

**RISANAMENTO DELLA DISCARICA NON CONTROLLATA DI BULDAN,  
DISTRETTO DI DENİZLİ****1. Scopo e ambito del progetto**

Nei Paesi meno sviluppati e in via di sviluppo, i rifiuti solidi vengono generalmente rimossi dai quartieri residenziali ammassandoli indiscriminatamente in aree aperte lontane da tali quartieri. Questo stesso metodo è stato utilizzato per la rimozione dei rifiuti solidi in Turchia per molti anni. Da un lato, l'aumento della migrazione dalle aree rurali a quelle urbane ha incrementato la quantità di rifiuti solidi nelle città; dall'altro, a causa dell'urbanizzazione non adeguatamente pianificata, le discariche sono rimaste confinate all'interno delle zone urbane.

La tutela dell'ambiente, la prevenzione dell'inquinamento ambientale e la gestione dei rifiuti sono regolati secondo la Legge sull'ambiente n. 2872 pubblicata nella Gazzetta Ufficiale dell'11.08.1983 e numerata 18132, nel Regolamento sulla gestione dei rifiuti pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 02.04.2015 e numerato 29314 e in altri regolamenti legali pertinenti. Alla luce di tali direttive è necessario chiudere la discarica non controllata operativa dal 2007 nel distretto di Buldan della provincia di Denizli.

L'obiettivo del progetto è risanare la discarica non controllata in questione nel rispetto delle norme esistenti ed in base ai requisiti tecnici applicabili.

**2. Contesto ed informazioni generali della discarica esaminata**

Distante 42 km dal centro di Denizli, il distretto di Buldan si trova nella Regione dell'Egeo ed è confinante con il distretto di Güney a est, Kuyucak a ovest, Sarıgöl a nord, Sarayköy e Buharkent a sud. L'intero territorio è al di sopra del livello del mare. L'altopiano di Buldan scende e raggiunge Sarayköy. Altre aree del distretto sono coperte da montagne e altipiani. A ovest c'è il lago Süleymanlı ad un'altitudine di 1500 m che molto tempo fa irrigava i verdi giardini di Buldan con un sistema ad arco. Verso est di Buldan, l'altezza del terreno diminuisce gradualmente. Questa regione, dove si trova circa un terzo delle terre del distretto, sta gradualmente aumentando la sua produttività grazie alle acque della diga di Adıgüzel. Il distretto di Buldan svolge un ruolo importante nel settore tessile del Paese: i tessuti di Buldan, unici del distretto,

vantano un tipo di tessitura famoso in tutto il mondo. La posizione geografica del distretto di Buldan è mostrata nella Figura 1.

La gestione della discarica non controllata, avviata nel distretto di Buldan nel 2007, è stata trasferita al Comune metropolitano nel 2014, ai sensi della legge del Comune metropolitano n. 5216. La Figura 2 mostra l'immagine satellitare dell'area della discarica di Buldan. Fino a quel tempo era consentito utilizzare discariche non controllate ma dal 2020 i rifiuti raccolti nel distretto dal Comune di Buldan sono stati portati alla stazione di trasferimento dei rifiuti solidi nella città di Bozalan e trasportati alla discarica di Kumkısısk. Fino al 2020, una media di circa 31,2 tonnellate al giorno di rifiuti è stata scaricata nella discarica non controllata. L'utilizzo della discarica è stato interrotto quando è stata pianificata la creazione della stazione di trasferimento nel 2020.

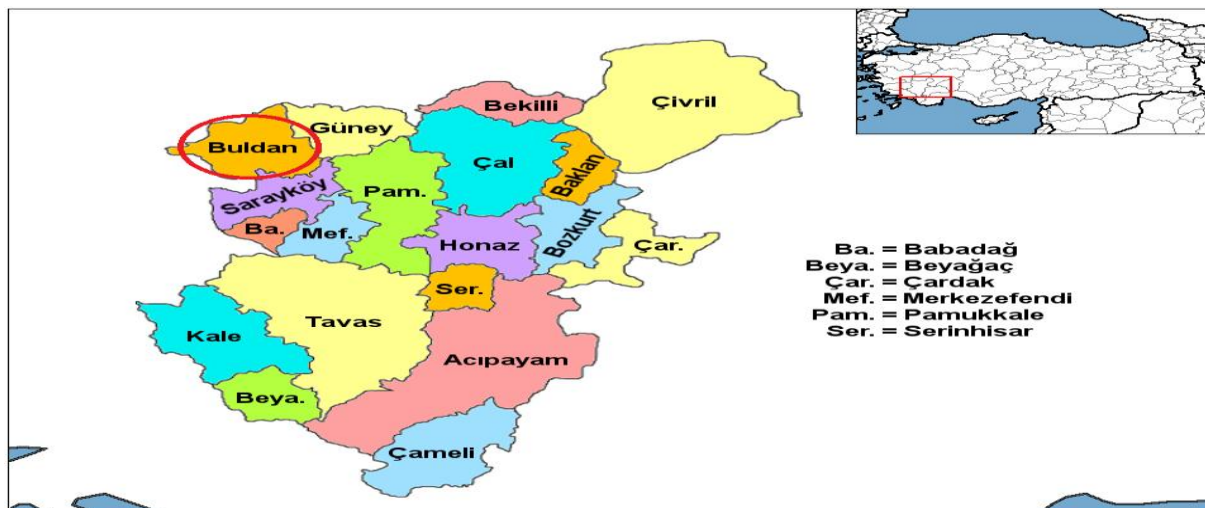


Figura 1. Posizione geografica di Denizli e del distretto di Buldan

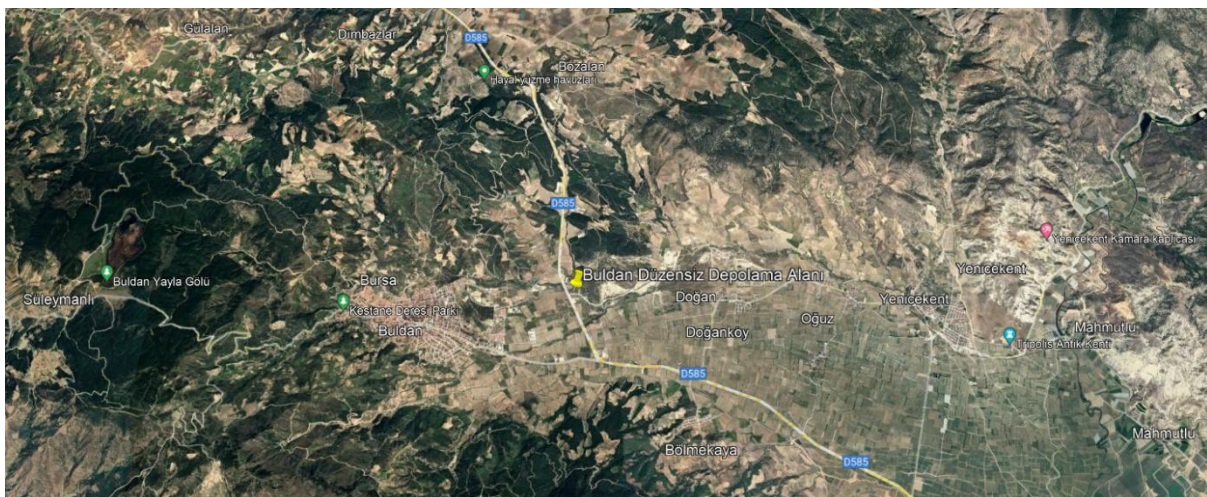


Figure 2. Immagine satellitare dell'area della discarica di Buldan

### 3. Osservazioni prima del risanamento

Prima dell'intervento di risanamento nell'area di 2,6 ettari era presente una fitta massa di rifiuti. Nella discarica non venivano svolte attività legate alla gestione dei gas di discarica; per questo il gas di discarica formatosi nel corso del tempo non può essere completamente rimosso dalla massa di rifiuti, né isolato completamente all'interno della massa stessa. A causa della sua posizione, il sito di smaltimento provoca inquinamento visivo e diffusione di odori lungo la strada Denizli-Salihli. Il fumo denso prodotto dalla combustione attiva e passiva nella discarica colpisce le aree residenziali e l'autostrada adiacente. Le immagini raccolte, risalenti ad una fase precedente l'intervento di risanamento dell'area della discarica non controllata di Buldan, sono riportate nelle Figure 3 e 4.



(a)



(b)



Figura 3. Foto dell'area della discarica non controllata di Buldan prima del risanamento



(a)



(b)

Figura 4. Immagini di un incendio nella discarica prima del risanamento.

## **4. Il rapporto tra popolazione e quantità di rifiuti**

### **4.1. Popolazione**

I risultati dei censimenti passati del distretto di Buldan sono riportati nella Tabella 1. I valori per i vari anni sono stati ottenuti dall'Istituto statistico turco (TUIK). L'area della discarica è stata utilizzata a partire dal 2007. Fino alla sua chiusura, la discarica ha servito 45 piccoli centri abitati del distretto di Buldan. Il valore medio della popolazione tra il 2007 e il 2020 è risultato pari a 27.380 abitanti, come mostrato nella Tabella 1.

Tabella 1. Dati della popolazione di Buldan (TUIK)

<b>Anno</b>	<b>Popolazione</b>
2007	27.380
2008	27.194
2009	27.430
2010	27.092
2011	27.135
2012	27.484
2013	27.558
2014	27.455
2015	27.359
2016	27.335
2017	27.248
2018	27.241
2019	27.179
2020	27.223
<b>Totale</b>	<b>382.313</b>

#### 4.2. La quantità di rifiuti stimata

Per stimare la quantità di rifiuti presenti nelle discariche si utilizzano due metodi diversi. Il primo metodo consiste nel determinare le quantità di rifiuti degli anni passati con l'aiuto di proiezioni retrodatate della popolazione e delle quantità unitarie di rifiuti. Il secondo metodo consiste nel determinare la quantità stimata di rifiuti presenti sul campo attraverso la modellazione 3D utilizzando le mappe ottenute come risultato dell'attuale acquisizione cartografica. Tuttavia a causa di fattori che causano la diminuzione del volume dei rifiuti, come la biodegradazione, la combustione e l'assettamento delle discariche, le quantità di rifiuti per il periodo passato in cui il sito era in funzione sono state calcolate in base alla popolazione.

Per determinare la quantità di rifiuti a si utilizza la seguente formula:

$$W = N * f * w$$

W: quantità di rifiuti (tonnellate/anno)

N: Popolazione (persone)

w: La quantità di rifiuti prodotti per persona nel tempo t (kg/persona/al giorno)

f: Fattore di conversione tra unità (365 giorni/anno \* 10<sup>-3</sup> ton/kg)

Secondo questa affermazione, la popolazione e la produzione giornaliera di rifiuti giocano un ruolo importante nel determinare la quantità di rifiuti complessiva e a lungo termine. La quantità media di rifiuti pro capite (kg/persona-al giorno) è stata ottenuta dai dati annunciati dal TUIK ogni due anni, e la sua media è riportata nella Tabella 2

Tabella 2. Quantità media di rifiuti pro capite (TUIK)

Anno	Quantità media di rifiuti pro capite (kg/persona-al giorno)
2008	1,15
2010	1,14
2012	1,12
2014	1,08
2016	1,17
2018	1,16
2020	1,13
<b>Media</b>	<b>1,14</b>

Secondo i valori medi ricavati dalla Tabella 1 e dalla Tabella 2;

N: 382,313 persone

w (t): 1,14 (kg/persona/giorno)

W= 382.313 persone \* 1,14 kg/persona/giorno \* 365 giorni/anno \* 10<sup>-3</sup> tonnellate/kg

f: (365 giorni/anno \* 10<sup>-3</sup> ton/kg)

W= 159.080 tonnellate/anno (rifiuti totali)

La densità dei rifiuti è stata considerata pari a 0,7 ton/m<sup>3</sup>. Quindi un totale di 227,257 m<sup>3</sup> di rifiuti sono stati trattati per il risanamento nella discarica non controllata di Buldan.

## 5. Il processo di risanamento della discarica non controllata

Circa 227.257 m<sup>3</sup> di rifiuti domestici appartenenti a Buldan sono stati stoccati nella discarica non controllata con una profondità di 9 m e in un'area di 2,6 ettari. Gli interventi effettuati

riguardavano: la creazione di versanti e delle barriere e di un sistema di copertura finale, il drenaggio delle acque superficiali e l'installazione di un sistema di gestione dei gas.

### **5.1. La stabilità dei versanti e la creazione delle barriere**

Le opere di stabilizzazione dei versanti e la costruzione delle barriere garantiscono la stabilità dell'area di fondazione in caso di eventuali smottamenti del terreno. Grazie alla pendenza dei versanti, gli strati di copertura finali possono essere installati in modo sicuro. La ripidità dei versanti, soprattutto nella parte settentrionale della discarica dove veniva effettuato lo stoccaggio degli RSU, è stata ridotta di 1/3 **movimentando circa 20.000 m<sup>3</sup> di rifiuti**. La pendenza sulla sommità dell'area è stata regolata al 3% in modo da garantire il drenaggio delle acque di ruscellamento superficiali. Le barriere pensate per circondare il corpo rifiuti sono state progettate con una sezione planare di 4 m, realizzate con del materiale marnoso ottenuto durante gli scavi nell'area. Le barriere sono state compatte in modo da formare uno strato di 30 cm. Le trincee drenanti sono state costruite all'esterno delle barriere. La Figura 5 rappresenta la discarica di Buldan durante questa fase del risanamento.

### **5.5.2. Lo strato di copertura finale**

Dopo il completamento del processo di risanamento della discarica di Buldan, il sito risanato è stato debitamente coperto. Gli obiettivi di questo pacchetto di copertura finale sono:

- Impedire che i rifiuti vengano a contatto con le aree circostanti,
- Bloccare le infiltrazioni di acqua piovana nel corpo rifiuti e minimizzare la quantità di percolato,
- Prevenire l'erosione nell'area di stoccaggio dei rifiuti
- Minimizzare le emissioni di gas serra nell'atmosfera,
- Minimizzare le emissioni che hanno effetti negativi sull'ambiente.

Il pacchetto di copertura finale realizzato nell'ambito del processo di risanamento dell'area della discarica di Buldan comprende i seguenti strati dal basso verso l'alto:

- Strato base di terreno livellato di 50 cm,
- Strato impermeabile minerale (argilla) di 50 cm,
- Strato drenante di 30 cm,
- Strato vegetativo di 50 cm



(a)



(b)

Figura 5. Foto dell'area della discarica durante il processo di risanamento

### **5.2.1. Strato base livellato**

Lo strato base è a diretto contatto con il corpo rifiuti e viene steso come prima parte del pacchetto di copertura finale. Questo strato è costituito da materiale terroso altamente permeabile che viene compattato con un rullo vibrante. In genere, il suo spessore è di circa 30 cm.

### **5.2.2. Strato impermeabile minerale**

Lo strato impermeabile minerale è costituito da materiale argilloso naturale. Lo spessore di questo strato è di 50 cm e il coefficiente di impermeabilità è  $k \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s. In questo caso,



l'argilla è stata raccolta dalle cave utilizzate per la discarica di Kumkısıık, dove era disponibile una quantità di materiale sufficiente. La Figura 6 mostra la creazione dello strato in questione.



Figura 6. Immagine della visuale dalla discarica durante la creazione della copertura

### **5.2.3. Strato drenante**

Per formare uno strato di drenaggio di 30 cm di spessore è stata utilizzata ghiaia da 16-32 mm di diametro. La ghiaia deve essere priva di calce o avere un livello di calce inferiore al 20%. Nello strato di drenaggio sono stati utilizzati materiali duri e a grana tonda, con una permeabilità di  $k = 1 * 10^{-4}$  m/s.

### **5.2.4. Strato vegetativo**

Uno strato di terreno viene steso sulla superficie per proteggere gli strati sottostanti del pacchetto di copertura e per piantare alcune specie di piante. Questo strato di terreno deve essere di 0,50 m e contribuisce a evitare l'erosione e a reintegrare la discarica risanata nel paesaggio. Quanto alla vegetazione da impiantare si devono scegliere, tra le specie locali, specie a radice corta e autopropaganti che possano prosperare in terreni contaminati e in cattive condizioni.

## **5.3. La regimazione delle acque superficiali**

Il letto asciutto del torrente che scorre parallelamente alla discarica di Buldan svolge una funzione di drenaggio naturale delle precipitazioni. La pendenza del 3% data nel livellamento della superficie assicura il flusso delle precipitazioni che cadono in superficie verso questo alveo prosciugato. All'esterno della barriera che circonda il sito sono stati costruiti dei canali trapezoidali di raccolta delle acque piovane. In questo modo, le acque meteoriche che dal letto

del torrente che si dirigono verso il corpo rifiuti vengono drenate circolando intorno al sito. Queste trincee drenanti hanno quindi lo scopo di rimuovere l'acqua diretta verso i rifiuti. La sezione trasversale del canale per le acque superficiali è riportata nella Figura 7. Le trincee drenanti sono stato rinforzate da uno strato di cemento di 10 cm.

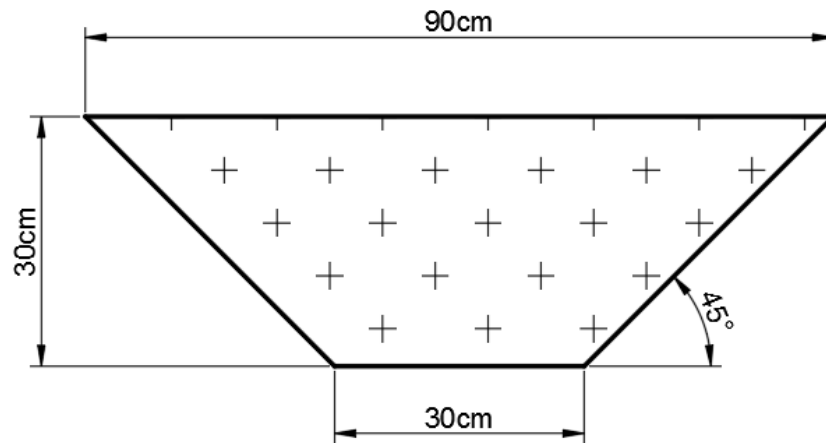


Figura 7. Sezione del canale delle acque superficiali.

#### 5.4 Il sistema di captazione del gas di discarica

Nella discarica non controllata di Buldan verrà installato un sistema captazione dei gas di discarica. Il sistema consiste in una rete di pozzi verticali di raccolta del gas e riempiti di materiale ghiaioso. Posti sulla superficie del corpo rifiuti a intervalli prestabiliti, i pozzi di captazione contengono dei tubi perforati in grado di aspirare il gas generato dai rifiuti stoccati. Il raggio di influenza dei pozzi di captazione è di circa 50-60 metri. Nella discarica di Buldan sono stati creati 12 pozzi verticali, con un diametro di circa 800 mm e un'altezza di 9 metri. Nei pozzi di raccolta del gas è stato utilizzato un tubo in polietilene ad alta densità (HDPE) con un diametro interno di 100 mm, resistente agli effetti corrosivi del percolato. Come materiale filtrante tra la parete del pozzo e il tubo di raccolta, è stata utilizzata ghiaia priva di carbonati con una distribuzione delle particelle di 16/32 mm o 32/64 mm. Il pozzo è circondato all'esterno da una rete d'acciaio. La Figura 8 mostra la creazione dei pozzi di captazione del gas nella discarica di Buldan.



(a)



(b)

Figura 8. Installazione di un pozzo di captazione verticale del gas di discarica

## **5.5. Il piano paesaggistico**

L'obiettivo è stato quello di trovare un equilibrio che tenesse conto delle condizioni tecniche, economiche ed estetiche per la riabilitazione della discarica di Buldan. È stato previsto che le piante dell'area non sarebbero state curate se non con una manutenzione periodica. Il piano paesaggistico è stato disegnato di conseguenza.

Nella pianificazione:

- L'area è considerata un blocco unico
- Nell'area del progetto sono state scelte alcune piante e un sistema per facilitare l'esecuzione del lavoro da parte dell'operatore.
- È stato realizzato un progetto che consente di apportare modifiche e aggiunte nel tempo.
- I materiali utilizzati sono facilmente reperibili e applicabili e sono stati scelti in linea con le caratteristiche regionali.
- Anche il clima e le caratteristiche del suolo della regione sono stati presi in considerazione come fattori importanti nella selezione delle piante.

## **5.6. Attività di manutenzione e monitoraggio dopo la chiusura**

Le discariche non controllate esistenti devono essere risanate e chiuse in modo da avere il minor impatto possibile sull'ambiente. La manutenzione post-chiusura delle discariche risanate sarà effettuata in conformità con le raccomandazioni elencate nella "Guida al risanamento delle discariche non controllate" del 12 dicembre 2009 come mostrato nella Tabella 4. Nella discarica risanata si prevede che i lavori di manutenzione e controllo continuino per 30 anni dopo la chiusura.



Tabella 4. Periodi di manutenzione e controllo delle discariche non controllate risanate

Componente	Frequenza dei controlli	Problemi potenziali
Copertura superiore	Una volta all'anno e dopo forti piogge	Erosione, abrasione sulla superficie del terreno
Drenaggio delle acque superficiali	Quattro volte all'anno e dopo forti piogge	Accumulo di terra nello strato di drenaggio superficiale, controllo dei tubi di drenaggio
Gas di discarica	Regolare	Odore, rottura dei pozzi del gas, del compressore e delle torce
Flora	Quattro volte all'anno	Livello di vitalità
Acque sotterranee	Due volte all'anno	Inquinamento delle acque sotterranee

## 6. Calcolo dei costi

Per il risanamento della discarica non controllata di Buldan sono stati effettuati diversi studi ingegneristici. L'analisi dei costi di questi studi ingegneristici viene riassunta nella Tabella 5. In totale, per il risanamento della discarica in questione sono stati spesi 162.175,65 euro.

Tabella 5. Analisi dei costi del processo di risanamento

<b>Tabella dei costi di risanamento</b>				
<b>Intervento</b>	<b>Unità</b>	<b>Quantità</b>	<b>Prezzo unitario (Euro)</b>	<b>Totale (Euro)</b>
Macchinari per lo scavo, il trasporto, la posa e la compattazione dei rifiuti nella discarica di Buldan	m <sup>3</sup>	26.000	0,94	24480,00
Per il sito: Lavori di riempimento (materiale di scavo)	m <sup>3</sup>	5.150	0,81	4151,69
Costruzione delle strade interne	m <sup>2</sup>	2.642	2,86	7547,99
Sistema di copertura finale: Fornitura e posa di materiale argilloso naturale	m <sup>3</sup>	13.000	6,58	85560,00
Sistema di copertura finale: Fornitura e posa di materiale ghiaioso	m <sup>3</sup>	8.642,40	1,89	16300,90
Sistema di copertura finale: posa dello strato finale vegetativo	m <sup>3</sup>	13.000	1,04	13460,00
Costruzione delle trincee drenanti delle acque superficiali (0,3x0,3x0,9)	m	660	8,27	5457,69
Costruzione di un pozzo di captazione con sonda in HDPE (H=9m Ø 1000 mm)	piece	12	141,54	1698,46
Tappeto erboso	da	26	126,44	3287,32
Irrigazione delle area verde	ar	260	0,89	231,60
<b>Totale</b>			<b>0,00</b>	<b>162.175,65</b>

Grazie a questi interventi riabilitativi, gli effetti ambientali negativi della discarica non controllata di Buldan sono stati ridotti al minimo. Il rischio di compressione ed esplosione del gas è stato eliminato, la stabilità della struttura è stata assicurata e la formazione di percolato a causa delle infiltrazioni delle acque piovane è stata minimizzata.