



SOLUZIONI E TECNOLOGIE PER LA BONIFICA DI DISCARICHE E SITI CONTAMINATI • REMEDIATION OF OLD LANDFILLS AND CONTAMINATED SITES: SOLUTIONS AND TECHNOLOGIES

Indagini chimiche, idrauliche, idrogeologiche, geotecniche, geofisiche • **Chemical, hydraulic, hydrogeological, geotechnical surveys** • Interventi di riduzione dell'impatto ambientale e dei tempi di gestione post-operativa delle discariche chiuse • **Operations to reduce the duration of environmental impact and aftercare period of closed landfills** • Bonifica di discariche e siti contaminati • **Remediation of old landfills and contaminated sites** • Ricerca scientifica e sviluppo di tecnologie innovative • **Development of innovative technologies and scientific research** • Monitoraggio e gestione degli interventi • **Monitoring and management of operations** • Valorizzazione energetica dei rifiuti • **Energetic valorization of waste**

3	la società
3	the company
4	la struttura organizzativa
4	organisational structure
5	i nostri servizi
5	our services
6	certificazioni
6	certifications
7	la nostra sede
7	our office
8	sostenibilità delle discariche
8	sustainable landfilling
11	aerazione <i>in situ</i>
11	in situ aeration
16	bonifica di discariche e siti contaminati
16	remediation of old landfills and contaminated sites
17	caratterizzazione di discariche e siti contaminati
17	characterization of landfills and contaminated sites
18	ricerca e sviluppo
18	research and development
21	referenze
21	references

la società

the company

Spinoff srl è una società promossa e partecipata dall'Università degli Studi di Padova, operante nel settore del risanamento ambientale, della bonifica di discariche e siti contaminati e della valorizzazione energetica.

Fondata nel 2002 su iniziativa del prof. Raffaello Cossu e di alcune società a capitale privato operanti nel settore, Spinoff srl è attualmente affiancata da un Comitato Scientifico accademico e da alcuni partner.

La società nasce per promuovere sul mercato l'applicazione di tecnologie sviluppate nell'ambito della ricerca universitaria. Spinoff srl, in particolare, detiene il brevetto della tecnologia *Airflow* per il risanamento e la bonifica di discariche e siti contaminati mediante aerazione *in situ*.

Grazie all'esperienza maturata negli anni, agli stretti legami mantenuti con l'ambiente scientifico di riferimento e alla presenza di un partenariato altamente qualificato, Spinoff srl è oggi in grado di fornire ai propri clienti un supporto completo e costantemente aggiornato.

La società si pone come riferimento unico per diverse categorie di clienti operanti nel settore ambientale quali:

- Amministrazioni pubbliche (Comuni, Province, Regioni), Consorzi pubblici e Società di gestione
- Professionisti incaricati
- Società private e Società concessionarie
- Società partner per lo svolgimento di lavori in raggruppamento temporaneo d'impres

Spinoff srl is a company promoted and participated by the University of Padova (IT) focusing mainly on the field of environmental reclamation, remediation of old landfills and contaminated sites, and energy valorization.

Founded in 2002 by Prof. Raffaello Cossu and several private companies operating in the field, Spinoff srl was created to encourage the market implementation of technologies developed thanks to academic research. More specifically, Spinoff srl holds the patent for the *Airflow* technology conceived for the reclamation and remediation of landfills and contaminated sites by means of *in situ* aeration.

Thanks to its extensive experience, close relationships with the relevant scientific sector and involvement of highly qualified partners, Spinoff srl is currently able to offer its clients comprehensive and updated support services in the field of environmental reclamation and energy valorization. The company offers integrated operational and management solutions, establishing itself as the leading point of reference for public and private entities active in the environmental field.

The company is a reference point for different categories of clients operating in the environmental field such as:

- Public Administrations (Municipalities, Provinces, Regions), Public Consortia and Waste Management Companies
- Designated professionals
- Private companies
- Companies for the development of projects as partners in temporary consortium

la struttura organizzativa

organisational structure

Rimediamo al passato, pensiamo al futuro, questa è la filosofia che da sempre ci accompagna.

Nel perseguire tale obiettivo, Spinoff srl pone al primo posto le esigenze dei propri clienti, fornendo un supporto completo, grazie alla professionalità e ai saperi multidisciplinari della struttura organizzativa.

Il team di lavoro si compone di professionisti qualificati con una vasta esperienza nel settore e di una fitta rete di contatti provenienti dal mondo accademico dei più prestigiosi atenei e da società partner specializzate in diversi settori quali il diritto ambientale, la sicurezza sul lavoro, formazione manageriale, consulting, etc...

Comitato scientifico

prof. Raffaello Cossu, Professore Ordinario di Ingegneria Sanitaria Ambientale presso l'Università degli Studi di Padova

prof. Rainer Stegmann, Professore emerito presso l'Università Tecnica di Amburgo (TUHH)

prof. Roberto Raga, Docente di Bonifica dei Siti Contaminati presso l'Università di Padova

prof. Maria Cristina Lavagnolo, Docente di Ingegneria Sanitaria Ambientale presso l'Università di Padova

Società partner

Laboratorio di analisi LISALAB - Università degli Studi di Padova

www.dicea.unipd.it

B&P Avvocati - Butti and Partners - Diritto ambientale, sicurezza sul lavoro e d.lgs 231/01

www.buttiandpartners.com

Kairos Spa - Consulenza di direzione e formazione manageriale

www.kairos-consulting.com

Making up for the past, taking care of the future: this is our philosophy.

In pursuing this goal, Spinoff srl gives centre stage to the needs of its clients by providing comprehensive, technologically advanced and economically sustainable support.

Our team consists of skilled professionals with extensive experience in the field, professors and researchers affiliated with the most prestigious Italian and European universities, and partner companies specialising in different areas such as environmental law, occupational safety, management training, consulting, etc ...

Scientific Committee

Prof. Raffaello Cossu, Full professor of Environmental Sanitary Engineering at the University of Padova, Italy

Prof. Rainer Stegmann, Professor Emeritus at the Technical University of Hamburg (TUHH)

Prof. Roberto Raga, Professor of Remediation of Contaminated Sites at the University of Padova, Italy

Prof. Maria Cristina Lavagnolo, Professor of Environmental Sanitary Engineering at the University of Padova, Italy

Partner Companies

LISALAB Laboratory - University of Padova, Italy

www.dicea.unipd.it

Environment - Work - Safety - Criminal - Corporate Governance

www.buttiandpartners.com

Kairos Spa - Corporate and management training consultancy

www.kairos-consulting.com

i nostri servizi

our services

Spinoff srl si occupa dello studio di problematiche ambientali, fornendo specifiche soluzioni tecnologiche, operative e gestionali integrate nei seguenti settori:

- Bonifica di discariche e siti contaminati
- Gestione e trattamento dei rifiuti
- Valorizzazione energetica dei rifiuti

In particolare, Spinoff srl svolge attività di consulenza, supporto alla progettazione, coordinamento, assistenza e realizzazione degli interventi, ponendosi all'avanguardia nell'ambito della bonifica e della messa in sicurezza di discariche grazie alla tecnologia brevettata *Airflow*.

Inoltre, una specifica competenza nel fundraising acquisita a livello regionale, nazionale e comunitario, consente a Spinoff srl di affiancare i propri clienti nella ricerca delle diverse opportunità di finanziamento.

Avvalendosi della collaborazione con l'Università di Padova e dell'esperienza nel settore di soci e partner, Spinoff srl svolge le seguenti attività:

Indagini chimiche, idrauliche, idrogeologiche, geotecniche, geofisiche • Analisi di rischio • Interventi di riduzione dell'impatto ambientale e dei tempi di gestione post-operativa delle discariche chiuse • Bonifica di discariche mediante stabilizzazione aerobica *in situ* con tecnologia *Airflow* • Bonifica con rimozione dei rifiuti e recupero dei materiali (*Landfill Mining*) • Bonifica di siti contaminati • Interventi *in service* anche con stazioni mobili • Monitoraggio e gestione degli interventi • Supporto tecnico e giuridico • Perizie tecniche

Spinoff srl focuses on the study of environmental issues, offering specific technological, operational and management solutions in the following fields:

- Remediation of landfills and contaminated sites
- Waste management and treatment
- Energy valorization of waste

More specifically, Spinoff srl provides consulting services, design support, coordination and collaboration for the remediation and environmental requalification of contaminated sites, establishing itself as a forerunner in the field of landfill remediation and safety thanks to the patented *Airflow* technology.

With a view to achieving environmental sustainability, Spinoff srl furthermore provides innovative solutions for the construction and management of plants for the treatment and energy valorization of waste and wastewater, offering its clients consulting services, collaboration and coordination in the development and sustainability analysis of new technologies in the environmental field, also by means of specific functional tests.

Spinoff srl is currently able to offer its clients comprehensive, highly qualified and economically sustainable support.

Thanks to its collaboration with the University of Padova and the experience in the field of its associates and partners, Spinoff srl carries out the following services:

Chemical, hydraulic, hydrogeological, geotechnical surveys • Risk analysis • Operations to reduce the duration of environmental impact and the aftercare period of closed landfills • Remediation of old landfills through *in situ* aerobic stabilization with *Airflow* technology • Remediation through waste removal and materials recovery (*Landfill Mining*) • Remediation of contaminated sites • In service operations with mobile units • Monitoring and management of operations • Legal and technical support • Technical reports

la nostra sede our office



La sede operativa di Spinoff srl è situata presso il centro di Ricerca dell'Università di Padova a Voltaborozzo. Il centro ospita al piano terra il Laboratorio di Ingegneria Sanitaria Ambientale (LISA) ed al piano primo gli uffici di docenti, ricercatori, dottorandi e di Spinoff srl. Il Laboratorio LISA è dotato di apparecchiature specialistiche per il controllo della qualità di acque, fanghi, rifiuti solidi e terreni contaminati e dispone di aree dedicate alla realizzazione e conduzione di impianti a scala di laboratorio e pilota per le attività di ricerca e di sperimentazione. Gli spazi esterni della struttura sono attrezzati per svolgere attività di caratterizzazione dei rifiuti e studi su processi e tecnologie tramite test pilota.

Spinoff srl head office is located in the Voltaborozzo Research Centre, a separate building of the University of Padova. The laboratory of Sanitary and Environmental Engineering (LISA) is placed on the ground floor of the Centre whereas the professors, researchers, graduate students and Spinoff srl offices are located on the first floor in an extensive openspace area. LISA Laboratory is equipped for sophisticated analysis of sludges, quality of water, solid waste and contaminated sites. Special areas are dedicated to the implementation of pilot and laboratory plants to improve research and testing activities. The outdoor areas of the Research Centre are equipped to carry out waste characterization and studies on processes and technologies through pilot tests.

sostenibilità delle discariche sustainable landfilling

Uno tra gli aspetti di maggior rilevanza connessi alla presenza delle discariche è rappresentato dalle possibili interferenze che queste possono generare con l'ambiente circostante. Molto spesso infatti, tale tipologia impiantistica è all'origine di una lunga serie di possibili impatti negativi sulle matrici ambientali.

In generale, tali impatti possono tutti essere ricondotti alla presenza di sostanza organica putrescibile nel rifiuto depositato e alla sua successiva degradazione anaerobica. I processi degradativi anaerobici, infatti, producono biogas che contiene, nella fase metanigena stabile, metano e anidride carbonica nelle percentuali in volume del 60% e del 40% circa, oltre ad una lunga serie di composti in traccia quali idrogeno solforato, ammoniaca, mercaptani. I problemi ambientali legati alla presenza di biogas, prodotto dalla degradazione anaerobica, sono molteplici, come ad esempio rischio di esplosioni, odori molesti, effetto serra.

Per quanto riguarda invece il percolato, in una discarica in condizioni anaerobiche si trova generalmente un elevato contenuto di sostanza organica e di azoto ammoniacale, prodotto dalla degradazione anaerobica della frazione organica dei rifiuti contenente azoto. Mentre le concentrazioni di BOD e COD nel percolato tendono a diminuire nel tempo, grazie alla riduzione del contenuto di sostanza organica putrescibile, l'ammoniaca è un parametro che rimane stabile anche

dopo diversi anni. È stato dimostrato che anche dopo 30 anni, il contenuto di ammoniaca nel percolato può essere ancora attorno a 1.500-2.000 mg/l. L'ammoniaca rappresenta, proprio per questa tendenza a diminuire molto lentamente, il parametro chiave per la valutazione della durata dell'impatto ambientale di una discarica.

A seguito degli aspetti fin'ora esposti, è emersa nel corso degli anni la necessità di definire alcune linee guida ed indicazioni tecnico-scientifiche per definire un modello di **discarica sostenibile**, intendendo con quest'ultimo termine un sito le cui emissioni non modifichino la qualità dell'ambiente circostante. L'obiettivo principale è quello di garantire nel corso di un determinato periodo (indicato come 30 anni ovvero il periodo di una generazione) un livello finale di qualità del deposito tale per cui, una volta rimossi i presidi di controllo di tipo attivo, non si determinino impatti negativi sulle matrici ambientali circostanti.

In generale, per ottenere tali risultati, sono applicabili molteplici strategie di gestione del rifiuto e tecnologie impiantistiche per il suo successivo smaltimento. Tuttavia, tra le soluzioni maggiormente efficaci e più facilmente applicabili, emerge sicuramente il **trattamento aerobico o semi-aerobico del rifiuto**. I processi degradativi microbiologici che si sviluppano in tali condizioni infatti, sono caratterizzati da cinetiche



chimiche fino a dieci volte più veloci rispetto alle reazioni che avvengono in ambiente anaerobico, permettendo di conseguenza di raggiungere un elevato grado di stabilità della frazione organica del rifiuto in tempi marcatamente più ristretti. In campo applicativo, la gestione aerobica o semi-aerobica dei rifiuti trova utilizzo sia come sistema di risanamento di discariche non più operative, permettendo la bonifica ed il ripristino ambientale del sito (come descritto in seguito), sia come sistema di gestione di discariche in esercizio, garantendo il raggiungimento di condizioni di stabilità in tempi più celeri ed accorciando dunque il periodo di post-gestione.

One of the most relevant aspects related to the presence of landfills is represented by the possible interferences with their surroundings. Landfills could indeed be the source of many possible negative impacts on the environmental matrices.

These impacts may be due to the putrescible organic matter contained in the waste and its anaerobic degradation. In fact during the methanogenic phase, in effect, the anaerobic degradation processes produce biogas that contains methane and carbon dioxide in the percentage of 60% and 40% by volume, in addition to many other compounds in trace such as hydrogen sulfide, ammonia, mercaptans. The biogas produced by the anaerobic degradation could generate many environmental issues such as the risk of explosions, odors, greenhouse effect.

With regards to leachate, a landfill under anaerobic conditions is characterized by a high quantity of organic matter and ammonia nitrogen, produced by the anaerobic degradation of the organic fraction of waste containing nitrogen. Thanks to the reduction of the putrescible organic matter, the concentrations of BOD and COD in the leachate decrease over time, but the amount of ammonia remains stable even after several years. The ammonia concentration in the leachate may still be around 1500-2000 mg/l even after 30 years as demonstrated. Due to this very slowly decreasing trend, ammonia is the key parameter/indicator to assess the environmental impact of a landfill over time.

As a result of all these aspects, guidelines and technical-scientific notes have been implemented over the years, in order to define the concept of **sustainable landfill**, meaning a site whose emissions do not affect the quality of the surrounding environment. The main goal is to reach within one generation (30 years) a final storage quality that does not

produce negative impacts on the surrounding environmental matrices once the active barrier systems are removed.

These results could generally be achieved by applying different waste management strategies and technical solutions for waste disposal. However, **aerobic or semi-aerobic treatment of waste** seems to be the most effective and easily applicable solution. The biological degradation processes developed in such conditions are characterized by reaction kinetics up to ten times quicker compared to anaerobic conditions, allowing to reach the waste stabilization in significantly reduced times.

Aerobic and semiaerobic waste management is both applied as a system of rehabilitation of old landfills, allowing the reclamation and environmental restoration of the site (as described below), as well as a system of management of landfills still in operation, ensuring the biological stabilization of waste in shorter times and therefore reducing the after-care period.



figura 1: discarica di Pescantina, Verona - campo prove
figure 1: Pescantina Landfill, Verona, Italy - in situ tests

aerazione *in situ* in situ aeration



La tecnologia *Airflow*, messa a punto dall'Università di Padova e brevettata da Spinoff srl, prevede l'aerazione *in situ* dei rifiuti depositati in discarica.

L'*Airflow* consente di modificare le condizioni anaerobiche presenti nel sito, garantendo l'instaurarsi di processi di degradazione di tipo aerobico all'interno del corpo rifiuti. Tali processi sono caratterizzati da cinetiche di degradazione della sostanza organica fino a dieci volte più rapide rispetto ai processi anaerobici che normalmente si instaurano in discarica, e sono quindi in grado di ridurre in modo sostanziale i tempi necessari ad ottenere una completa stabilizzazione del rifiuto e il raggiungimento della sostenibilità ambientale. Tale tipologia di intervento agisce direttamente sulla fonte delle emissioni incontrollate di gas e percolato e garantisce quindi un risanamento definitivo del sito, evitando che problemi ambientali possano comparire nel futuro, a distanza di anni dall'intervento.

Il sistema *Airflow* prevede l'insufflazione di aria a bassa pressione attraverso pozzi opportunamente realizzati all'interno del corpo rifiuti, la contemporanea aspirazione e trattamento del gas e l'eventuale emungimento del percolato presente.

Ciò consente l'instaurarsi di condizioni aerobiche all'interno della discarica, con i seguenti vantaggi:

- riduzione degli odori grazie all'ossidazione delle sostanze odorigene presenti nel biogas;
- riduzione della concentrazione di ammoniaca e abbattimento del carico inquinante nel percolato;
- accelerazione dei tempi di stabilizzazione e assestamento dei rifiuti grazie a cinetiche di reazione più veloci.

L'aerazione *in situ* con tecnologia *Airflow* trova applicazione nella messa in sicurezza e bonifica di discariche per rifiuti solidi urbani o assimilabili.

In particolare, tale tecnologia può essere applicata nei seguenti casi:

- come intervento preliminare allo scavo per il controllo delle emissioni gassose nell'ambito del processo di rimozione dei rifiuti e recupero dei materiali (*Landfill Mining*);
- come intervento di stabilizzazione a lungo termine dei rifiuti per il raggiungimento di una condizione di equilibrio tra discarica e ambiente circostante.

Al fine di determinare alcuni importanti parametri sito-specifici necessari alla progettazione dell'intervento di aerazione *in situ* con tecnologia *Airflow* devono essere condotti una serie di test preliminari (indagini sui rifiuti, test idraulici, prove di aerazione, ecc.) utilizzando campi prove (figura 1) appositamente allestiti presso i siti in esame.

The *in situ* aeration of MSW landfills has been applied worldwide in order to enhance the stabilization processes of the biodegradable organic substance in the landfill body, with promising results in terms of improvement of the quality of the current and long term emissions.

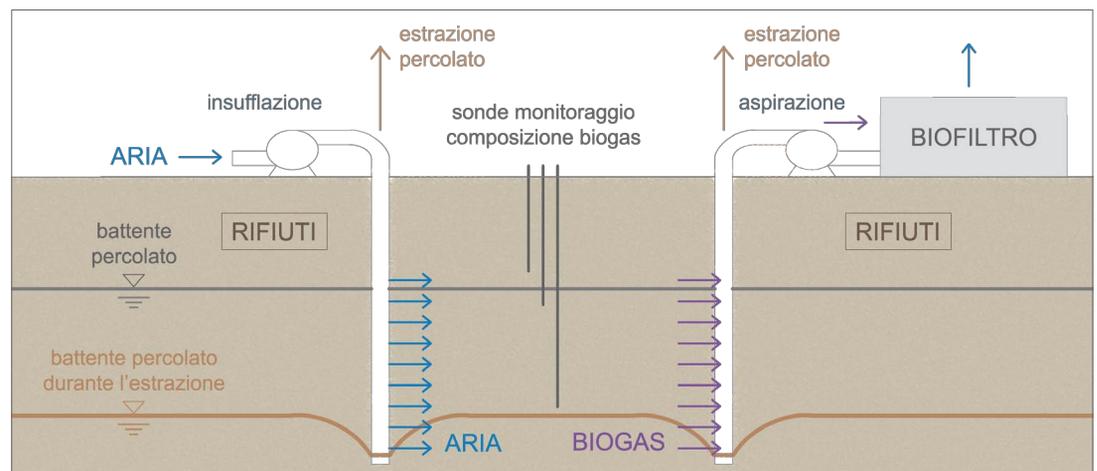
The *Airflow* technology implemented by Spinoff is a promising option for the reduction of long term environmental impacts of landfills and the remediation of old landfills by means of low pressure *in situ* aeration. The oxygen contained in the air creates adequate conditions to modify the process of conversion of the biodegradable organic compounds present in the waste from anaerobic to aerobic. Therefore, the organic substance is converted into carbon dioxide, water and oxides (nitrates, sulphates, phosphates, etc.).

The *Airflow* system calls for the insufflation of low pressure air into the waste mass, the simultaneous aspiration and treatment of gas and leachate drainage, where applicable. This process promotes the development of aerobic conditions within the landfill, with the following benefits:

- odour reduction thanks to the oxidation of odorous substances found in biogas;
- reduction of ammonia concentration in leachate;

figura 2: schema di funzionamento dell'impianto di aerazione *in situ* con sistema *Airflow*

figure 2: operation diagram of *in situ* aeration plant (*Airflow* system)



- decrease of waste stabilisation and settlement times thanks to quicker reaction kinetics.

In situ aeration by means of the *Airflow* technology is applied in securing the remediation of MSW landfills and other similar types of dumps.

More specifically, this technology can be used in the following cases:

- as a preliminary intervention for gas emission control in preparation for waste removal and materials recovery (Landfill Mining);
- as a complete landfill remediation intervention, capable of acting directly on the source of the potential environmental pollutant.

The design of a full scale *in situ* aeration plant (*Airflow* system) requires the evaluation of parameters such as the radius of influence of air injection and gas extraction wells and the pressure field in the landfill body during the aeration process. These can be determined using the results of fields tests (figure 1) and applying a mathematical model.

l'impianto

L'impianto *Airflow* è costituito da una centrale di insufflazione/aspirazione, da un sistema di depurazione del gas aspirato, da linee di insufflazione e di aspirazione, da pozzi di aerazione e di monitoraggio e da un sistema emungimento del percolato (figura 2). Gli impianti e le componenti elettriche vengono installate in configurazione antideflagrante.

L'impianto è gestito e monitorato tramite un PLC ed un *software* dedicato.

Il sistema di aspirazione del gas di processo è costituito da pozzi dislocati nell'area di intervento (figura 3), collegati tramite tubazioni in HDPE alle sottostazioni di aspirazione e da queste al turboaspiratore centrifugo, posizionato nella centrale di insufflazione/aspirazione. Il sistema di aspirazione è dotato di dispositivi di monitoraggio e controllo delle miscele esplosive.

Il sistema di insufflazione dell'aria è invece costituito da un turbosoffiatore (figura 4), da cui partono le linee principali che portano alle sottostazioni di insufflazione (figura 5). A seguito dell'insufflazione di aria nell'ammasso di rifiuti, la percentuale di metano si abbassa nel tempo e il gas estratto risulta costituito prevalentemente da una miscela di CO_2 , O_2 e N_2 .

Insieme a questi macrocomponenti possono essere presenti altri composti in tracce, e basse percentuali di metano. Per tale motivo il gas aspirato viene depurato prima dell'immissione in atmosfera attraverso l'impiego di un sistema di biofiltrazione (figura 4).

Nella zona di intervento vengono installati alcuni pozzi ispezionabili per il monitoraggio della composizione del gas e della temperatura in discarica.

Nel caso si riscontrino elevati battenti di percolato in discarica, può essere installato un sistema di emungimento costituito da pompe pneumatiche posizionate all'interno dei pozzi



figura 3: particolare della testa di pozzo
figure 3: detail of aeration well



figura 4: centrale di insufflazione/aspirazione, ex discarica di Legnago
figure 4: injection/extraction station, old Legnago landfill, Italy

di aerazione, in modo da migliorare la propagazione dell'aria nel corpo discarica e ridurre la presenza di falde sospese.

the system

An Airflow plant comprises blowers for air injection and gas extraction, aeration and monitoring wells, monitoring and control devices (flow meters and automatic pneumatic valves for flow adjustment; facilities for gas and leachate sampling and analysis as well as temperature monitoring), an automatic control station equipped with gas analyzer and a PC-PLC system, an exhaust air treatment system. The air extracted is conveyed through a biofilter system before being released into the atmosphere (figure 2).

Monitoring points between air injection and gas extraction wells enable the evaluation of leachate and gas quality as well as temperature during the operations.

The technology has been implemented in order to operate under adequate safety conditions: a patented safety system guarantees that no potentially explosive mixtures of methane and air are extracted from the landfill.

Every aeration well (figure 3) is equipped with a pneumatic pump for leachate extraction in order to keep the leachate table low inside the landfill and thus increase the volume of waste available for air diffusion.

The management phase of the plant calls for the implementation of a monitoring plan for analyses on waste, leachate

and gas; monitoring of temperature and pressure and the level of the leachate table in the landfill body.

applicazioni

L'aerazione *in situ* dei rifiuti mediante processo *Airflow* ha già trovato applicazione in diversi casi di intervento su scala reale.

Tra questi, gli interventi più importanti sono stati:

- Discarica di Modena (2003); intervento di aerazione *in situ* preliminare allo scavo per la realizzazione della trincea di attraversamento da parte della linea ferroviaria ad alta velocità Milano - Bologna;
- Discarica di Campodarsego, Padova (2005); intervento di aerazione *in situ* preliminare ad una eventuale rimozione del rifiuto tramite *Landfill Mining*;
- Discarica di Legnago, Verona (2005); stabilizzazione a lungo termine dei rifiuti;
- Discariche di Cornaredo e Marcallo, Milano (2006); intervento di aerazione *in situ* preliminare allo scavo per la realizzazione della linea ferroviaria TAV.



figura 5: sottostazioni nella ex discarica di Legnago
figure 5: substation installed on old Legnago landfill, Italy

In tutti questi casi, l'applicazione del sistema *Airflow* ha dato degli ottimi risultati, permettendo di incrementare il grado di stabilità dei rifiuti depositati e, dove previsto, garantendo condizioni di sicurezza durante le operazioni di scavo e *Landfill Mining*.

La discarica areata è un concetto studiato fin dagli anni '70 e l'aerazione *in situ* è una tecnologia applicata con successo da oltre 15 anni in moltissimi paesi del Nord America, Canada, Asia, Brasile ed Europa. Come documentato da centinaia di articoli prodotti dalla comunità scientifica su questo argomento, per la stabilizzazione biologica di vecchie discariche ci sono oltre quaranta interventi realizzati in Austria, Germania, Svizzera, Olanda, Stati Uniti, Canada e Asia (in Giappone si progettano discariche semi areate dal 1975) e almeno altri venti casi di utilizzo dell'aerazione *in situ* come intervento preliminare al *Landfill Mining*.

L'aerazione *in situ* dei rifiuti è indicata come possibile trattamento dei rifiuti conferiti in discarica all'interno della Normativa tedesca in materia (Ordinance Simplifying Landfill Law of 27 April 2009). La tecnologia dell'aerazione *in situ* è studiata e sviluppata da oltre 10 anni in Germania e sono molteplici i casi di applicazione. Sono qui riassunti alcuni esempi di interventi di aerazione *in situ* conclusi:

- ex discarica di Kuhstedt, Rotenburg, Sassonia
- ex discarica di Amberg-Neumühle, Baviera
- ex discarica di Milmersdorf, Brandeburgo

Attualmente, in Germania, sono in corso interventi di stabilizzazione dei rifiuti con aerazione *in situ* a bassa pressione nelle discariche di Dörentrup (figura 6) e Halberbracht in Vestfalia, di Süplingen in Sassonia e di Schwalbach-Griesborn in Saarland.



figura 6: ex discarica di Dörentrup, Germania
figure 6: old Dörentrup landfill, Germany

La ricerca scientifica sull'argomento e lo sviluppo della tecnologia sono in continua evoluzione e aggiornamento. Uno dei gruppi di Ricerca e Sviluppo dell'IWWG (International Waste Working Group) è dedicato proprio all'aerazione *in situ* (*Task Group on Landfill Aeration*) ed ha l'obiettivo di promuovere la discussione sui principali aspetti della tecnologia e di trasmettere le conoscenze sulle applicazioni pratiche in scala reale.

applications

In Italy, full-scale applications of *in situ* landfill aeration by means of Airflow technology has been successfully implemented in Municipal Solid Waste (MSW) landfills:

- old Modena landfill (2003); *In situ* aeration stabilisation (Airflow system) before the start of the excavation works for the new high velocity railway line between Milan and Bologna;
- old Campodarsego landfill, Padova(2005); *In situ* aeration stabilisation (Airflow system) before the start of waste removal and materials recovery operations (Landfill mining);
- old Legnago Landfill, Verona (2005); long-term stabilisation of waste;
- old Cornaredo e Marcallo Landfills, Milano (2006); *In situ* aeration stabilisation (Airflow system) before the start of the excavation works for the new high velocity railway line.

In the last few years several experiences of lab, pilot and full scale applications of low pressure aeration have been carried out worldwide. The technology has been successfully applied to landfills in Europe, North America and Asia, following different strategies depending on the geographical region, the specific legislation and the available financial resources. In Germany, low pressure aeration has been investigated and developed for 10 years now and was implemented in three landfills and old disposal sites:

- Old Kuhstedt landfill, Lower Saxony
- Old Amberg-Neumühle landfill, Bavaria
- Old Milmersdorf landfill, Brandenburg

Application of this technology at additional conventional (anaerobic) landfills in North Rhine-Westphalia (Doerentrup landfill and Halberbracht landfill), Lower Saxony (Suepplingen landfill) and Saarland (Schwalbach-Griesborn) is currently underway to accelerate the biostabilization of the organic

fraction of the wastes at these sites.

The scientific research and the development of *in situ* aeration technology are constantly evolving and updating. For this reason the International Waste Working Group (IWWG) has set up a task group on the topic of landfill aeration to bring together international perspectives and expertise in the area in order to better define the technology and to disseminate experiences to the public. Currently the group is focussing on the compilation of an overview on the status of landfill aeration worldwide, definitions of landfill aeration methods, stabilization and quality criteria for landfill aeration as well as the set-up of a database that documents landfill aeration projects and experiences.

bonifica di discariche e siti contaminati

remediation of old landfills and contaminated sites

Grazie agli stretti legami con l'ambiente scientifico internazionale e con le società partner, Spinoff srl è in grado di offrire un supporto tecnico all'avanguardia nella bonifica di discariche e siti contaminati, proponendo e valutando la fattibilità di interventi *in situ* ed *ex situ* quali:

- Bonifica con rimozione dei rifiuti e recupero dei materiali (*Landfill Mining*) (figura 7)
- Desorbimento termico
- *Air Sparging* e *Bioventing* (figura 8)
- *Soil Vapour Extraction*
- Stabilizzazione *in situ*
- Inertizzazione

Spinoff srl offre inoltre supporto nel corso dell'iter tecnico-amministrativo del procedimento di bonifica realizzando:

- Piani di indagine e formulazione del modello concettuale
- Caratterizzazione del sito
- Analisi di rischio
- Coordinamento e D.L. degli interventi di bonifica

Thanks to its close connections with the international scientific community and its partner companies, Spinoff srl provides innovative solutions and technologies for the remediation of old landfills and contaminated sites, both by means of *in situ* and *ex situ* treatments, such as:

- Remediation through waste removal and material recovery (*Landfill mining*) (figure 7)
- Thermal desorption
- *Air Sparging* and *Bioventing* (figure 8)
- *Soil Vapour Extraction*
- *In situ* stabilization
- Inerting

Spinoff srl also offers technical assistance during the remediation procedure providing:

- Plans of investigation and formulation of the conceptual model
- Site Characterization
- Risk Analysis
- Coordination and Work Supervision during the remediation activities



figura 8: intervento di *bioventing*
figure 8: bioventing intervention



figura 7: intervento di bonifica con rimozione dei rifiuti e recupero dei materiali (*Landfill Mining*)
figure 7: remediation through waste removal and material recovery (*Landfill Mining*)

caratterizzazione di discariche e siti contaminati

characterization of landfills and contaminated sites

Spinoff srl si occupa della pianificazione, del coordinamento e dell'esecuzione di indagini specialistiche necessarie alla caratterizzazione delle discariche e dei siti contaminati, di indagini storico-conoscitive e di consulenze tecnico-scientifiche.

La società è in grado di eseguire:

- Campionamento di terreni, acque sotterranee e gas tramite sonda *Geoprobe* (figura 9)
- Test in campo
- Indagini di caratterizzazione dei rifiuti e del percolato (analisi di laboratorio e test pilota)

Apparecchiature in dotazione

- Strumentazione analitiche (ICP, AAS, GC, GC/MS, TOC)
- Respirometri (Sapromat mod. E, Reattori dinamici)
- Reattori in colonna, apparecchiature di miscelazione ed estrazione (Jar Test, Centrifughe, Trituratori), impianti sperimentali in batch e in continuo per indagini e test da eseguire a scala di laboratorio e/o pilota
- Strumentazione ed impianti per indagini e test in campo (camera statica per raccolta biogas, freatimetri, pompe, soffianti, stazione mobile per le prove di aerazione in situ di vecchie discariche)
- Sonda *Geoprobe* montata su veicolo fuori strada



figura 9: sonda *Geoprobe* montata su veicolo fuori strada
figure 9: *Geoprobe* equipment

Spinoff srl provides a large number of services concerning the characterization of landfills and contaminated sites, such as planning, coordination, investigation, risk analysis and scientific consulting.

The company carries out:

- Investigations with *Geoprobe* equipment (figure 9)
- *In situ* tests
- Investigations for waste and leachate characterization (laboratory analysis and pilot tests)



figura 10: pozzo ispezionabile per il monitoraggio dei gas
figure 10: monitoring well for pressure and gas composition analysis

ricerca e sviluppo research and development

Grazie al costante collegamento con il mondo della ricerca scientifica dell'Università degli Studi di Padova, Spinoff srl propone soluzioni all'avanguardia sviluppate nell'ambito delle seguenti linee di ricerca:

- Trattamento integrato di rifiuti e reflui domestici con valorizzazione energetica: il sistema AQUANOVA
- Fitodepurazione del percolato con colture energetiche oleaginose (energy crops)
- Sostenibilità ambientale delle discariche

Thanks to its collaboration with the University of Padova and the close connection with the scientific research world, Spinoff srl offers innovative solutions developed in the following research lines:

- Integrated waste treatment and energetic valorization of waste: the AQUANOVA system
- Phytoremediation of landfill leachate with energy crops
- Environmental sustainability of landfills

il sistema AQUANOVA

Il sistema AQUANOVA è stato studiato e messo a punto dal gruppo di Ingegneria Ambientale del Dipartimento ICEA dell'Università di Padova e nasce dalla crescente necessità di una gestione delle risorse idriche che permetta di ottenere un risparmio dell'acqua tramite il suo riutilizzo ed il contenimento dei consumi energetici nelle fasi di approvvigionamento e di trattamento finale.

Il sistema AQUANOVA si basa su un metodo di trattamento decentralizzato e flessibile, in cui ogni singolo approvvigionamento in termini di risorse (acqua, sostanza organica ed energia) e il suo successivo smaltimento, una volta esaurita la sua funzione (refluo fognario, rifiuti solidi) viene considerato all'interno di una gestione sostenibile e quindi il più possibile autosufficiente.

Il sistema AQUANOVA prevede la separazione all'origine dei reflui civili in tre distinti flussi (acque brune, acque gialle e acque grigie) mediante l'utilizzo di speciali toilette. Inoltre è prevista l'introduzione di un quarto refluvo ottenuto dalla separazione alla fonte della frazione organica dei rifiuti solidi. I quattro flussi sono trattati in un sistema di depurazione con il quale è possibile realizzare il risparmio idrico, il recupero energetico ed il riutilizzo della risorsa acqua (figura 11).

Le acque brune e la frazione organica dei rifiuti sono trattate

in un digestore anaerobico al fine di produrre biogas direttamente utilizzabile in loco per produrre energia. Le acque gialle e le acque grigie sono invece trattate in un sistema di fitodepurazione: l'utilizzo di tale impianto permette l'abbattimento dei nutrienti presenti nelle acque grigie e nelle acque gialle con l'impiego di una tecnologia a bassa richiesta energetica e limitato impatto ambientale; l'utilizzo inoltre di piante ornamentali per la vegetazione dell'impianto di fitodepurazione determina nel complesso un arricchimento ed un abbellimento del contesto paesaggistico in cui il sistema si inserisce.

Alcune possibili applicazioni del sistema AQUANOVA sono:

- Centri residenziali non collegati alla fognatura;
- Nuove lottizzazioni residenziali e/o commerciali;
- Abitazioni isolate di difficile approvvigionamento idrico ed energetico (es. rifugi alpini, abitazioni rurali isolate)
- Quartieri universitari;
- Paesi in via di sviluppo privi di acquedotti e fognature;
- Isole, realtà costiere e situazioni con flusso turistico rilevante, campeggi;
- Zone industriali disconnesse da centri urbani.

the AQUANOVA system

The AQUANOVA system was tested and validated by the Environmental Engineering group of the ICEA Department of the University of Padova, having been conceived in view of

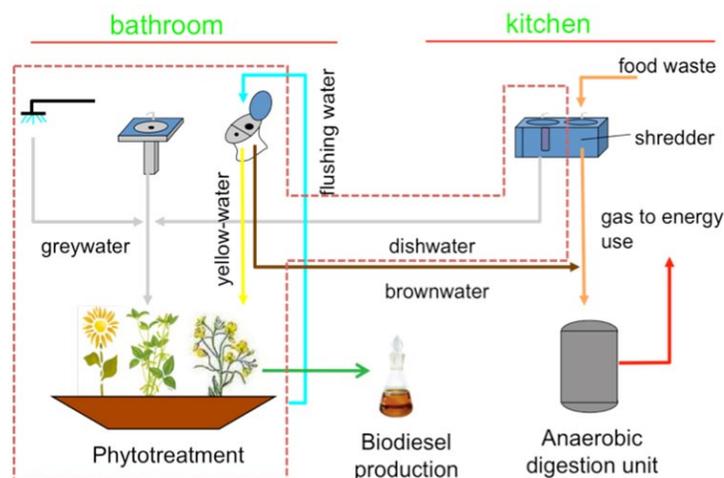


figura 11: schema concettuale del sistema AQUANOVA
figure 11: conceptual scheme of the AQUANOVA system

the increasing need for a water resources management system capable of guaranteeing water saving through its reuse and a reduction of energy consumption during the supply and final treatment phases.

The AQUANOVA system is based on a decentralized and flexible treatment method according to which each single supply of resources (water, organic substance and energy) and their subsequent disposal on completion of operations (sewage sludge, solid waste) is taken into account with the aim of achieving sustainable and self-sufficient resource management.

The AQUANOVA system provides for the source separation of municipal sewage into three separate streams (brown, yellow and grey water) through the use of special toilets. A fourth stream obtained from the source separation of the organic fraction of solid waste is also introduced. The four streams are treated in a purification system that guarantees water saving, energy recovery and water reuse (figure 11).

Brown waters and the organic fraction of waste are treated by means of anaerobic digestion with the aim of producing biogas to be used on site for the production of energy. Yellow and grey waters on the other hand are treated in a phyto-purification system, which allows the abatement of nutrients found in yellow and grey waters by means of a low-energy, limited environmental impact technology; moreover the use of ornamental plants for the vegetation of the phyto-purification plant overall determines an enrichment and embellishment of the landscape where the system is introduced.

Possible applications of the AQUANOVA system include:

- Residential areas that are not connected to the sewage network;
- New residential and/or commercial allotments;
- Isolated residential buildings with limited access to water and energy supplies (ie. mountain huts, isolated country houses);
- University complexes;
- Developing countries with no water and sewage network;
- Islands, coastal areas and highly touristic environments, camping sites;
- New residential and/or commercial allotments;
- Industrial areas disconnected from urban centres.

fitodepurazione del percolato con energy crops

I sistemi di trattamento delle acque decentralizzate sono pro-

gettati per lavorare su piccola scala; essi non solo riducono l'impatto sull'ambiente e sulla salute pubblica, ma massimizzano anche il riuso dell'acqua di rifiuto per diversi scopi che dipendono dal tipo di comunità fruitrice del servizio, da opzioni progettuali o dalle località in cui vengono costruiti. Questo riutilizzo delle acque reflue, se utilizzato in modo efficace, favorisce il ritorno delle acque trattate all'interno del bacino di origine.

La tecnica della fitodepurazione consiste nell'abbassare le concentrazioni di inquinanti in suoli, acqua o aria contaminati con piante in grado di assorbire, degradare o eliminare i contaminanti stessi. E' una tecnica caratterizzata da trattamenti di tipo biologico, nei quali le piante, che crescono su un suolo saturo d'acqua, sviluppano un ruolo chiave per l'azione diretta dei batteri che colonizzano il sistema radicale.

Questo tipo di trattamento *in situ*, è caratterizzato da un processo lento che dipende dall'abilità delle piante di crescere in un ambiente stressato e non ideale per la loro crescita.

Il nostro lavoro di ricerca è volto testare, con l'ausilio del Sistema AQUANOVA, la tecnica della fitodepurazione, utilizzando piante oleaginose (note come energy crops) da irrigare con diversi reflui (figure 12 e 13) e fatte crescere in serra per poter controllare temperatura ed esposizione luminosa.

Sui semi ottenuti dalle varie essenze vengono effettuate analisi per testarne l'utilizzo come materia prima per la produzione di biodiesel.

Il biodiesel può essere prodotto da una varietà di materie



figura 12: girasoli irrigati con percolato
figure 12: irrigation of sunflowers with landfill leachate



figura 13: girasoli irrigati con percolato
picture 13: irrigation of sunflowers with landfill leachate

prime come la colza, la soia (in USA), l'olio di palma (in Malaysia), il girasole e la colza (in Europa).

phytoremediation of landfill leachate with energy crops

Decentralized wastewater treatment systems are designed to operate at small scale; they not only reduce the effects on the environment and public health but also increase the ultimate reuse of wastewater depending on the community type, technical options and local settings. Used effectively, it promotes the return of treated wastewater within the watershed of origin.

Phytoremediation is characterised by biological type treatments, in which the plants growing in water-saturated soil develop a key role for direct action of the bacteria that colonize the root system and rootstock.

Practically, it consists of mitigating pollutant concentrations in contaminated soils, water or air with plants able to contain, degrade or eliminate contaminants. It has the advantage to be an in situ technology, but on the other hand it is a relatively slow process as it is dependent on a plant's ability to grow in a stressed environment that is not ideal for the normal plant growth.

Our research tests different wastewater streams, by the use of the decentralized AQUANOVA systems for the domestic wastewaters and landfill leachate.

The wastewaters are treated through phytoremediation facilities, that use oleaginous plants -known as energy crops- as species for the phytotreatment (figure 12 and 13).

Subsequently the cultivated seeds are considered as suitable biomass for the production of biodiesel in a short time. Biodiesel can be produced from a variety of feedstock such as canola, soybean (in USA), palm oil (in Malaysia), sunflower and rapeseed (in Europe).

referenze

references

PROGETTO GESTIONE BACINO BARI 5 srl - Indagine Preliminare

Redazione del Piano di indagini e coordinamento delle attività svolte nell'ambito di un'Indagine Preliminare ex. art. 242 comma 2 D.Lgs 152/2006 per la valutazione della situazione ambientale nelle aree limitrofe la discarica di Conversano (BA).

ECOSAVONA srl - Prove di evaporazione

Prove di evaporazione ed analisi di laboratorio su campioni di reflui salini da processi di trattamento ai fini dell'ottenimento dei parametri necessari alla progettazione di un impianto a scala reale.

UNIVERSITA' DI PADOVA - Indagini specialistiche

Esecuzione di indagini specialistiche presso la discarica di Ciliverghe, Mazzano (BS) finalizzate alla determinazione dei parametri sito-specifici necessari all'applicazione del sistema *Airflow*.



ex discarica di Ciliverghe (BS)

DANECO IMPIANTI srl - Assistenza alla progettazione intervento di bonifica

Assistenza alla progettazione nell'ambito del progetto di Bonifica e messa in sicurezza della discarica di Ca' Filissine (VR) tramite aerazione *in situ* con sistema *Airflow*.

COMUNE DI MONTICHIARI (BS) - Indagini per la caratterizzazione di siti contaminati

Esecuzione di indagini finalizzate alla caratterizzazione di alcuni siti contaminati ubicati nel territorio comunale di Montichiari (BS).

PANTA REI WATER SOLUTIONS srl - Prove di biometanazione

Prove di biometanazione su campioni di liquido da spremitura di matrici vegetali finalizzate alla stima del potenziale di produzione di biogas.

COMUNE DI SAN BONIFACIO (VR) - Indagine storico conoscitiva

Esecuzione di uno studio finalizzato alla ricostruzione storica del quadro autorizzativo, progettuale ed ambientale relativo ad alcune aree degradate ubicate nel territorio comunale di San Bonifacio (VR) in località Ca' Lioncello.

COMUNE DI MAZZANO (BS) - Consulenza tecnica

Consulenza tecnica per la valutazione delle criticità ambientali connesse alla realizzazione di un impianto di trattamento rifiuti a Mazzano (BS).

DANECO IMPIANTI srl - Test preliminari *in situ*

Esecuzione di una campagna di indagini preliminari *in situ* necessarie alla caratterizzazione della discarica Ca' Filissine di Pescantina (VR) e valutazione dell'applicabilità del sistema *Airflow* per la bonifica della discarica.



discarica di Ca' Filissine di Pescantina (VR) - campo prove

COMUNE DI SAN BONIFACIO (VR) - Consulenza Tecnico-Specialistica

Esecuzione di uno studio finalizzato alla valutazione di un impianto di compostaggio in termini di tecnologie applicate, efficienza del processo e idoneità dei presidi ambientali.

CATANZARO COSTRUZIONI srl - Assistenza alla progettazione

Assistenza tecnico-scientifica e supporto alla progettazione dei nuovi settori della discarica per Rifiuti Solidi Urbani di Siculiana (AG).

GEONOVA spa - Consulenza tecnica

Collaborazione e supporto alla redazione di un parere *pro veritate* relativo alla discarica di Sommacampagna (VR).

CADA snc - Assistenza alla progettazione

Assistenza tecnico-scientifica e supporto alla progettazione dei nuovi settori V3 e V4 della discarica per Rifiuti Solidi Urbani di Sciacca (AG).

SOGAP snc - Consulenza Tecnica

Consulenza tecnica per la risoluzione delle problematiche impiantistiche della discarica d'impresoria della Maza, sita nel Comune di Arco (TN).

ACQUE DEL CHIAMPO spa - Adeguamento tecnico-gestionale discarica fanghi conciar

Consulenza per la predisposizione del progetto di adeguamento tecnologico-gestionale della discarica per rifiuti organici pretrattati sita nel Comune di Arzignano (VI).

VALECO spa - Test *in situ*

Esecuzione di test di aerazione *in situ* ai finalizzati alla determinazione dei parametri di processo necessari alla progettazione di un intervento di aerazione con tecnologia *Airflow* presso la discarica di Brissogne (AO).

ACQUE DEL CHIAMPO spa - Analisi di Rischio

Redazione dell'analisi di rischio ambientale per il rilascio delle autorizzazioni delle sottocategorie di discariche per rifiuti non pericolosi nel Comune di Arzignano (VI).

ASWS INTERNATIONAL srl - Impianto di trattamento del biogas

Potenziamento dell'impianto di trattamento biogas e alimentazione recupero energetico presso il "Polo Ecologico Integrato" di Pinerolo (TO).

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA - Indagini presso la discarica di Scala Erre (SS)

Esecuzione di analisi merceologiche e granulometriche presso la discarica per Rifiuti Solidi Urbani di Scala Erre (SS).

FERROLI spa - Prove di pompaggio

Esecuzione di prove di pompaggio presso la discarica per terre e scorie di fonderia ubicata in località Ca' Lioncello nel Comune di San Bonifacio (VR).

ROSSATO SRL - Intervento di aerazione *in situ* presso la discarica di Campodarsego (PD)

Realizzazione di un intervento di aerazione *in situ* con sistema *Airflow* presso la discarica di Campodarsego (PD).



ex discarica di Campodarsego (PD)

COMUNE DI NOALE (VE) - Consulenza Tecnica

Indagini per la caratterizzazione ambientale della discarica in località Ca' Barbiero a Noale (VE).

SNAMPROGETTI spa - Consulenza Tecnica

Indagini ed analisi per lo sviluppo del progetto di messa in sicurezza permanente dell'area di discarica ubicata in località Minciareda di Porto Torres (SS).

MAIRE ENGINEERING spa - Intervento di aerazione *in situ* presso le Discariche Cornaredo e Marcallo (MI)

Fornitura e messa in opera di impianti di aerazione *in situ* con sistema *Airflow* presso le discariche di Cornaredo e Marcallo

(MI) nell'ambito della realizzazione della linea ferroviaria ad alta velocità Milano-Torino.



ex discariche di Cornaredo e Marcallo (MI)

COSIVE srl - Fornitura impianti

Fornitura ed installazione di un sistema di emungimento per acque di falda nel sito di Ballò di Mirano (VE)

COMUNE DI MODENA - Intervento di aerazione *in situ* presso la Discarica di Modena

Gestione tecnica dell'impianto di aerazione *in situ* con sistema *Airflow* nell'ambito della realizzazione della linea ad alta velocità Milano-Bologna.

AMIA Spa - Consulenza Discarica di Bellolampo (PA)

Redazione dei piani di gestione post-operativa e di sorveglianza e controllo allegati al progetto definitivo della discarica per rifiuti non pericolosi di Bellolampo (PA).

ROSSATO srl - Impianto trattamento percolato (Ecuador)

Redazione del progetto dell'impianto di trattamento del percolato per la discarica di Guayalquil in Ecuador.

ING. STERZI - Intervento di aerazione *in situ* presso la Discarica di Legnago (VR)

Supervisione tecnica, controllo e conduzione impianto di aerazione *in situ* con sistema *Airflow* per il risanamento della discarica di Torretta - Legnago (VR).