

SISTEMA ESPERTO DI TELECONTROLLO PER IL TRATTAMENTO E RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE

Remo Ghiani (Comune di VILLASIMIUS – Piazza Gramsci, 8 – 09049 Villasimius-CA)
Giovanni Mappa (ANOVA/Sesprim – Centro Direzionale Is. E5 – 80143 Napoli)
Paolo Sabatino (I.I.A.S.S. – Via G. Pellegrino, 19 – 84019 Salerno)

Sommario

L'applicazione in questione ha come ambito di riferimento il riutilizzo delle acque reflue urbane depurate e affinate come risorsa idrica aggiuntiva in un'area a vocazione turistica della Sardegna: l'obiettivo fondamentale è il controllo del processo depurativo come garanzia di continuità della qualità dell'effluente.

Vengono presentati i risultati di una esperienza condotta sul campo, relativa alla realizzazione di un sistema esperto di telecontrollo, per l'impianto di depurazione e di affinamento terziario delle acque reflue, a servizio del Comune di Villasimius (CA).

Si tratta di un sistema costituito da tre moduli funzionali: il primo costituito dalla strumentazione di campo per la rilevazione dei segnali di processo, il secondo dal sistema telematico di acquisizione e gestione dei dati on-line di input/output, il terzo livello da un sistema esperto finalizzato al problem-solving diagnostico, al teleallarme e al controllo delle apparecchiature di regolazione del processo depurativo. In particolare, per la realizzazione di quest'ultimo sono state utilizzate metodologie dei sistemi basati sulla conoscenza (sistemi esperti) e della fuzzy logic integrate a modelli deterministici e a procedure di tipo classico.

I problemi incontrati nella realizzazione di questo sistema sono stati per l'85% di natura tecnico-operativa sul campo (sistemazione dei sensori, up-grading di quadri elettrici, ecc.). I risultati applicativi sull'operatività del sistema esperto rispetto agli obiettivi preposti sono finora soddisfacenti, anche se, al momento, non sono state ancora del tutto saturate le potenzialità del sistema.

Parole chiave

Telecontrollo, Sistemi Esperti, Logica Fuzzy, sensori software intelligenti, acque reflue urbane, depurazione biologica

Introduzione

Il Comune di Villasimius (Cagliari) ha in gestione un impianto biologico di depurazione acque reflue urbane, attrezzato per l'affinamento terziario dell'effluente. L'affinamento è finalizzato al recupero (e relativo accumulo) di una quota parte o dell'intera portata delle acque depurate, per un successivo riutilizzo in agricoltura, per la conservazione del verde pubblico, campi da golf e per altri servizi secondari di pubblica utilità.

Oltre la naturale carenza di fonti idriche diversificate tipica dell'Isola, la peculiare vocazione turistica dell'abitato di Villasimius, della zona costiera e delle località limitrofe è tale da decuplicare in estate, il numero di abitanti: ciò rende ancor più importante la razionale gestione delle risorse idriche.

Il miglioramento e l'ottimizzazione del processo di depurazione e di affinamento di acque reflue, in termini di stabilità e di affidabilità nel tempo richiede l'utilizzo di appropriati sistemi automatici di controllo continuo, pur tenendo conto dello stato attuale della tecnologia della strumentazione disponibile per questo tipo di impianti.

I *punti deboli* della catena del controllo continuo di questo tipo di processo, caratterizzato da una componente di base di tipo biologica, sono essenzialmente due:

- I. sensoristica: relativa agli attuali limiti in termini di specificità/costo;
- II. diagnostica (precoce): totalmente mancante sui tradizionali sistemi di supervisione.

L'impianto di depurazione di Villasimius è interessato da un carico idraulico ed inquinante di acque reflue urbane che si amplifica di un fattore 10 nel periodo estivo, in relazione all'afflusso turistico che, in questa zona pregiata della Sardegna, è sempre molto intenso.

Di conseguenza, l'impianto è sottoposto periodicamente a *fasi transitorie di funzionamento* nelle quali viene variato l'assetto e il numero di apparecchiature di processo in esercizio.

Come già sottolineato, la continuità e la stabilità del funzionamento dell'impianto assume un ruolo strategico sia in termini di impatto ambientale, sia soprattutto in termini di recupero di risorsa idrica.

Caratteristiche del sistema esperto di telecontrollo

Il sistema esperto di telecontrollo è costituito da tre moduli funzionali:

1. dalla strumentazione di campo per la rilevazione dei segnali di processo (portate idrauliche, ossigeno disciolto, redox, torbidità, ecc.);
2. da un sistema di acquisizione e gestione dei dati on-line di input/output del 1° livello, secondo una architettura distribuita, con unità remote locali e un centro di supervisione e di teleallarme su rete telefonica commutata;
3. dal sistema esperto diagnostico e di telecontrollo delle apparecchiature di regolazione del processo depurativo.

In particolare, per la realizzazione di quest'ultimo sono state utilizzate metodologie dei sistemi basati sulla conoscenza (sistemi esperti) e della fuzzy logic integrate a modelli deterministici e a procedure di tipo classico.

Il Sistema di interesse per l'applicazione di misurazioni e controlli on-line sono finalizzati sia al miglioramento dell'efficienza del processo depurativo, che al miglioramento gestionale dell'impianto:

- Controllo del Processo di Depurazione Biologica in Ossidazione*
- Controllo del processo di Sedimentazione Secondaria*
- Controllo della Qualità/Quantità dell'Effluente Trattato*
- Gestione della Produzione d'Aria Compressa per l'Ossidazione*
- Gestione delle Apparecchiature di Regolazione Processo*
- Gestione delle Emergenze/Allarmi attraverso chiamate a Teledrin*
- Gestione dei Report/Diario Impianto*

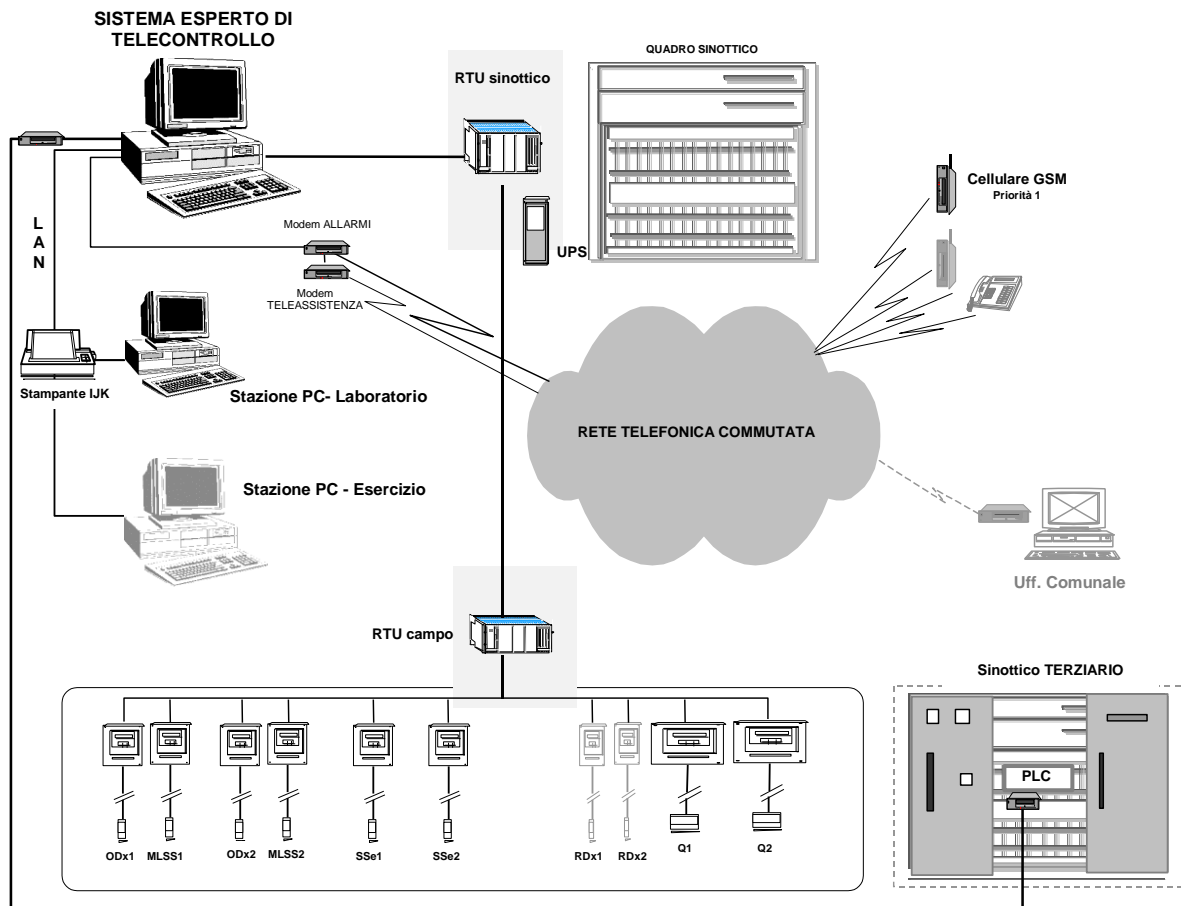


Fig. 1: Architettura del Sistema Esperto di Telecontrollo

Il Sistema proposto è costituito dall'integrazione delle seguenti parti componenti fondamentali:

- a) Modulo Software di Monitoraggio Intelligente INTESYS
- b) Modulo Software Diagnostico MICROexpert
- c) Sistema di Supervisione e Controllo
- d) Modulo Software Server di Comunicazioni
- e) Unità Periferiche e schede componenti
- f) Sensori di Processo (Q, OD, SSTox, SSTss)

I - Livello: Apparati Periferici Di Controllo

Il sistema è dotato di un apparato di front-end con campo in grado di gestire segnali di tipo analogico AI provenienti dalla strumentazione di processo e di tipo digitale DI provenienti da contatti on-off relativi alle apparecchiature di regolazione; è inoltre in grado di gestire i segnali DO di attuazione delle regolazioni in campo.

Nella struttura a rack dell'apparato di front-end vi alloggiavano i moduli elettronici a cui fanno capo tutti i segnali in ingresso ed in uscita dal sistema ed anche gli alimentatori necessari per il sistema.

Il sistema è in grado di condizionare segnali e misure, di effettuare la normalizzazione elettrica dai livelli elettrici richiesti dai sensori a livelli logici e viceversa, di effettuare anche l'isolamento galvanico tra campo e apparato.

I segnali e misure sono quelle finalizzate al controllo del processo, con particolare riferimento al trattamento biologico, secondo la filosofia del monitoraggio "intelligente" di INTESYS che prevede l'utilizzo di un numero minimo di misurazioni on-line.

Inoltre, sono dislocati ulteriori punti di misura AI per il collegamento alla strumentazione del trattamento terziario.

II - Livello: Sistema Esperto Di Telecontrollo

L'unità di sistema esperto situata nei locali di ricovero dell'impianto (1° e 2° piano), è costituito da due stazioni PC/Pentium: su una prima è installato il software di consultazione e di supervisione e dove sono organizzati su quadri video tutte le informazioni provenienti dalle unità di acquisizione; sull'altra sono installati i pacchetti software per la gestione delle analisi microscopiche di laboratorio.

L'operatore di sistema, sulla base delle informazioni quali-quantitative del monitoraggio "intelligente" prende conoscenza dello stato dell'impianto e del controllo operato dal sistema esperto, se necessario può agire su di esso utilizzando le apposite tastiere attraverso le quali può emettere comandi di marcia-arresto di motori, apertura-chiusura di valvole, può variare i parametri di regolazione o avviare-arrestare sequenze automatiche, semiautomatiche, ecc.

Per quanto sopra l'operatore avrà a disposizione pagine video appropriate quali:

- Rappresentazione dello stato di funzionamento delle apparecchiature di processo;
- Rappresentazione delle variabili di processo;
- Presentazione Diagnosi "Dinamica" del processo attraverso gli Indicatori Analogici (a lancetta di orologio) e relativi messaggi esplicativi su pagina video grafica-alfanumerica;
- Rappresentazione del trend delle variabili più significative sotto forma di grafici X-Y;
- Segnalazione delle azioni correttive di intervento;
- Parametri di regolazione - Invio di comandi-regolazioni;
- Rappresentazione degli allarmi con indicazione cronologica e dello stato di ciascuno di essi (riconosciuto, rientrato, ecc.).

Inoltre, il sistema effettuerà:

- Acquisizione, validazione e filtraggio dei dati;
- Segnalazione delle situazioni di emergenza in forma grafica-alfanumerica e per via telefonica attraverso dispositivi di "teledrin" o di "cercapersona";
- Archiviazione dati;
- Configurazione delle unità periferiche di raccolta dati (Moduli di Front-End).
- Report Allarmi/Consultazioni.

Dai quadri video e attraverso l'uso della tastiera, l'operatore potrà interfacciarsi con il sistema esperto per le operazioni di consultazione.

Le Fasi Operative della Consultazione del Sistema Esperto

La consultazione del Sistema Esperto prevede le seguenti fasi operative principali:

- *Acquisizione dei dati relativi alle Indagini Preliminari*

Il Sistema utilizza le informazioni relativi alle *ispezioni visive, misurazioni in campo*, ecc., che vengono eseguite giornalmente dalla maggior parte dei gestori, attraverso l'acquisizione dati da files ASCII o digitati direttamente su tastiera;

- *Monitoraggio* con relativa spiegazione diagnostica dei possibili malfunzionamenti. Il Sistema Esperto sulla base delle informazioni pervenute dal data-entry e/o da un modulo di supervisione è in grado di individuare le eventuali anomalie di funzionamento del processo depurativo fornendo un quadro diagnostico di primo livello e attribuendo automaticamente un giudizio complessivo di priorità di emergenza al relativo impianto in esame.

- *Consultazione*. A partire dalla segnalazione di priorità di emergenza sul quadro di monitoraggio, il Sistema prevede che si possa procedere alla fase di consultazione vera e propria del Sistema Esperto. Pertanto è necessario rendere congruenti tutte le informazioni disponibili in archivio

(indagini ispettive, misure in campo di parametri di funzionamento, misure di laboratorio ed eventuali analisi microscopiche sul fango attivo), le quali oltre a costituire ciascuna un contenuto informativo differenziato nella quantità e nella qualità, vengono necessariamente rilevate in maniera temporalmente differente.

- *Acquisizione dei dati relativi alle indagini di Laboratorio e alle Analisi Microscopiche sul fango.* L'acquisizione dei dati relativi alle indagini di Laboratorio e alle Analisi Microscopiche sul fango sono trasferite nel Sistema attraverso file e/o data-entry.

- *Diagnosi.* La diagnosi generata dal sistema esperto viene presentata in forma di messaggio strutturato.

- *Rimedi (Azioni Correttive).* A valle della diagnosi, il Sistema Esperto - sulla base dello stato di consistenza dell'impianto - individua le azioni correttive più appropriate a rimuovere le cause della disfunzione segnalata nella diagnosi.

- *Report.* Il Sistema Esperto è in grado di produrre un report cartaceo sia dell'intera consultazione effettuata relativamente a ciascun impianto, sia di parti di essa.

- *Trend Grafico dei Dati Storici.* Il Sistema Esperto è in grado di produrre il trend grafico delle variabili preimpostate relative ai dati storici che si vuol tenere sotto controllo.

- *Segnalazione delle situazioni di emergenza* in forma grafica-alfanumerica e per via telefonica attraverso dispositivi di "teledrin" o di "cercapersona".

Bibliografia

- [1] Bruce Gall and Gilles G.Patry (1989) -Knowledge-Based System for the Diagnosis of Activated Sludge Plant - Lewis Publishers, INC., MI 48118. Printed in U.S.A.
- [2] Barnett, G.G. Patry, I. Takacs (1993) - Activated Sludge Process Bulking and Foaming Based Expert System for Diagnosis and Control - Pergamon Press - New York, U.S.A.
- [3] D.W. Rolston (1991) - Sistemi Esperti teoria e sviluppo -McGraw-Hill Libri Italia srl
- [4] David Jenkins, Michael G. Richard, Glen T. Daigger (1994) - Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming - 2nd Edition - Lewis Publishers, INC., MI 48118. Printed in U.S.A.
- [5] S. Marsili-Libelli (1992) - Deterministic and Fuzzy Control of the Sedimentation Process - Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, 57/4b.
- [6] M.Häck, M. Köhne (1996) - Estimation of Wastewater Process Parameters Using Neural Networks - IAWQ Water Science & Technology - Vol.33 N.1 1996- pagg.101,115.
- [7] ANDIS'93 - Palermo 1993 - Congresso Biennale / Associazione di Ingegneria Sanitaria - 21-23 Settembre. Presentazione relazione su SCETTRO: "Sistema Esperto per la Gestione degli Impianti di Trattamento delle Acque di Rifiuto Urbane" - G.Mappa, A.Sciarretta, S.Moroni, M.Allegretti.
- [8] WIRN VIETRI'95 - Vietri s/m (SA) 1995 - VII Italian Workshop on Neural Nets - "A Fuzzy Neural Network for the On-Line Detection of B.O.D." - G.Mappa, G. Salvi, R.Tagliaferri - 18-20 Maggio 1995. Presentazione relazione sulla realizzazione di una rete neurale per la stima on-line del parametro indicatore di inquinamento biologico BOD, realizzato al SESPIM nell'ambito di INTESYS.
- [9] INGEGNERIA SANITARIA - Marzo 1995 - "MICROexpert: un Sistema Esperto per il Controllo dei Problemi di Separazione Solido-Liquido nei Depuratori a Fanghi Attivi, basato sulle metodiche di indagine microscopica" - G.Mappa e C.Di Iaconi- Articolo scientifico sugli aspetti metodologici della realizzazione del modulo di sistema esperto MICROexpert.
- [10] EUROPEAN WATER POLLUTION CONTROL EWPCA - Volume 6, N.6, Novembre 1996 , pagg.45-50 - "Development of an Expert System for Nitrogen Removal Process Control" - M.C. Tomei, C Di Iaconi, A.C. Di Pinto, R.Ramadori (CNR/Irsa), G.Mappa (SESPIM).
- [11] ANIPLA - APPLICAZIONE DEL SOFT COMPUTING AL CONTROLLO DI PROCESSO ED AMBIENTE - "Sistema Esperto per il Controllo dei Depuratori Biologici" - V. Bonvicini, M. Indelicato, G. Mappa - Firenze, 22 aprile 1997.
- [12] AMSE-ISIS'97 - INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT SYSTEMS - "On-line Monitoring based on Neural Fuzzy Techniques applied to existing hardware in Wastewater Treatment Plants" G.Mappa, R.Tagliaferri, D.Tortora - September 12, 1997.
- [13] AUTOMAZIONE E STRUMENTAZIONE - APPLICAZIONE DEL SOFT COMPUTING AL CONTROLLO DI PROCESSO ED AMBIENTE -"Sistema Esperto per il Controllo dei Depuratori Biologici" - V. Bonvicini, M. Indelicato, G. Mappa – BIAS Ed. – pagg.119-125, September 1997.