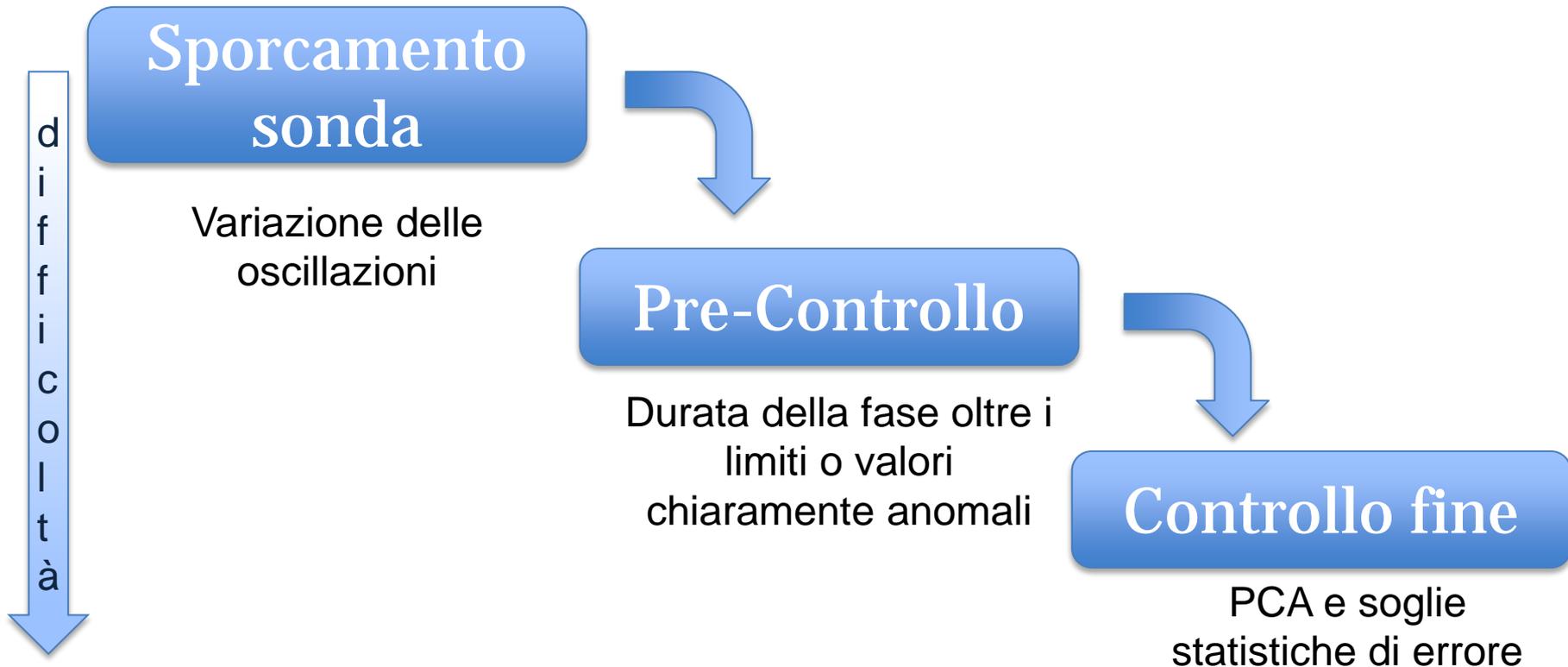


Evoluzione della finestra mobile



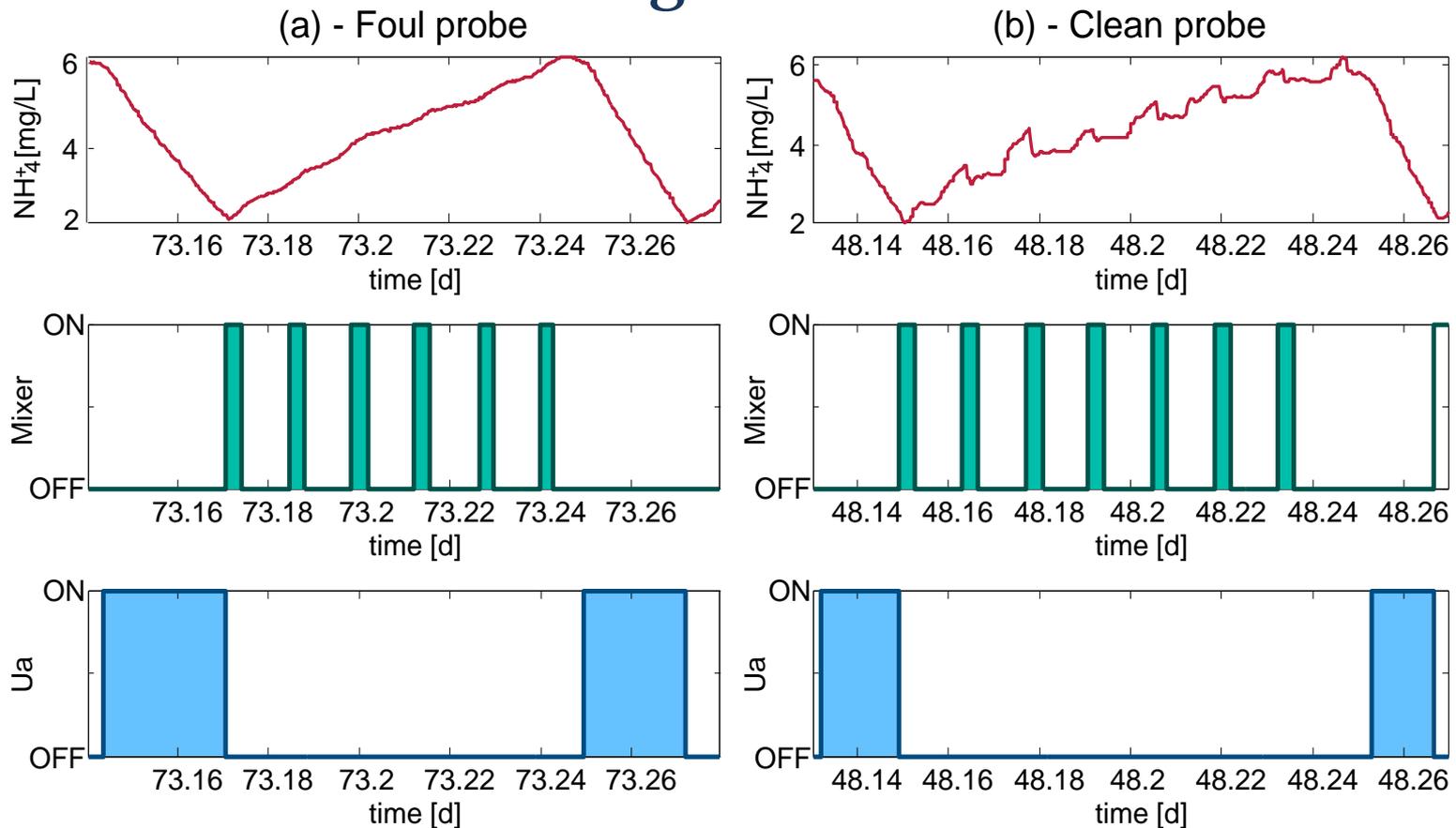
Struttura gerarchica dell'algoritmo

Il sistema è diviso in tre parti, ciascuno dedicato ad un diverso tipo di malfunzionamento.



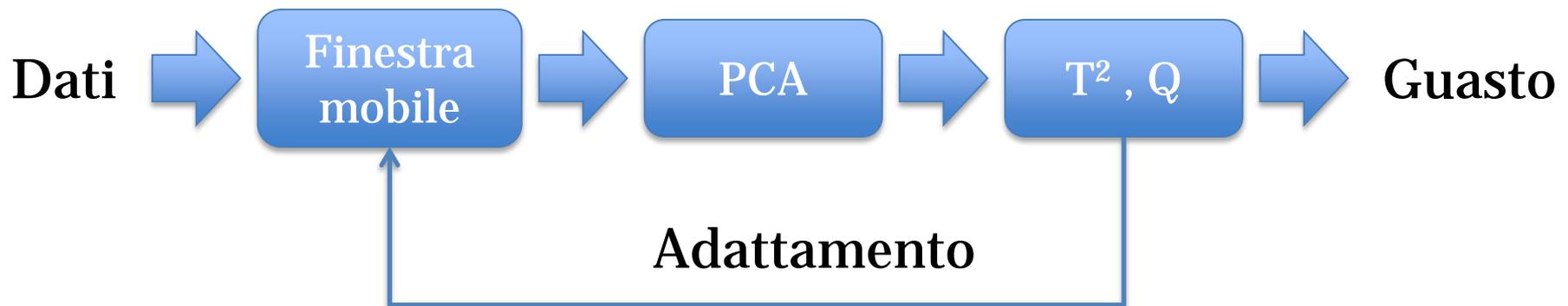
Sporcamento sonda

Lo sporcamento del sensore è indicata da una diminuzione delle oscillazioni causata dagli agitatori



Analisi statistica di guasto

- ❑ Dopo lo sporcamento sonda, i due successivi passi richiedono una decomposizione alle Componenti Principali (PCA) con
 - ❑ Riduzione dei parametri dai 4 originali a 2 trasformati
 - ❑ Utilizzo delle statistiche di Hotelling (T^2) e Q
 - ❑ Introduzione di una finestra mobile per mantenere aggiornata la base di dati utilizzata per la diagnostica





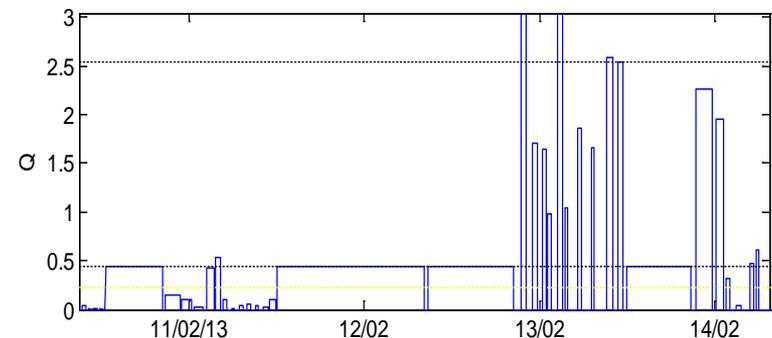
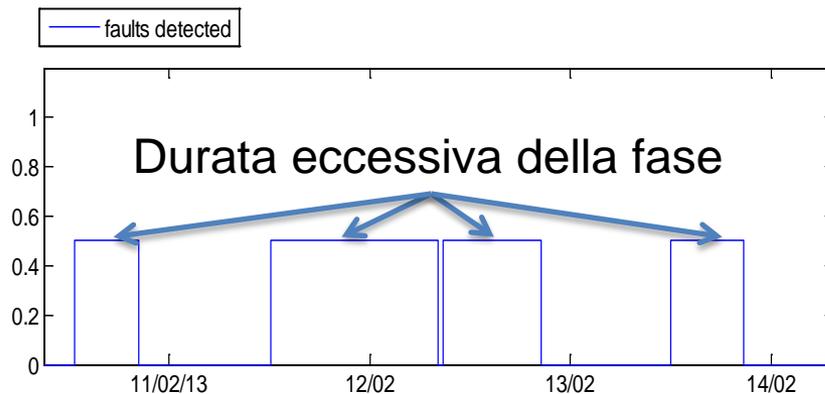
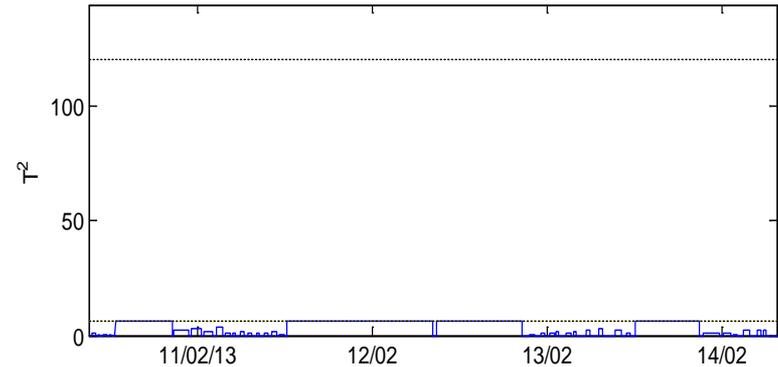
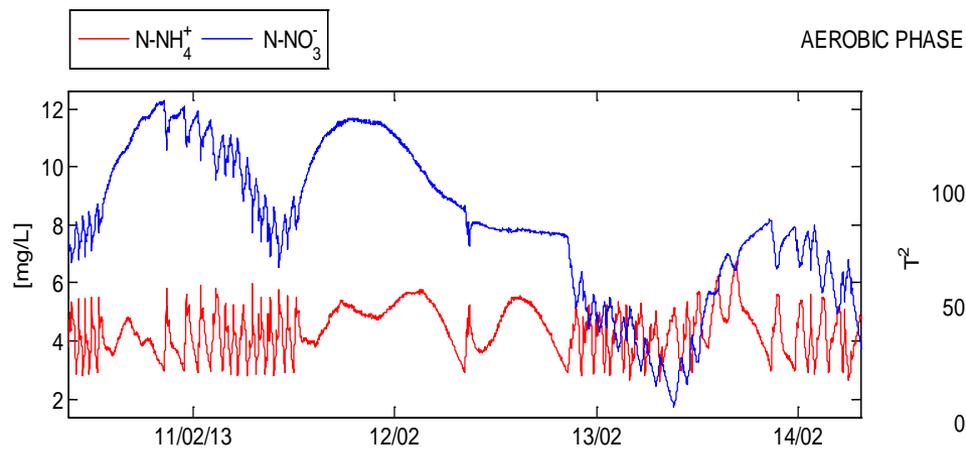
Pre-controllo

In questa fase preliminare viene rilevato un guasto se:

- ❑ La durata della fase corrente supera le 3 ore.
 - ❑ Guasto **intermedio** (anomalia di processo)
- ❑ L'intervallo fra due campioni è superiore a 10 minuti
 - ❑ Guasto **rilevante** di trasmissione
- ❑ Gli ultimi 20 campioni consecutivi hanno lo stesso valore
 - ❑ Guasto **rilevante** sul sensore.

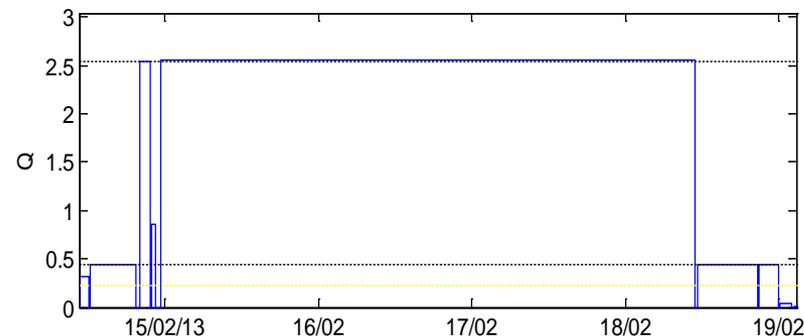
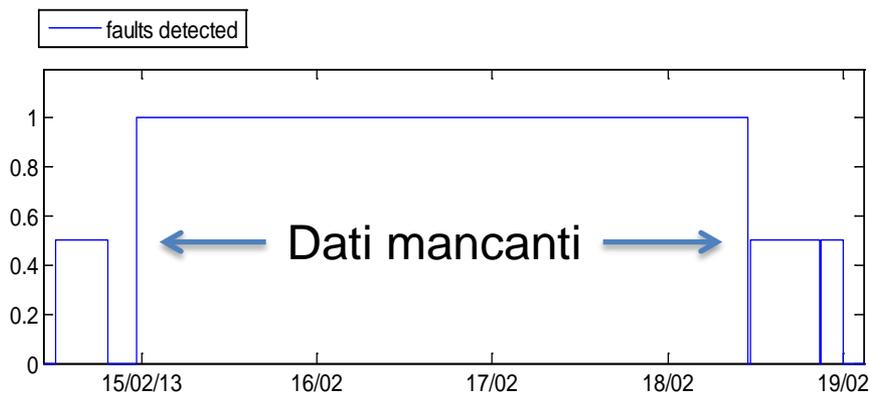
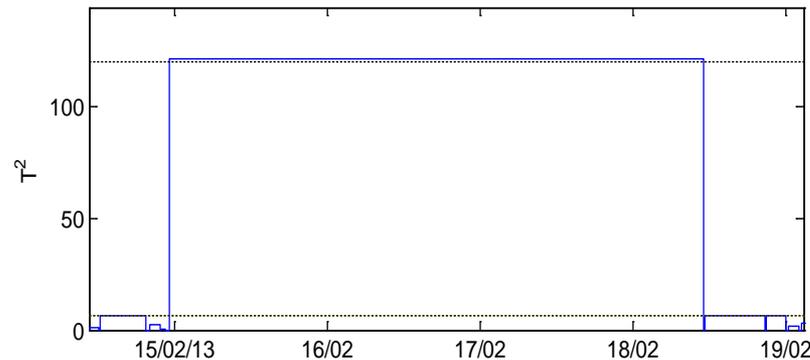
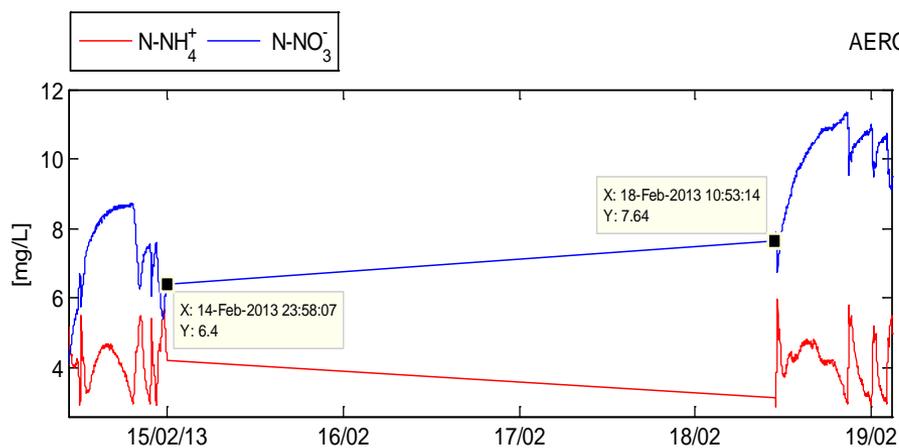
Pre-controllo: Sovraccarico

- ❑ Anomalia di processo segnalata come guasto di **rilevanza intermedia**, dovuta a sovraccarico



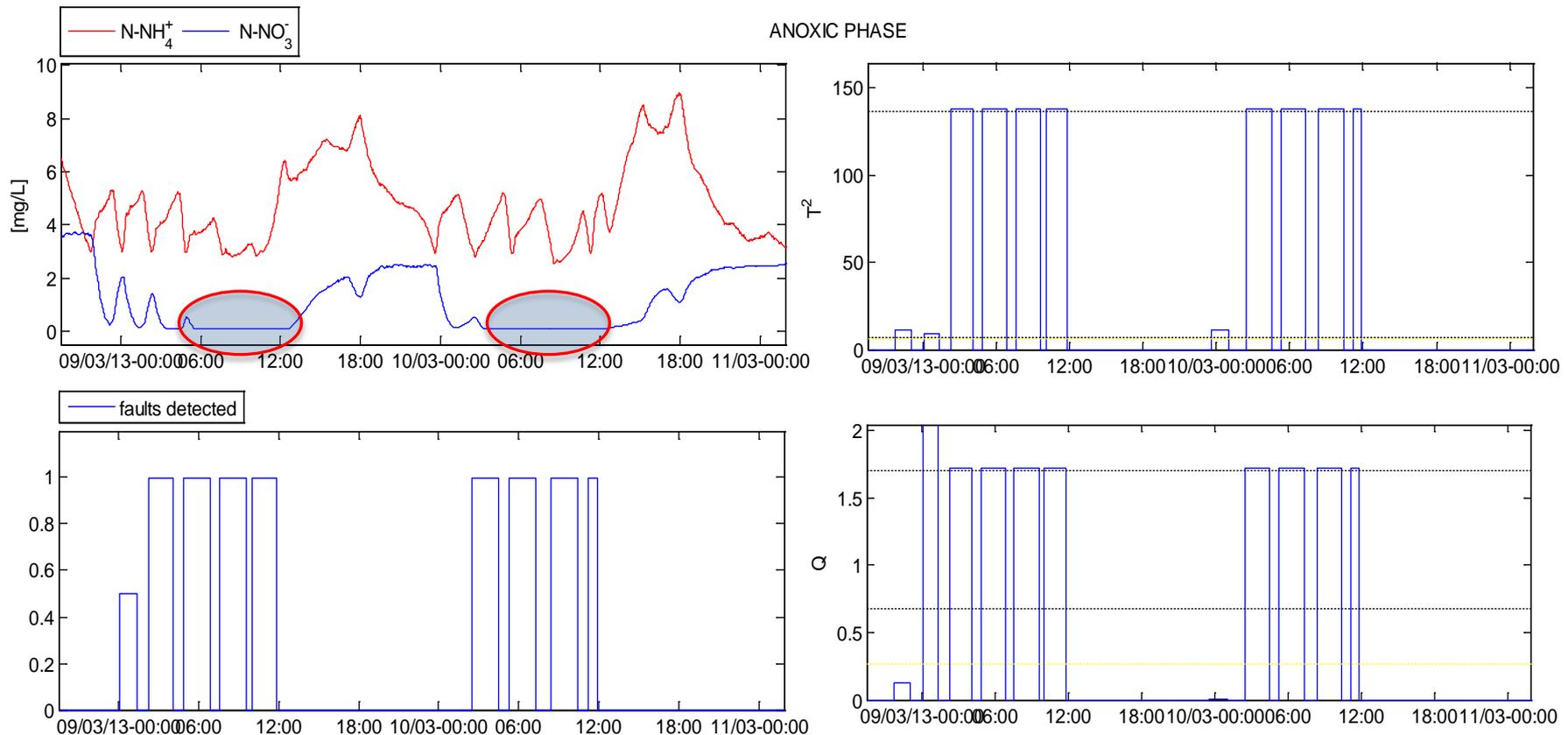
Pre-controllo: Guasto sonda

- ❑ Guasto segnalato come rilevante, dovuto ad interruzione della trasmissione



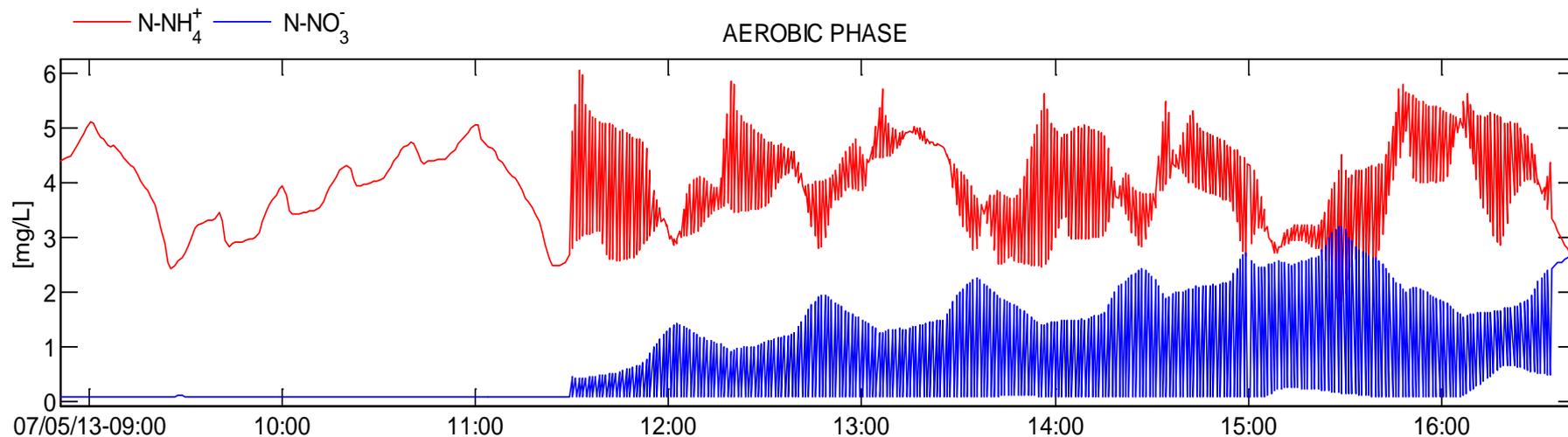
Pre-controllo: segnale costante

- ❑ Guasto rilevante della sonda NO_3^- costante, mentre NH_4^+ continua a variare.

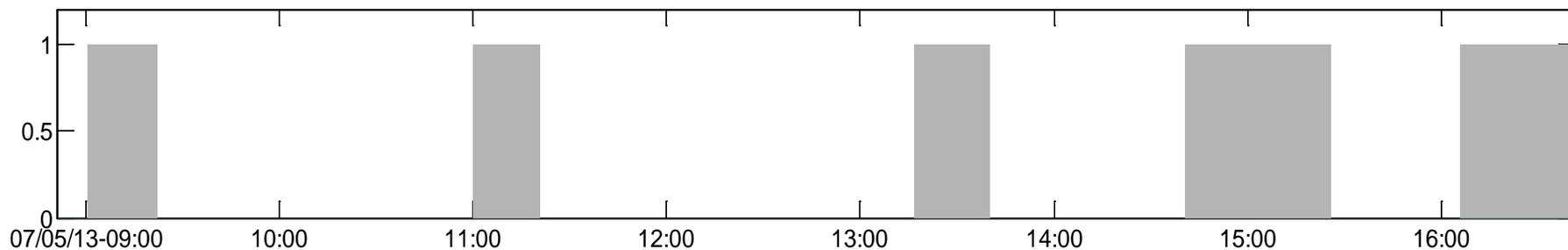


Rilevazione guasti in fase aerobica

Rilevazione a totale carico del pre-controllo

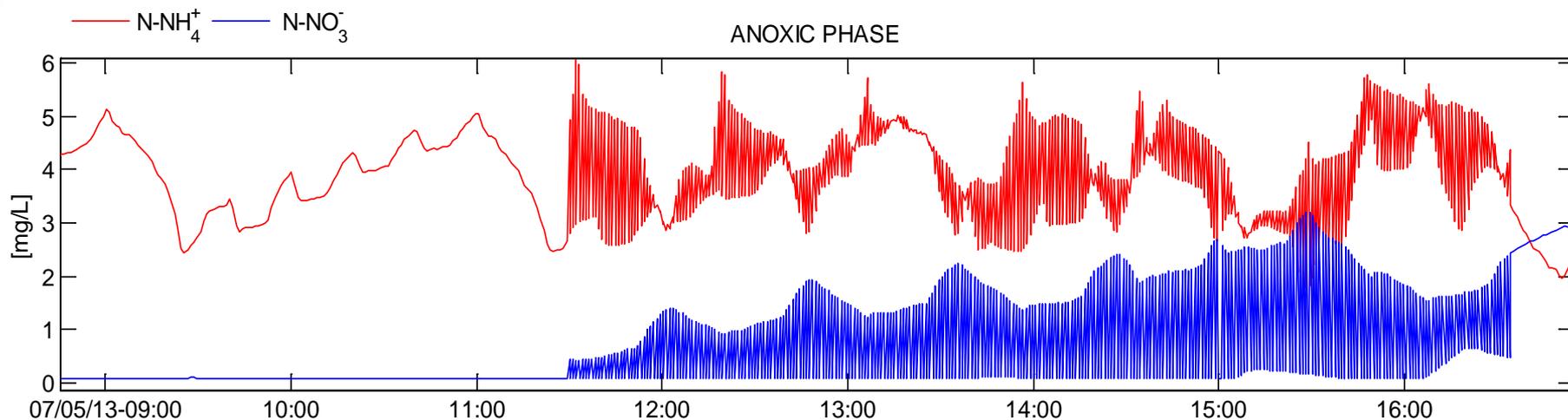


Pre-controllo Guasto osservato Guasto rilevato

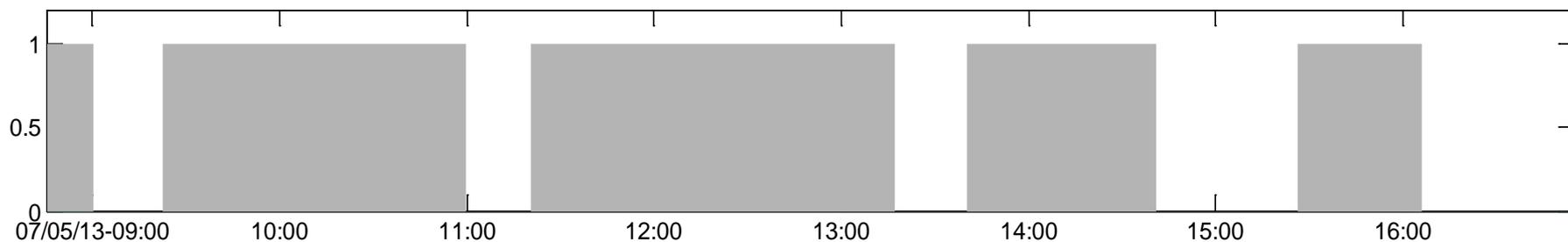


Rilevazione guasti in fase anossica

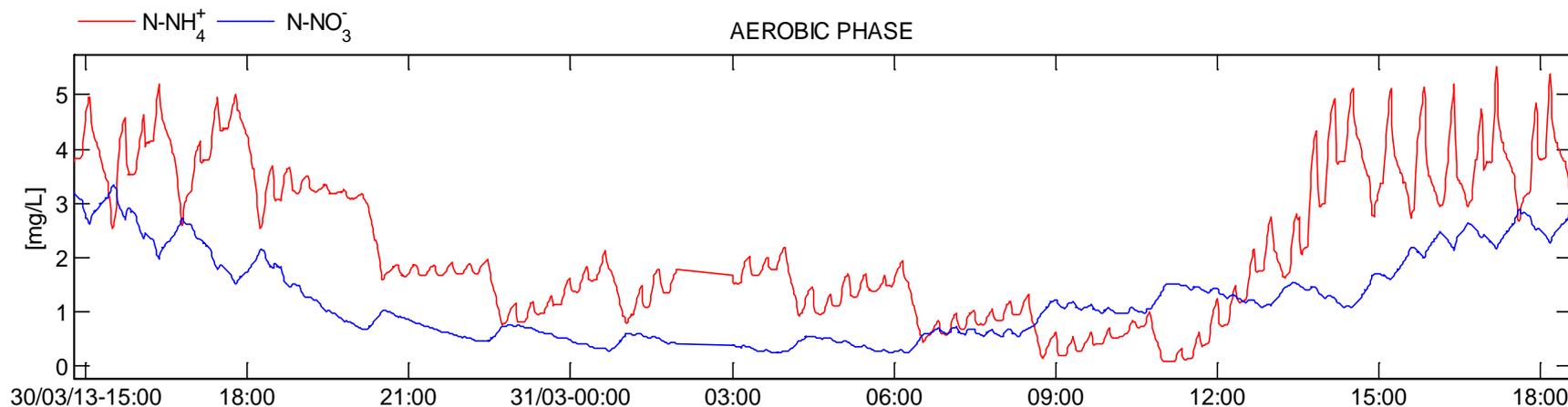
Rilevazione a totale carico del pre-controllo



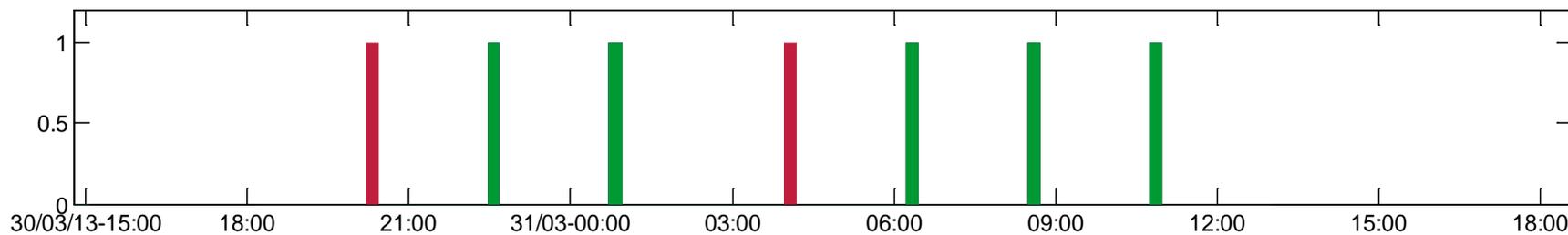
Pre-controllo
 Guasto osservato
 Guasto rilevato



Rilevazione guasti in fase aerobica

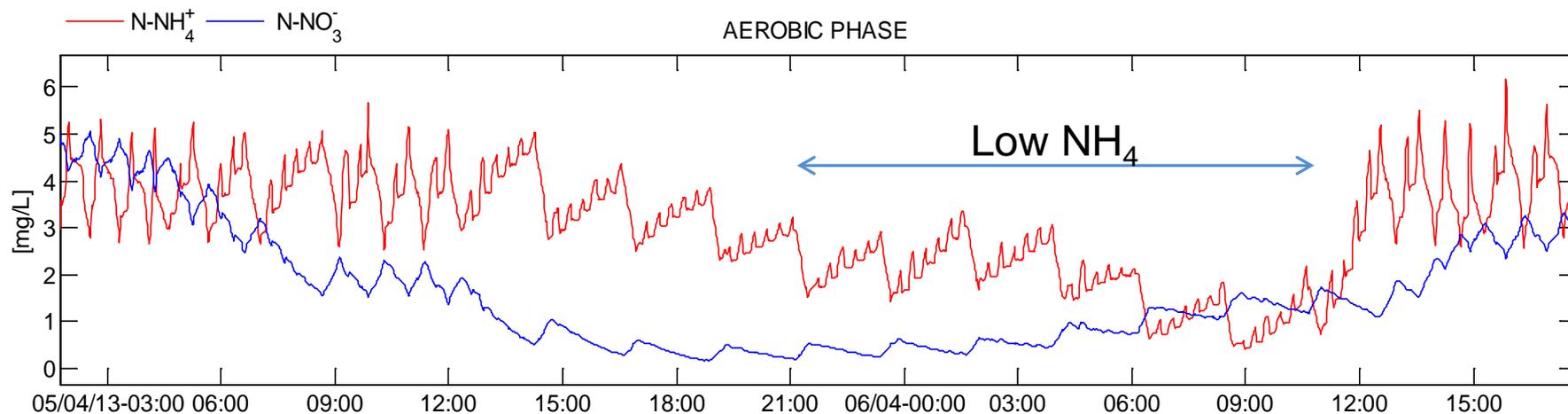


■ Guasto osservato ■ Guasto rilevato

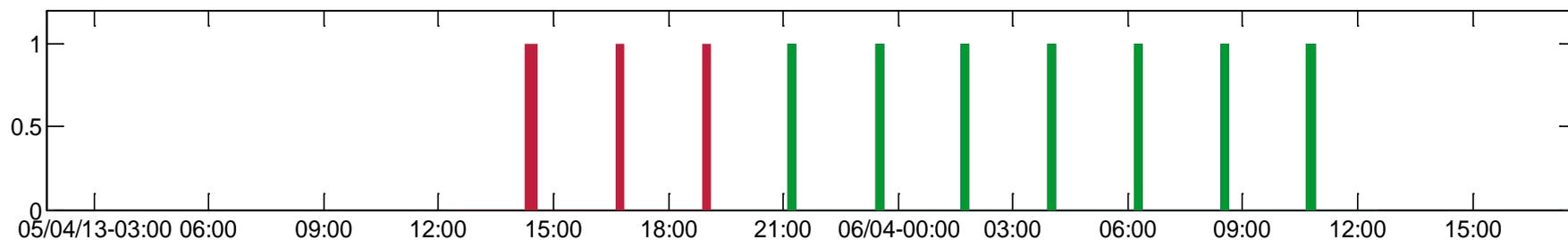


Rilevazione guasti in fase aerobica

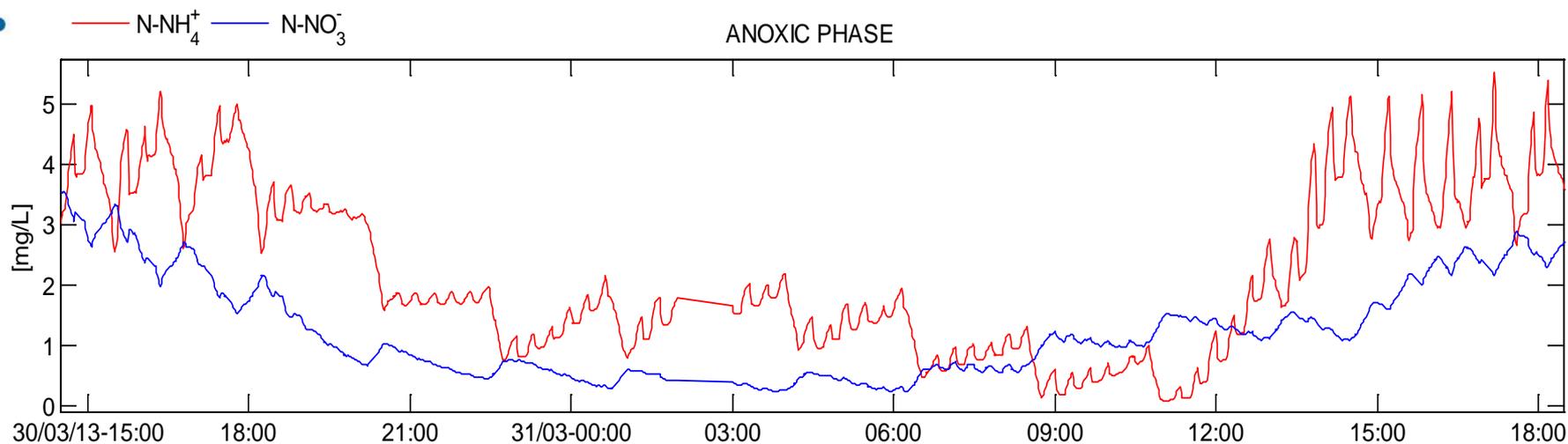
Fase aerobica molto corta per il basso valore di NH_4



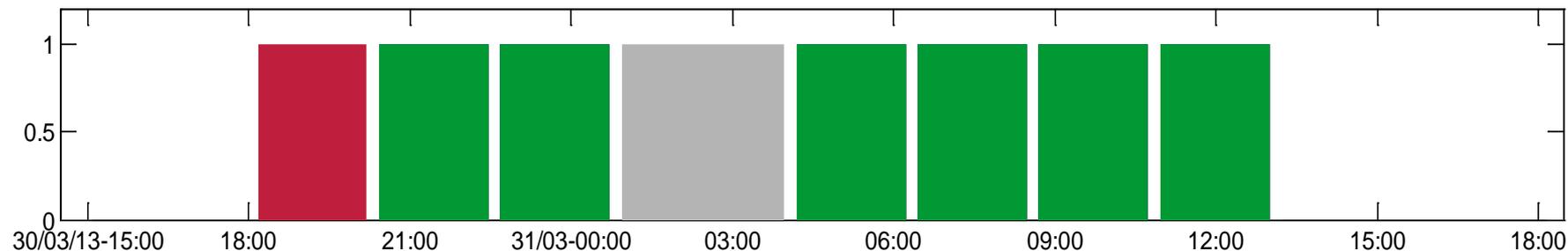
■ Guasto osservato ■ Guasto rilevato



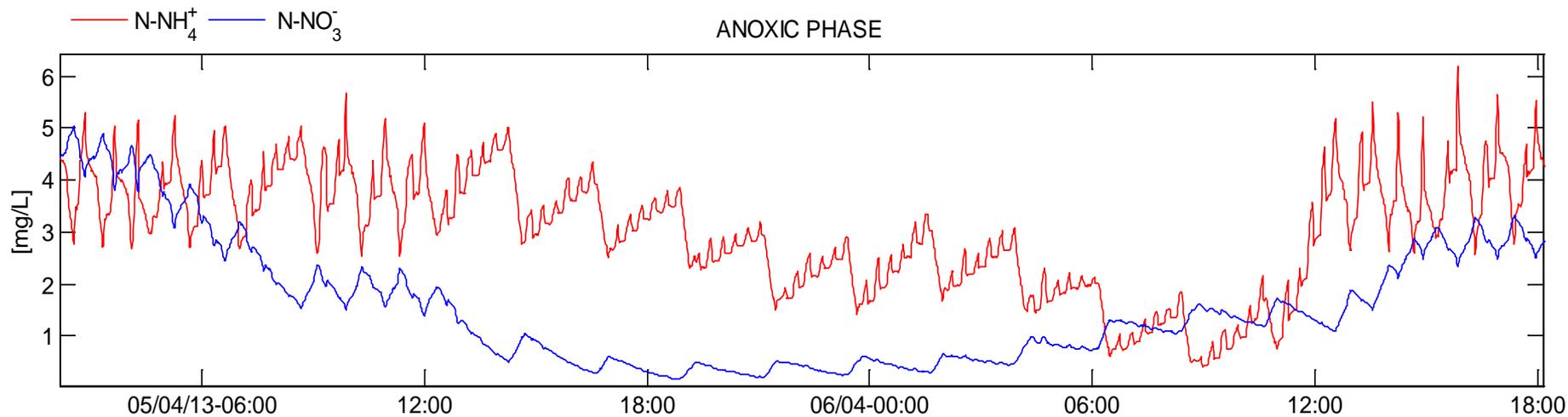
Rilevazione guasti in fase anossica



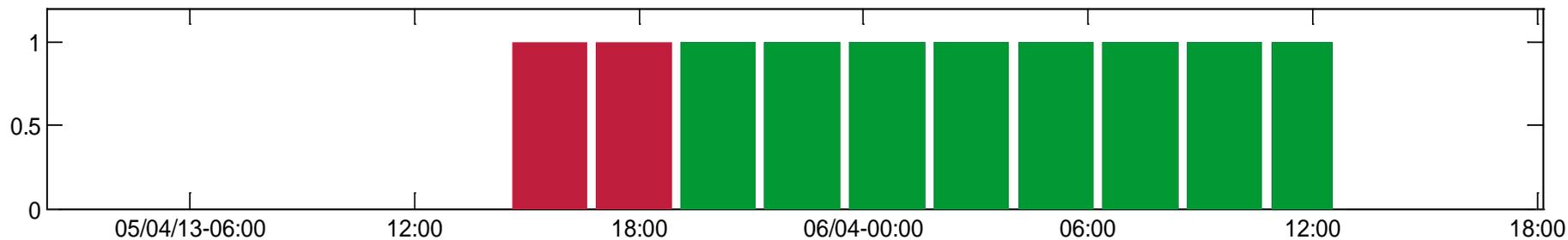
■ Pre-controllo ■ Guasto osservato ■ Guasto rilevato



Rilevazione guasti in fase anossica



■ Guasto osservato ■ Guasto rilevato



Prestazioni

Fase anossica

Guasti osservati	Guasti rilevati	Falsi positivi	Falsi negativi
140	121 (86%)	2	19

Fase aerobica

Guasti osservati	Guasti rilevati	Falsi positivi	Falsi negativi
256	228 (89%)	3	28



La squadra (UniFi + ETC-Eng + TEA SpA)



Conclusioni

- ❑ E' stato sviluppato un sistema di rilevazione dei guasti per impianti di depurazione biologica a fasi alternate;
- ❑ Il progetto è nato dall'integrazione di competenze diverse
 - ❑ Azienda – Università – Pubblica Amministrazione
- ❑ La sperimentazione condotta per oltre un anno sull'impianto municipale di Mantova ha dato risultati incoraggianti;
- ❑ Si stanno migliorando le soglie di discriminazione e la portabilità su altri impianti.

Sperimentazione di un sistema per la rilevazione dei guasti nei processi di depurazione a cicli alternati

G. Barni, E. El Basri, S. Marsili Libelli



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DINFO
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA
DELL'INFORMAZIONE

