



LESSDRONE

Strumento innovativo per valutare e minimizzare i contributi della carbon footprint prodotta dalle vasche di ossidazione degli impianti di depurazione

Innovative wireless instrument for reducing energy consumption and GHGs emission of water resource recovery facilities



INQUADRAMENTO GENERALE

Gli impianti di depurazione delle acque reflue garantiscono il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici superficiali ma sono anche una **fonte di emissioni di gas serra** sia **dirette**, originate dai processi biologici utilizzati per la depurazione, che **indirette**, associate, principalmente ma non esclusivamente, ai consumi energetici dei vari processi di trattamento.

I **processi aerobici a fanghi attivi**, con le loro declinazioni, sono la tecnologia più utilizzata per il trattamento delle acque reflue. Il comparto dell'**aerazione** delle vasche di ossidazione è dunque quello **più energivoro** e **maggiormente responsabile** della produzione di **emissioni indirette** negli impianti.

Per quanto riguarda le **emissioni dirette**, i principali gas serra emessi dalle vasche biologiche aerate sono l'**anidride carbonica** (CO_2) prodotta dall'ossidazione delle sostanze carboniose, il **protossido di azoto** (N_2O) le cui emissioni sono dovute ai processi di nitrificazione e denitrificazione dei composti azotati e il **metano**

GENERAL FRAMEWORK

Wastewater treatment plants make it possible to achieve the quality objectives of superficial water bodies but are also a **source of greenhouse gas emissions**. These include **direct** emissions arising from the biological processes used for water treatment, and **indirect** emissions associated largely but not exclusively with the energy consumption of the various treatment processes.

Aerobic processes with activated sludge, and their variations, are the most widely used technology for the treatment of wastewater. The **aeration** compartment of oxidation tanks is the most **energy-intensive** and **is responsible for indirect emissions** of the plants.

With regard to **direct emissions**, the main greenhouse gases emitted by aerated tanks are **carbon dioxide** (CO_2) produced by oxidation of organic compounds, **nitrous oxide** (N_2O) produced by nitrification and denitrification of compounds containing nitrogen, and **methane** (CH_4). Methane develops in anaerobic sections of the plant and may also be re-



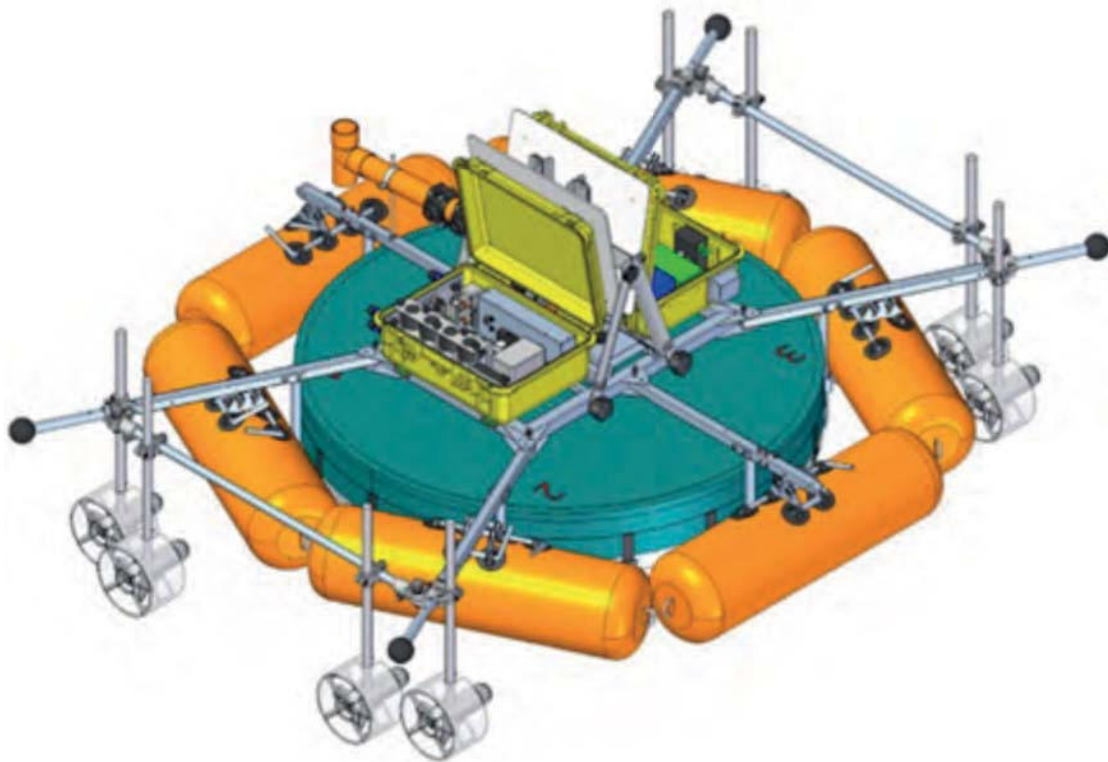


(CH_4). Quest'ultimo si sviluppa in sezioni di trattamento anaerobico, ma può essere rilasciato in atmosfera dalle vasche di ossidazione a causa dell'aerazione. L'**ottimizzazione del processo di aerazione** può ridurre in modo significativo i **costi energetici** e la **carbon footprint (CF)** degli impianti di depurazione. È fondamentale dunque per il gestore trovare strumenti affidabili per la misura delle prestazioni del sistema di aerazione in termini di efficienza di trasferimento dell'ossigeno e di emissioni complessive di gas serra.

leased to the atmosphere from oxidation tanks due to aeration.

Optimisation of the aeration process can significantly reduce **energy costs** and the **carbon footprint (CF)** of wastewater treatment plants. It is therefore fundamental that plant managers have reliable instruments to measure aeration system performance in terms of oxygen transfer efficiency and overall greenhouse gas emissions.





IL LESSDRONE

Il LESSDRONE è un **dispositivo automatizzato** che si muove sulla **superficie della vasca di ossidazione in grado di captare i gas emessi (off-gas)**; è azionato da otto motori gestiti dall'utente tramite telecomando, oppure automaticamente dal sistema qualora sia impostato un percorso di misurazione tramite GPS. Il prototipo è costituito da un telaio di supporto pieghevole in acciaio, dotato di sei cilindri galleggianti; una cappa montata al centro del telaio convoglia l'off-gas in un tubo di raccolta. Nella parte superiore del telaio sono presenti due box contenenti gli **strumenti di analisi** e i **dispositivi di controllo/posizionamento**.

L'off-gas raccolto dalla cappa dello strumento, dopo essere passato da un anemometro per valutare la **portata d'aria**, confluisce ai sensori per le misurazioni di **O₂, CO₂, CH₄ e N₂O**. È presente anche una sonda per la misura della concentrazione di **ossigeno disciolto** in vasca e della **temperatura** nella miscela aerata.

Il LESSDRONE valuta l'**efficienza di trasferimento dell'ossigeno** in condizioni standard e nell'acqua di processo (SOTE) con il "metodo off-gas", che si basa su un bilancio di massa in fase gassosa tra il contenuto di ossigeno del gas di riferimento (aria atmosferica) e l'off-gas, e misura le **concentrazioni dei gas-serra**.

Lo strumento è **in grado di determinare la variabilità sia lungo la vasca che nel tempo** delle grandezze misurate. Tramite il Lessdrone è possibile anche campionare l'off-gas per la misura di altri parametri di interesse come il flusso di composti organici volatili e le emissioni odorigene provenienti dalle vasche biologiche.

THE LESSDRONE

The LESSDRONE automated device is designed to **navigate on the surface of the oxidation tank and to capture emitted gases (off-gas)**. It is driven by eight motors under remote control or automatically if a measurement pathway is set by GPS. The prototype consists of a steel folding support frame mounted on six floats. A hood mounted on the frame conveys off-gas into a collection tube. The upper part of the frame carries two boxes for **analytical instruments and remote control/GPS systems**.

The off-gas collected by the hood is directed through an anemometer to assess the air flow rate and then to sensors that measure **O₂, CO₂, CH₄ and N₂O**. The device also carries a probe to measure **dissolved oxygen** concentrations in the tank and the **temperature** of the aerated mixture.

The LESSDRONE evaluates **oxygen transfer efficiency** under standard conditions and in process water (SOTE) by the off-gas method, based on a gaseous phase mass balance between the oxygen content of the reference gas (atmospheric air) and the off-gas; it also measures **greenhouse gas concentrations**.

The instrument can determine **variations** in the quantities of interest in **different parts of the tank** and in relation to **time**.

LESSDRONE can also sample off-gas for the measurement of other parameters of interest, such as volatile organic compound flow and odorous emissions from the treatment tanks.



IL PROTOCOLLO

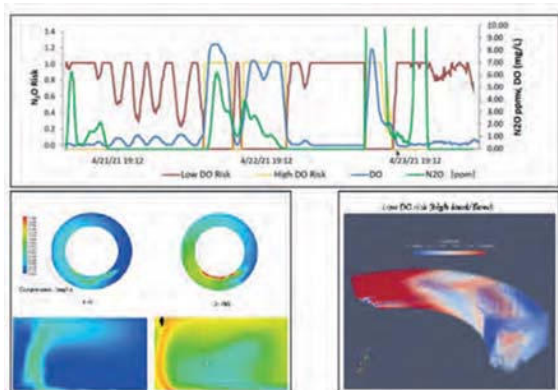
È stato inoltre messo a punto un protocollo che, utilizzando le misure raccolte dal drone, i dati di processo dell'impianto e i risultati delle applicazioni modellistiche, è in grado di dare indicazioni operative per minimizzare il consumo energetico e le emissioni dei gas serra.

Il protocollo fornisce le strategie per la mitigazione degli impatti dei gas serra rilasciati dalle vasche di ossidazione con particolare riferimento al protossido di azoto. La modellazione fluidodinamica-biocinetica delle vasche e la valutazione del rischio di produzione di N_2O permettono di ottenere preziose informazioni su quando e come specifiche condizioni operative contribuiscono all'alto rischio di emissioni di N_2O . Grazie a questa conoscenza è stato possibile definire, testare e validare scenari operativi per affrontare e mitigare le emissioni senza compromettere le prestazioni del processo di trattamento.

THE PROTOCOL

We also developed a protocol that uses the measurements made by the drone, plant process data and the results of modelling to provide **operating indications for minimising energy consumption and greenhouse gas emissions**.

The protocol indicates strategies to mitigate the impact of the greenhouse gases emitted by the oxidation tanks, especially nitrous oxide. Fluid-dynamic and bio-kinetic modelling of the tanks and assessment of the risk of producing N_2O provide precious information on when and how specific operating conditions contribute to high risk of N_2O emissions. This knowledge makes it possible to define, test and validate operating scenarios to tackle and mitigate emissions without compromising treatment performance.





RISULTATI E BENEFICI ATTESI/EXPECTED RESULTS AND BENEFITS





I RISULTATI IN SINTESI

- Il LESSDRONE restituisce **misure affidabili, ripetibili e accurate dell'efficienza di trasferimento dell'ossigeno e delle emissioni di gas serra** dai comparti di aerazione.
- Lo strumento consente la **valutazione della carbon footprint** del processo di aerazione degli impianti di depurazione.
- È in grado di fornire la **variabilità spaziale delle grandezze misurate** nelle vasche di ossidazione, mettendone in evidenza eventuali disomogeneità.
- I test stazionari di lunga durata permettono di **valutare la variabilità temporale delle grandezze misurate** e la loro dipendenza dalle diverse condizioni ambientali e operative.
- La capacità del drone di **muoversi autonomamente** all'interno delle vasche aerate con gli strumenti di misura a bordo assicura la **completa mappatura automatica delle vasche**.
- Laddove mancante, il LESSDRONE fornisce al gestore una **stima del valore di portata d'aria totale** immessa in ciascuna vasca.
- Il prototipo può essere adattato per la misura dei **composti organici volatili** e delle emissioni **odorigene** provenienti dalle vasche biologiche.
- Il LESSDRONE è uno **strumento altamente versatile e trasferibile** a una vasta gamma di tecnologie impiantistiche e differenti condizioni operative, in impianti di depurazione sia urbani che industriali.
- Opportune modifiche consentono al drone di misurare le emissioni di gas serra anche da **vasche non aerate** degli impianti di depurazione e in **contesti diversi da quello del trattamento delle acque** (es. i cumuli di rifiuto organico negli impianti di compostaggio e i letti filtranti nelle vasche di biofiltrazione dell'aria).
- Il monitoraggio dell'efficienza del trasferimento di ossigeno permette di **ottimizzare le modalità e la frequenza di pulizia e/o sostituzione dei diffusori d'aria**.
- L'applicazione del **protocollo** consente di individuare le **strategie di gestione** del comparto di aerazione per la minimizzazione della carbon footprint in diverse condizioni climatiche e di processo.
- Il LESSDRONE e il protocollo favoriscono la **sostenibilità ambientale ed economica** degli impianti di depurazione e contribuiscono alla **riduzione dell'impronta di carbonio** dei servizi idrici.

SUMMARY OF RESULTS

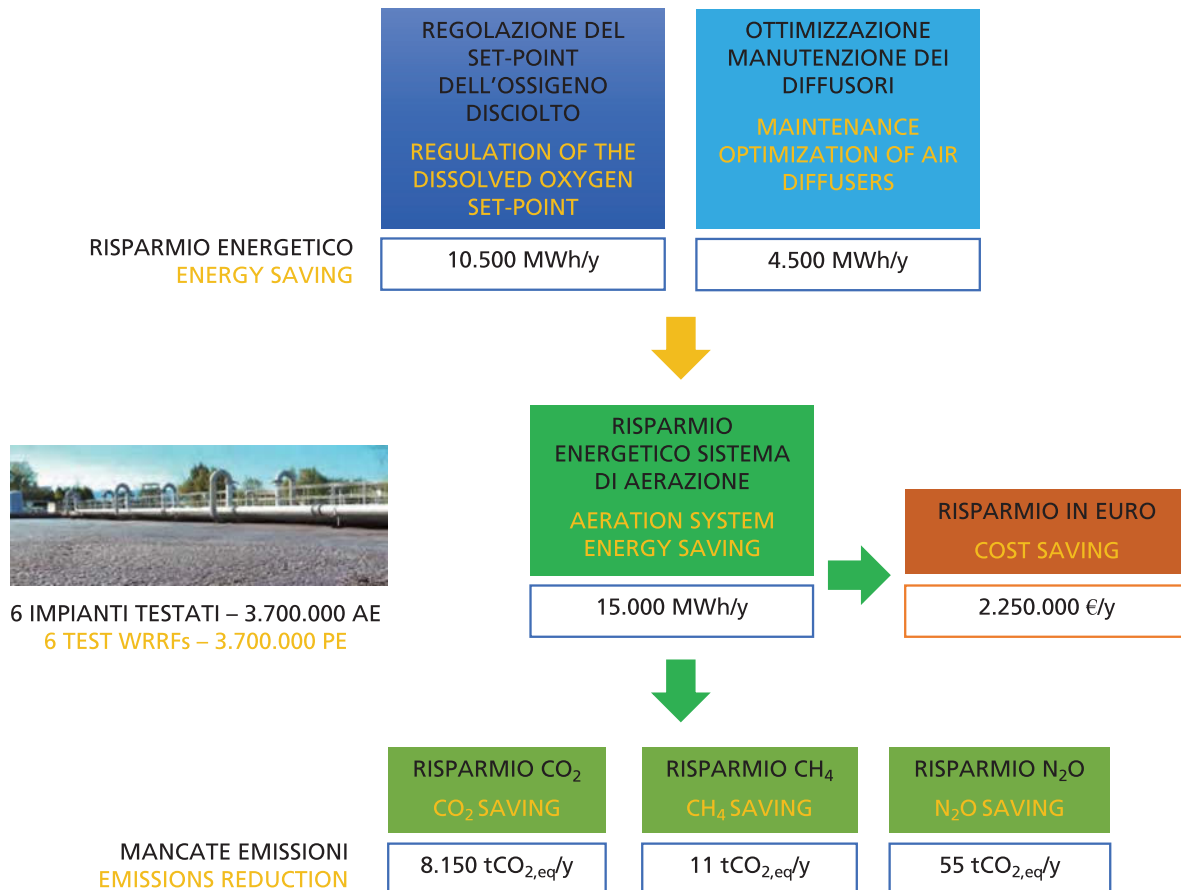
- The LESSDRONE device gives reliable, repeatable and accurate measurements of oxygen transfer efficiency and greenhouse gas emissions from aeration compartments.
- It enables evaluation of the **carbon footprint** of the aeration process in wastewater treatment plants.
- It can provide data on the **spatial variability** of various parameters in oxidation tanks, highlighting any unevenness.
- Stationary testing makes it possible to evaluate **temporal variability** of the parameters and how they vary with different environmental and operating conditions.
- The drone's **autonomy of movement** in the tanks with measuring instruments aboard ensures complete automated **mapping** of the tanks.
- LESSDRONE supplies the plant management with an estimate of total air flow into each tank.
- The prototype can be adapted to measure **volatile organic compounds and odorous emissions** from the plant.
- LESSDRONE is a highly versatile device and can be transferred to a wide range of plant technologies and operating conditions in urban and industrial water treatment plants.
- Appropriate modifications enable the drone to measure greenhouse gas emissions even in **non-aerated tanks** of wastewater treatment plants and in **contexts different from water treatment** (e.g. piles of organic matter of composting plants and filter beds of air biofiltration tanks).
- Monitoring of oxygen transfer efficiency enables **optimisation of the methods and frequency of cleaning and/or replacement of air diffusers**.
- Application of the **protocol** makes it possible to define **management strategies** for the aeration compartment in order to minimise the carbon footprint under different climatic and process conditions.
- The LESSDRONE and its protocol favour the **environmental and economic sustainability** of wastewater treatment plants and help **reduce the carbon footprint** of water services.

BENEFICI ECONOMICI E AMBIENTALI

- L'applicazione del protocollo ai sei impianti testati garantisce i seguenti risparmi economici e ambientali medi annui:

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL BENEFITS

- The application of the protocol to the six plants tested guarantees the following annual economic and environmental savings:



- Riduzione media del consumo di energia elettrica del comparto di aerazione intorno al 10%. Tale valore si traduce in un risparmio annuo di circa 0,6 € per AE trattato. Il costo dell'energia elettrica fa riferimento a dati precedenti all'attuale crisi energetica. Tale risparmio potrebbe quindi aumentare sensibilmente nei prossimi anni.

- Riduzione media delle emissioni di gas serra in atmosfera legate al risparmio energetico:
 - CO₂: 2,2 kgCO_{2,eq}/AE
 - CH₄: 0,003 kgCO_{2,eq}/AE
 - N₂O: 0,015 kgCO_{2,eq}/AE

- Average reduction in electricity consumption of the aeration compartment around 10%. This value translates into an annual saving of approximately € 0.6 per AE treated. The cost of electricity refers to data prior to the current energy crisis. This saving could therefore increase significantly in the coming years.

- Average reduction of greenhouse gas emissions into the atmosphere related to energy saving:
 - CO₂: 2,2 kgCO_{2,eq}/AE
 - CH₄: 0,003 kgCO_{2,eq}/AE
 - N₂O: 0,015 kgCO_{2,eq}/AE



WEST Systems

West Systems opera a livello globale sia nella fornitura di servizi di consulenza ambientale che nella progettazione e realizzazione di strumentazione. L'esperienza maturata permette all'azienda di operare in numerosi ambiti quali il campionamento e la caratterizzazione chimico-fisica, isotopica e radio-isotopica del particolato atmosferico e delle altre matrici ambientali, la tracciabilità dei prodotti alimentari, la radioattività ambientale, la realizzazione di strumentazione scientifica per la misura delle variazioni spaziali e secolari di parametri chimico-fisici dei suoli, delle acque e dell'atmosfera. Fornisce inoltre servizi e strumentazione per lo studio degli scambi gassosi all'interfaccia suolo-atmosfera nei vari campi applicativi, nella dosimetria e nelle automazioni di processo.

West Systems operates globally providing environmental consultancy, as well as the development and construction of instrumentation. Long experience enables the company to operate in many fields, such as sampling and chemico-physical, isotopic and radio-isotopic characterisation of atmospheric particulate and other environmental matrices, traceability of food products, environmental radioactivity, design and development of scientific instruments to measure spatial and long-period variations in chemico-physical properties of soil, water and the atmosphere. It also provides services and instrumentation for the study of gaseous exchange at the soil-atmosphere interface in fields such as dosimetry and automation of processes.

WEST SYSTEMS S.r.l. Via Donato Giannotti, 24
50124 Firenze, Italy
www.westsystems.com
sales@westsystems.com

