

## DRONI PER MONITORAGGIO DISCARICHE E TERRITORI A RISCHIO

Nel corso degli anni il tema della gestione, nonché dello smaltimento dei rifiuti ha assunto una rilevanza sempre maggiore sia a livello internazionale, sia a livello nazionale e locale, in conseguenza dell'attuale sistema economico e sociale fondato sulla continua crescita della produzione e del consumo di beni e servizi. Il predetto sistema si basa, quasi esclusivamente, sul consumo di risorse naturali (materie prime, energia, suolo), aumentato enormemente in virtù degli sviluppi tecnologici che hanno favorito la diversificazione dei processi produttivi e la moltiplicazione delle tipologie di prodotti, rendendo sempre più mutevoli i modelli di consumo e di produzione.

E' possibile, generalmente, definire come "rifiuto" l'insieme dei residui della produzione e del consumo che si presentano in forma solida e liquida (se raccolti in un contenitore rigido) nonché i fanghi. I rifiuti, da un punto di vista normativo, vengono distinti in *rifiuti solidi urbani* – prodotti dalle famiglie, dalle attività commerciali e dagli ospedali, dalle carceri, dalle caserme, dalle scuole – ed in *rifiuti speciali* quelli derivanti dalle attività produttive; questi ultimi sono distinti in *rifiuti pericolosi* e *rifiuti non pericolosi*. Non rientrano nella predetta normativa i rifiuti nucleari, i quali sono regolamentati da altra normativa. [8]

Da diversi anni, la prevenzione è divenuta un obiettivo fondamentale delle politiche comunitarie e nazionali. La produzione di rifiuti è un indicatore che misura l'impoverimento delle risorse naturali: infatti, sussiste una stretta correlazione tra la quantità di rifiuti prodotti, la perdita di risorse naturali e l'inquinamento. Un continuo aumento della quantità di rifiuti indica un'eccessiva pressione dello sviluppo economico nei confronti delle risorse della terra, sia di quelle non rinnovabili (il cui stock è fissato) sia di quelle rinnovabili (che hanno una capacità di rigenerazione costante, ma limitata da fattori di carattere fisico, geografico e biologico). Oltre alla quantità di rifiuti prodotti, è da considerare, anche, la qualità degli stessi. Difatti, i rifiuti pericolosi, anche in piccole quantità, generano impatti pesanti sugli ecosistemi naturali e sull'ambiente in generale, e, conseguentemente, sulla salute e sulla qualità della vita delle persone e delle comunità delle presenti nonché delle future generazioni.

L'aumento della quantità e della pericolosità dei rifiuti prodotti nelle Società industriali ha comportato, negli ultimi 30-40 anni, l'avvio di un importante, e spesso illegale, traffico transnazionale di immondizie dei Paesi industrializzati verso i Sud del mondo. Negli ultimi anni, quale conseguenza degli impegnativi obiettivi prefissati dalla normativa comunitaria relativamente alla percentuale di raccolta differenziata e di recupero dei materiali, si è registrato un significativo aumento del commercio di rifiuti quali carta, imballaggi e metalli, sia all'interno dell'Unione europea (UE) che all'esterno. [2][4]

È nel suddetto scenario che le modalità di raccolta, stoccaggio e smaltimento dei rifiuti acquistano una sempre maggiore importanza, così come il continuo ed il costante controllo degli aspetti legati all'inquinamento dovuto alle discariche.

La normativa italiana definisce il **piano di sorveglianza e di controllo tramite il rispetto di specifici parametri chimici, chimico-fisici, idrogeologici, meteo-climatici e topografici**, da determinare con cadenza periodica e con una stabilita frequenza delle misurazioni.

L'UE, con la predetta direttiva, stabilisce che nelle discariche debbano essere stoccati esclusivamente residui a basso contenuto di carbonio organico o materiali non riciclabili o non compostabili. Infatti, i residui di molti rifiuti rimangono attivi per oltre 30 anni e, per i naturali processi di decomposizione, producono biogas e liquami che contaminano terreno e falde acquifere, rendendo necessario un preventivo trattamento. Pertanto, le discariche devono possedere, in riferimento alla normativa in materia, caratteristiche strutturali tali da contenere eventuali emissioni nocive, ovvero possedere una struttura a barriera geologica tale da isolare i rifiuti dal terreno, consentire il rispetto degli standard igienici e della biosfera e consentire il riutilizzo dei biogas prodotti con combustibile per la generazione di energia.

Inoltre, le discariche richiedono un monitoraggio costante, in tutte le fasi della loro vita, nel rispetto del suddetto piano di sorveglianza e controllo, il quale prevede una serie di parametri da misurare attraverso sistemi di prelievo ed analisi prestabiliti. Il monitoraggio deve essere effettuato sulle acque sotterranee, sulle acque

meteoriche che attraversano la discarica, sul percolato prodotto dai rifiuti in fase di deterioramento, sull'emissione di gas dalla discarica e sulla qualità dell'aria presente nelle vicinanze della discarica, sui parametri meteo-climatici della zona in cui ha sede la discarica medesima e sulla morfologia della discarica stessa. [4][5][7][9]

Lo svolgimento delle suddette importanti attività di monitoraggio delle discariche può essere effettuato dagli Aeromobili a Pilotaggio Remoto (droni) in modo efficiente ed efficace.

### **Aeromobili a Pilotaggio Remoto (droni)**

Un Aeromobile a Pilotaggio Remoto (APR), comunemente denominato drone, è un velivolo caratterizzato dall'assenza del pilota umano a bordo. Il suo volo è controllato da un computer di bordo, sotto il monitoraggio remoto di un navigatore o di un pilota, sul terreno o a bordo di un altro veicolo [10][11].

L'utilizzo dei droni è ormai consolidato in campo militare ed è in fase di espansione per utilizzi in campo civile. Gli ambiti di applicazione sono molteplici ed interessano il controllo, il rilevamento, la mappatura e lo svolgimento di attività pericolose per l'uomo [1][6][10][11].

I risultati dei processi d'innovazione tecnologica, sviluppati negli ultimi anni, consentono, ad oggi, il monitoraggio della qualità dell'aria grazie all'equipaggiamento di un APR con attrezzatura sensoristica nello spettro del visibile e dell'infrarosso, fino ad arrivare a sensori più evoluti come i sensori Lidar[3].

### **Droni per uso civile**

Il drone, definito anche multirottore, può essere equipaggiato con 3, 4, 6 o 8 motori; la capacità di carico del drone **medesimo** è direttamente proporzionale al numero dei suoi motori. Con un piccolo quadricottero (drone equipaggiato con 4 motori) munito di un'elettronica di bordo affidabile, è possibile portare in volo una piccola videocamera su un supporto di stabilizzazione video, per effettuare riprese video. Se si vuole aumentare la capacità di carico in volo, è necessario prendere in considerazione esacotteri (6 motori) od ottocotteri (otto motori). [1][6][10][11]

La scelta di una buona elettronica di bordo è determinante alla funzionalità, all'affidabilità ed alla durata di un drone. Una centralina di bordo è un sistema di autopilota munito di diversa componentistica (antenne GPS, giroscopi, accelerometri, barometri, ecc.) che consente un controllo totale del *multirottore*, anche con funzionalità avanzate. Un drone, infatti, può essere pilotato da remoto mediante un computer e/o direttamente da radiocomando, con funzioni di autostabilizzazione in volo. Può essere programmato per una missione ovvero per un percorso di navigazione a punti (waypoint) definito prima del suo decollo. Può essere in grado di tornare autonomamente al punto di decollo, in caso di emergenza, o a quello programmato precedentemente. [10][11]

All'interno di un drone, possono essere installati sistemi di trasmissione video, per ricevere a terra ed in tempo reale le immagini riprese a bordo direttamente dalla videocamera di ripresa e/o da telecamere secondarie; può essere comandato da un doppio pilota, nel caso in cui ci si debba dedicare sia alla guida che alla ripresa aerea; può anche essere dotato di fotocamere calibrate, telecamere, sensori e spettrografi. [10][11]

### **Applicazione nell'ambito delle discariche e dei territori a rischio**

Le suddette descritte caratteristiche possedute dai droni rendono gli stessi uno strumento idoneo al monitoraggio del territorio, e, quindi, anche al controllo delle discariche e dei territori a rischio.

Preliminarmente, è necessaria l'identificazione dei possibili scenari di riferimento ove possono trovare applicazione i droni da utilizzarsi, ovvero l'estensione della discarica e/o del territorio da monitorare e le modalità di monitoraggio.

Infatti, la tipologia di monitoraggio da eseguire, nonché la dimensione della superficie da monitorare, consentono di determinare dapprima le attrezzature d'equipaggiamento del drone e, successivamente, il tipo drone da utilizzare.

Relativamente alla **superficie di una discarica da monitorare**, è ragionevole stimare un'area di circa 50.000 mq, quale estensione di una discarica di media capacità destinata allo stoccaggio di rifiuti non pericolosi.

Nel rispetto della normativa di riferimento e della tipologia di monitoraggio richiesto per una discarica della predetta tipologia, è necessario un dimensionamento ed un attrezzaggio dei droni tali da consentire l'esecuzione di rilevamenti video, termici, morfologici del terreno e di biogas, nonché della capacità di campionatura del terreno.

È necessario, altresì, prendere in considerazione la necessità di effettuare controlli nelle zone limitrofe alla discarica (sorveglianza e mappatura del territorio), anche a medie distanze, e quella di una quasi totale automazione del processo, mantenendo la flessibilità indispensabile per avere – in qualsiasi momento – la possibilità di eseguire interventi mirati sotto il controllo diretto di un operatore, in grado di manovrare i droni e la strumentazione a distanza di sicurezza dalla discarica medesima.

### Analisi dei costi

Per effettuare un monitoraggio costante della superficie precedentemente considerata, è **necessaria una flotta di droni di dimensione adeguata** e con la giusta flessibilità di utilizzo.

Allo scopo, è stata stimata una flotta tipo che comprende un esacottero, due ottocotteri ed un drone ad ala fissa per la sorveglianza e la mappatura del territorio.

Sull'esacottero, di buona capacità di carico, è stato previsto il montaggio della strumentazione necessaria per raccogliere campioni in zone mirate della discarica nonché il suo controllo manuale.

Sui due ottocotteri, aventi capacità di carico maggiori rispetto a quelle dell'esacottero, è stato previsto un equipaggiamento con fotocamere ad alta definizione e sensori odorigeni nonché un loro utilizzo in totale autonomia, con preimpostazione di percorsi fissi.

Il drone ad ala fissa, invece, ha lo scopo di essere utilizzato per effettuare la sorveglianza, la mappatura e la termografia della discarica e delle zone circostanti, potendo ugualmente volare a quote maggiori e con maggiore autonomia (rispetto a quelle dei predetti droni), e, quindi, coprire distanze maggiori.

I costi necessari all'allestimento della possibile flotta precedentemente descritta, stimati in riferimento alle quotazioni ordinarie di mercato nel settore in considerazione e comprendenti, anche, quelli afferenti al volo radiocomandato da computer, all'operatore con radiocomando ed al volo autonomo con licenze waypoint, sono quelli riportati nella tabella:

Tipologia drone	Esacottero	Ottocottero	Ala Fissa	
Unità	1	2	1	
Costo drone	€ 4.000	€ 10.000 x 2	€ 30.000	<b>Totale complessivo</b>
Costo hardware e software di gestione	€ 2.000	€ 3.500 x 2	€ 3.500	
Costo kit batterie e charger	€ 500	€ 1.000 x 2	€ 2.000	
Costo licenza waypoint, per volo autonomo	€ 1.500	€ 1.500 x 2	€ 1.500	
<i>Totali parziali</i>	€ 8.000	€ 32.000	€ 37.000	

Tabella - Costi stimati necessari per l'allestimento di una flotta tipo di droni per il monitoraggio di una discarica destinata allo stoccaggio di rifiuti non pericolosi (superficie stimata: 50.000 mq).

Inoltre, occorre considerare, oltre ai suddetti oneri:

- il costo necessario alla formazione di un singolo operatore (ovvero: un corso di base sull'utilizzo di un drone professionale, un corso sull'utilizzo dell'elettronica e sulla configurazione di un drone professionale, un corso sulla navigazione automatica, sulla fotogrammetria e sulla funzionalità GPS di un drone professionale, n. 10-15 ore di lezione in campo con un istruttore), stimato tra i 3.500 € ed i 4.000 €;
- i costi di manutenzione annui (aggiornamenti software, manutenzione meccanica ed elettronica), stimati essere pari al 10% dei costi fissi sostenuti;
- il costi necessari all'acquisto della strumentazione specialistica (fotocamera ad alta definizione, termo camera, sensori odorigeni, sistema di raccolta di campioni).

### **Analisi dei benefici**

L'utilizzo di un drone *multiroto* per lo svolgimento di azioni normalmente effettuate dall'uomo ha il beneficio di eliminare i rischi legati all'esposizione verso le sostanze tossiche rilasciate all'interno di una discarica. Stante, infatti, la possibilità di un drone di operare in remoto, tutte le attività di rilevamento e di piccola campionatura, normalmente svolte da un operatore umano, possono essere effettuate in automatico dal drone medesimo. Ciò, comporta l'eliminazione dei costi necessari all'acquisto di attrezzature particolari per l'esecuzione di sopralluoghi nonché l'eliminazione di costi legati ad eventuali indennizzi, e consente di effettuare rilievi accurati in quanto un drone ha la capacità di volare stabilmente a bassa quota e di rimanere sospeso su specifici punti.

Inoltre, ricorrendo a waypoints prefissati, è possibile una costante comparazione dei rilievi morfologici, termici e delle analisi dei biogas rilasciati in punti specifici; ciò consente l'immediato rilevamento di anomalie, sinonimo di problematiche nella struttura della discarica o nei contenuti dei rifiuti depositati nella stessa.

Per mezzo del software di gestione, si rende per di più possibile la programmazione di una costante attività di perlustrazione nei dintorni di un punto specifico, in un raggio – anche – di 500 m, in totale autonomia e con la possibilità di impostare sistemi di sicurezza in grado di riportare il drone a terra o in determinato punto prestabilito, in caso di sussistenza di specifiche problematiche afferenti al drone medesimo.

I benefici dell'utilizzo di un *drone ad ala fissa*, simile ad un aereo in miniatura, sono afferenti ad un movimento più veloce, alla copertura di distanze maggiori e ad un volo ad altezze superiori, rispetto ad un drone *multiroto*.

Pur non avendo la possibilità di rimanere sospeso in aria, un *drone ad ala fissa* consente, però, di effettuare rilevamenti d'insieme delle aree oggetto d'esame e di svolgere attività di controllo su superfici molto vaste. Quindi, sono possibili, altresì, attività di sorveglianza, mediante il rilievo delle attività nei dintorni di una discarica ed il controllo dei territori a rischio (discariche abusive).

I droni consentono, quindi, la riduzione delle tempistiche di rilevazione e di conseguenza, delle tempistiche d'intervento di risanamento e per la loro natura elettrica hanno un impatto ambientale nullo.

### **Conclusioni**

Il ricorso ai droni sta divenendo una pratica comune in un numero sempre crescente di settori.

Alla luce di quanto esposto in materia di stoccaggio dei rifiuti ed in relazione alle potenzialità dei sistemi di pilotaggio automatico nonché del continuo sviluppo di questo settore (costi sempre più accessibili, continuo sviluppo delle tecniche e delle tecnologie, semplicità di utilizzo di tali sistemi), il drone risulta essere uno strumento efficace, affidabile e conveniente per il monitoraggio delle discariche e dei territori a rischio, anche per l'eliminazione di tutte le componenti di rischio per l'uomo. L'utilizzo dei droni, inoltre, consente di mantenere costante, nel tempo, ogni tipologia di monitoraggio, svolto in quasi totale automazione; permette altresì di ridurre le tempistiche di rilevamento e, conseguentemente, le tempistiche d'intervento di risanamento. Agendo tempestivamente al presentarsi di problematiche afferenti sia alle discariche sia ai territori a rischio, è possibile scongiurare o limitare decisamente possibili rischi ambientali.

Allo stato attuale e dalle stime effettuate, risulta ancora elevato il costo complessivo iniziale necessario per la messa a regime dell'intero sistema.

Un buon approccio potrebbe essere quello di adottare il sistema precedentemente descritto per *step* successivi, ovvero:

– il sistema potrebbe essere costituito, inizialmente, da un singolo drone avente funzioni sia di monitoraggio tramite video ad alta definizione e termografie sia di raccolta di campioni, così riducendo, il lavoro normalmente svolto da operatori umani e, di conseguenza, i tempi di esposizione a possibili fattori tossici della discarica;

– ammortizzando nel tempo i costi, potrebbe essere integrata, successivamente, la composizione della flotta dronica e della strumentazione, completandola ed ottimizzandola in base alle specifiche esigenze, e potendo utilizzare, anche, il personale già formato per funzioni di tutoraggio dei nuovi operatori necessari in seguito all'ampliamento della flotta.

Sarebbe opportuno attivare un *progetto pilota* per verificare, sul campo, i vantaggi del ricorso a questa nuova tecnologia per poi procedere alla sua diffusione, con l'obiettivo di rendere il sistema uno standard per il monitoraggio delle discariche e dei territori circostanti.

## Bibliografia essenziale

[1] *Aerei senza pilota*, Mach 1 – enciclopedia dell'aeronautica, volume 3°, pp. 270-274, Edipem Novara 1978, Copyright of Orbish Publishing Ltd, London

[2] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Rapporto rifiuti urbani – Edizione 2013, [http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/rapporto-rifiuti-urbani-edizione-2013/rapporto\\_176\\_2013.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/rapporto-rifiuti-urbani-edizione-2013/rapporto_176_2013.pdf)

[3] Barazzetti L., Remondino F., Scaioni M., Brumana R. (2002), *Fully automatic UAV image based sensor orientation*, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), vol. XXXVIII

[4] Consonni S.D. (2004), *Leggi e tecnologie ambientali relative alla gestione dei rifiuti*, nel corso "Sistemi di Gestione Ambientale", Treviso Tecnologia

[5] D'Antonio G.D. (1997), *Trattamento dei rifiuti solidi urbani*, Maggioli Editore

[6] Delmer S. Fahrney (R. Admiral retired, U.S. Navy), *History of Radio-Controlled Aircraft and Guided Missiles*

[7] Direttiva Europea 1999/31/CE

[8] Direttiva Europea 2008/98/CE

[9] D.lgs. 13 gennaio 2003, n. 36

[10] Horgan J. (2013), *Unmanned flight*, National Geographic Magazine

[11] Roma A. (2013), *Breve storia dei droni*, Limes, <http://temi.repubblica.it/limes/breve-storia-dei-droni/48678>