

Impiego di geosintetici per la riduzione delle emissioni di CO2 nella realizzazione dell'aeroporto di Ostenda in Belgio

*Original*

Impiego di geosintetici per la riduzione delle emissioni di CO2 nella realizzazione dell'aeroporto di Ostenda in Belgio / Cazzuffi, Daniele; Fontana, Francesco; Guarena, Nicolo'. - ELETTRONICO. - (2025), pp. 105-112. ( XXVIII Convegno Nazionale di Geotecnica Venezia (Italia) 11-13 giugno 2025).

*Availability:*

This version is available at: 11583/3007508 since: 2026-02-10T16:35:55Z

*Publisher:*

Pàtron Editore, AGI

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# Impiego di geosintetici per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> nella realizzazione dell'aeroporto di Ostenda in Belgio

D. Cazzuffi

*CESI S.p.A., Milano*

F. Fontana

*A&B S.r.l., Bassano del Grappa*

N. Guarena

*Politecnico di Torino, Torino*

**SOMMARIO:** Nell'ambito dei lavori di costruzione di una nuova area di parcheggio per aeromobili presso l'aeroporto di Ostenda, in Belgio, per rinforzare il terreno di fondazione si è utilizzato un geotessile tessuto opportunamente progettato per questa specifica applicazione. La scelta di impiegare un geotessile per svolgere questa funzione è stata effettuata in considerazione dei diversi benefici rispetto alla soluzione tradizionale alternativa che prevedeva la messa in opera di uno strato di 0,10 m di ghiaia. Questa scelta è stata inizialmente dovuta ai significativi vantaggi di natura economica e di sostenibilità ambientale, connessi anche alla riduzione dei quantitativi di materiale, dei tempi di installazione e dei costi di costruzione. Il presente articolo descrive in particolare le successive analisi che illustrano in dettaglio le varie fasi lavorative che hanno consentito una consistente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (oltre il 77%) rispetto alla soluzione alternativa basata sull'impiego di materiali granulari. L'articolo prende inoltre in esame l'attualissimo tema dell'eventuale rilascio di microplastiche connesso all'impiego dei geosintetici in applicazioni di ingegneria geotecnica e di ingegneria civile. La quantità e la qualità dei dati disponibili in questa specifica applicazione all'aeroporto di Ostenda hanno infatti consentito di calcolare l'entità della riduzione in termini di emissioni di microplastiche, valutata attorno al 97%, rispetto all'impiego di materiali granulari: questa consistente riduzione è stata resa possibile grazie soprattutto al notevolissimo risparmio di passaggi degli automezzi per il trasporto della ghiaia, che ha quindi impedito l'emissione di microplastiche connessa all'usura degli pneumatici dei mezzi pesanti.

## 1 INTRODUZIONE

L'aeroporto di Ostenda-Bruges si trova nelle Fiandre, una regione del Belgio, ed è attivo per il traffico sia di merci sia di passeggeri. Il traffico merci nel 2022 è ammontato a circa 52.000 tonnellate, mentre i passeggeri transitati sono stati circa 370.000. L'aeroporto è in crescita e la sua gestione è impegnata sui temi della sostenibilità. Nell'autunno 2023 sono stati installati oltre 60.000 pannelli solari, dotando la struttura e l'area circostante di energia pulita. In questa prospettiva, a partire da Aprile 2021, si sono intrapresi consistenti lavori di adeguamento dell'area di parcheggio 2, per estenderne la vita di servizio di altri 40 anni (COPRO 2021, Ostend-Bruges airport 2023).

Il progetto, in due fasi, è stato completato nell'estate del 2022. La fase iniziale ha interessato la parte orientale, mentre quella occidentale è rimasta aperta al traffico aereo. Dopo lo scavo è stato installato un geotessile tessuto sopra lo strato di base in ghiaia. Al di sopra sono state costruite una sottofondazione costituita da calcestruzzo frantumato (0,20 m) ed una fondazione realizzata in calcestruzzo magro (0,28 m), cfr. Figura 1. Per finire, è stato gettato uno strato di calcestruzzo di 0,30 m di spessore. Tra lo strato superficiale e il sottostrato è stata applicata una superficie bituminosa. Questo approccio multistrato ha la funzione di assicurare la portata necessaria per gli aeromobili più pesanti. La seconda fase, iniziata a Gennaio 2022, si è concentrata sul

rifacimento della sezione occidentale. In questo periodo, gli aerei hanno già potuto utilizzare la nuova area orientale (Ostend-Bruges airport 2023).

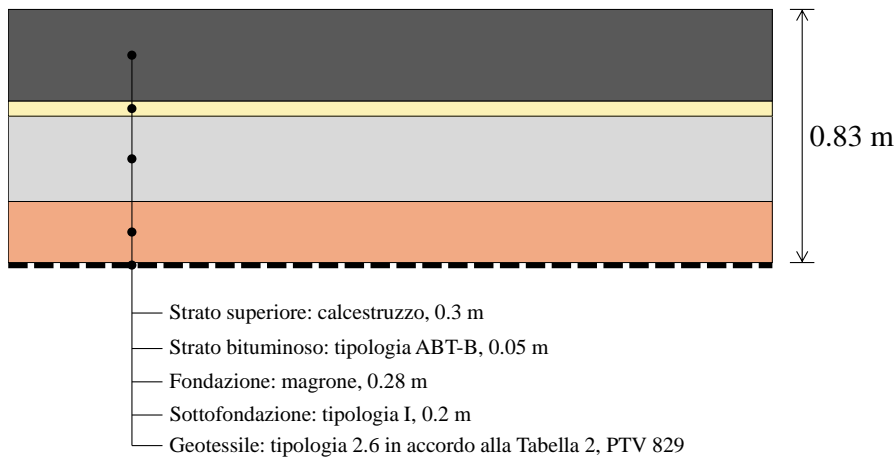


Figura 1. Sezione trasversale dell'area di parcheggio dell'aeroporto di Ostenda.

### 1.1 Sostenibilità

Il tema della sostenibilità ambientale, economica e sociale delle opere di ingegneria civile ha rivestito un ruolo sempre più centrale nel recente passato, fino a divenire un requisito essenziale nella progettazione delle nuove costruzioni e nella manutenzione delle costruzioni esistenti (Reddy et al. 2019, Braham e Casillas 2020, Jones et al. 2024). In termini generali, la sostenibilità nell'ingegneria civile può essere definita come la proprietà di strutture, prodotti o processi che siano tali da soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di far fronte ai propri bisogni. Nello specifico dei lavori di adeguamento dell'area di parcheggio presso l'aeroporto di Ostenda-Bruges, l'applicazione dei principi della sostenibilità ha implicato un bilancio tra due necessità in conflitto: da un lato, la realizzazione di una fondazione caratterizzata da elevate prestazioni meccaniche, dall'altro lato, la minimizzazione degli impatti ambientali associati alla costruzione dell'opera. L'approccio tradizionale, volto esclusivamente ad aumentare la capacità portante e ridurre i cedimenti differenziali dell'opera nelle condizioni di esercizio, prevede la realizzazione di strati di materiale granulare di elevato spessore, accettando di conseguenza alti costi di progetto, alti consumi di risorse minerarie non rinnovabili ed alte emissioni di gas serra per il trasporto dei materiali. D'altro canto, la necessità di contenere gli impatti ambientali ed economici dell'opera richiederebbe di ridurre lo spessore degli strati di materiale granulare, compromettendo tuttavia la capacità dell'opera di garantire determinati requisiti prestazionali. Analogamente ad altri ambiti applicativi dell'ingegneria geotecnica, come ad esempio la costruzione delle terre rinforzate (Cardile 2024) e delle barriere a bassa permeabilità (Dominijanni 2023), nel caso di studio oggetto della presente nota l'impiego dei geosintetici in sostituzione dei materiali di origine minerale ha consentito di conciliare le anzidette necessità, riducendo i costi ambientali ed economici dell'opera e garantendo adeguate prestazioni in esercizio.

In aggiunta all'impiego dei geosintetici, l'attenzione della proprietà e dell'impresa costruttrice rispetto ai temi della sostenibilità è dimostrata dall'installazione in cantiere di un impianto in grado di produrre fino a 1000 m<sup>2</sup> di calcestruzzo al giorno. Nel contesto della circolarità, il calcestruzzo ricavato dalla vecchia pavimentazione è stato riciclato da un frantumatore mobile certificato COPRO per ottenere un aggregato da 0/40 riutilizzato per realizzare fondazione e sottofondazione dell'area di parcheggio. Grazie a questo riutilizzo, le macerie non hanno dovuto essere smaltite altrove e si è evitato l'utilizzo di materiali nuovi. In questo modo si è risparmiato l'impiego di un gran numero di camion riducendo significativamente l'impatto ambientale. L'aeroporto doveva rimanere operativo durante i lavori ed i progettisti hanno dovuto pertanto cercare

tutte le soluzioni più veloci, mantenendo inalterati tutti i requisiti tecnici e di sicurezza (Ostend-Bruges airport 2023).

## 1.2 Benefici dei geotessili

Il rinforzo dello strato di sottofondo è diretto a migliorare il trasferimento di carico sulla base del piazzale ed a limitare gli assestamenti differenziali. La scelta di impiegare un geotessile per svolgere questa funzione è stata effettuata in considerazione dei diversi benefici rispetto alla soluzione tradizionale alternativa che prevedeva la messa in opera di uno strato di 0,10 m di ghiaia. Il primo beneficio è quello economico, accompagnato da un risparmio di tempo ed infine anche da un impatto ambientale molto più contenuto. La scelta del geotessile è stata adottata secondo le raccomandazioni della specifica COPRO PTV 829, riportata in Tabella 1, identificando il tipo 2.6., è stato quindi scelto il geotessile Terralys LF57/57 (COPRO 2022), che soddisfa in pieno i limiti di capitolato.

Tabella 1. Specifiche COPRO PTV 829 confrontate con la scheda tecnica del geotessile tessuto utilizzato (Terralys LF 57/57) (COPRO 2022).

Caratteristiche	Unit	PTV 829 – Table 2 Type 2.6	Terralys LF 57/57
Resistenza a trazione (ISO 10319)	kN/m	$\geq 50$	57
Deformazione a rottura (ISO 10319)	%	$\geq 10$	14
Resistenza punzonamento statico (ISO 12236)	kN	$\geq 3$	5,6
Apertura a seguito di punzonamento dinamico (ISO 13433)	mm	$\leq 14$	9
Apertura di filtrazione ( $O_{90}$ ) (ISO 12956)	$\mu\text{m}$	$O_{90}/d_{90} \leq 2$	$O_{90} = 190$ $d_{90} \geq 95$
Permeabilità all' acqua (ISO 11058)	$10^{-3}$ m/s	$\geq 16$	22

Note:  $d_{90}$  è il diametro corrispondente al 90% di passante in peso del terreno a contatto con il geotessile.

## 2 CONFRONTO IN TERMINI DI IMPATTO AMBIENTALE

I benefici rappresentati dall'utilizzo di un geosintetico rispetto a soluzioni alternative sono largamente documentati in letteratura (Stolz e Frischknecht 2019). In linea con precedenti casi analoghi, questo progetto ha offerto l'opportunità di calcolare con ottima approssimazione gli impatti ambientali di diverse soluzioni in termini di emissioni sia di CO<sub>2</sub>, sia di microplastiche.

### 2.1 Riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub>

#### 2.1.1 Soluzione con ghiaia

L'area interessata dai lavori è di circa 160.000 m<sup>2</sup>. La soluzione tradizionale con utilizzo di ghiaia implicava l'utilizzo di:

$$160.000 \text{ m}^2 \times 0,10 \text{ m} = 16.000 \text{ m}^3 \text{ di ghiaia}$$

16.000 m<sup>3</sup> di ghiaia a 1,5 ton/m<sup>3</sup> costituiscono una massa di 24.000 ton. Il Global Warming Potential (GWP) di 1 ton di ghiaia ammonta a 2,4 kg CO<sub>2</sub>eq (media di 4 EPD di ghiaia disponibili su internet) (EPD Library 2024). L'emissione totale di CO<sub>2</sub>eq per la produzione ammonta pertanto a:

$$24.000 \text{ ton} \times 2,4 \text{ kg CO}_2\text{eq/ton} = 57,6 \text{ ton CO}_2\text{eq}$$

Quanto al trasporto, un carico medio di 25 ton per camion implica l'uso di:

$$24.000 \text{ ton} / (25 \text{ ton/camion}) = 960 \text{ camion}$$

Il traffico generato dalla fornitura di ghiaia può essere calcolato conoscendo la distanza dalla cava più vicina al cantiere che è di 110 km. 960 viaggi di andata e ritorno su un percorso di 110 km costituiscono un totale di 211.200 km. Il consumo di gasolio di un camion pesante è quantificabile in 1 L ogni 2,5 km, e pertanto il fabbisogno di gasolio risulta in:

$$211.200 \text{ km} \times 0,4 \text{ L/km} = 84.480 \text{ L}$$

L'emissione di CO<sub>2</sub> per 1 L di gasolio è di 2,5 kg CO<sub>2</sub>eq, implicando una emissione totale di:

$$84.480 \text{ L} \times 2,5 \text{ kg CO}_2\text{eq/L} = 211,2 \text{ ton CO}_2\text{eq}$$

Una ulteriore emissione di CO<sub>2</sub> è determinata dalla necessità di stendere e compattare la ghiaia. Con una produttività di 5,5 m<sup>3</sup>/ora, comunicata dall'impresa, una pala caricatrice deve lavorare 2.880 ore per stendere e compattare 16.000 m<sup>3</sup> di ghiaia con un consumo di gasolio di circa 10 L/ora. Ciò implica ulteriori 28.800 L di gasolio. L'emissione di CO<sub>2</sub> dovuta all'installazione è:

$$28.800 \text{ L} \times 2,5 \text{ kg CO}_2\text{eq/L} = 72 \text{ ton CO}_2\text{eq}$$

L'emissione totale di CO<sub>2</sub> implicata dalla soluzione con ghiaia ammonta pertanto a:

Produzione	57,6	ton CO <sub>2</sub> eq
Trasporto	211,2	ton CO <sub>2</sub> eq
Installazione	72,0	ton CO <sub>2</sub> eq
Totale	340,8	ton CO <sub>2</sub> eq

### 2.1.2 Soluzione con geotessile

La quantità di geotessile necessaria è leggermente più alta della superficie nominale, tenendo conto di una sovrapposizione di 0,10 m, e pertanto la quantità da considerare è di 163.200 m<sup>2</sup>. 163.200 m<sup>2</sup> di geotessile con una massa areica nominale di 228 g/m<sup>2</sup> che corrispondono ad una massa di 37,21 ton. Il Global Warming Potential (GWP) di 1 ton del geotessile prescelto ammonta a 2,03 kg CO<sub>2</sub>eq (Terralys EPD) (EPD Library 2024). L'emissione totale di CO<sub>2</sub>eq per la produzione del geotessile ammonta pertanto a:

$$37,21 \text{ ton} \times 2,03 \text{ kg CO}_2\text{eq/ton} = 75,54 \text{ ton CO}_2\text{eq}$$

Quanto al trasporto, il carico medio di 12,5 ton per camion, implica l'uso di:

$$37,21 \text{ ton} / (12,5 \text{ ton/camion}) = 3 \text{ camion}$$

Il volume di traffico generato dalla fornitura di geotessile si può calcolare conoscendo la distanza dello stabilimento produttivo dal cantiere, pari a 90 km. Tre viaggi di andata e ritorno risultano in un totale di:

$$2 \times 90 \text{ km/camion} \times 3 \text{ camion} = 540 \text{ km}$$

Assumendo lo stesso consumo di un camion pesante nella misura di 0,4 L/km, pur essendo il carico di ciascun mezzo di trasporto meno di metà rispetto alla ghiaia, otteniamo un consumo di:

$$540 \text{ km} \times 0,4 \text{ L/km} = 216,8 \text{ L}$$

Con una emissione di CO<sub>2</sub> pari a 2,5 kg per 1 L di gasolio, arriviamo ad un dato di consumo per il trasporto del geotessile pari a:

$$216,8 \text{ L} \times 2,5 \text{ kg CO}_2\text{eq/L} = 0,542 \text{ ton CO}_2\text{eq}$$

La fase di installazione non determina ulteriori emissioni di CO<sub>2</sub>, essendo effettuata a mano. L'emissione di CO<sub>2</sub> relativa all'installazione ammonta perciò a:

$$163.200 \text{ m}^2 \times 0 \text{ kg CO}_2\text{eq/m}^2 = 0 \text{ ton CO}_2\text{eq}$$

L'emissione totale implicata dall'uso di geotessile ammonta pertanto a:

Produzione	75,54	ton CO <sub>2</sub> eq
Trasporto	0,54	ton CO <sub>2</sub> eq
Installazione	0,00	ton CO <sub>2</sub> eq
Totale	76,08	ton CO <sub>2</sub> eq

Riassumendo il confronto tra le due soluzioni, le emissioni di CO<sub>2</sub> risultano:

Con la ghiaia	340,80	ton CO <sub>2</sub> eq
Con il geotessile	76,08	ton CO <sub>2</sub> eq

La scelta della soluzione con geotessile ha reso pertanto possibile un risparmio di 264,72 ton di CO<sub>2</sub>, corrispondenti ad un risparmio del 77,7% di emissioni.

## 2.2 Riduzione delle emissioni di microplastiche

La consistente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> può essere certamente considerata un motivo più che sufficiente per giustificare la scelta del geotessile al posto dello strato di ghiaia, ma si è voluta condurre una valutazione anche in termini di emissione di microplastiche (MP), perché questo potrebbe essere visto come un punto debole nell'applicazione di geotessili. In letteratura non sono ancora disponibili molti studi affidabili sul rilascio di MP da parte di prodotti geosintetici, ma è possibile fare riferimento a lavori esistenti applicando opportune osservazioni. Naturalmente ci si aspetta una certa emissione di MP quando si utilizza un geotessile polimerico, ma, come nel caso delle emissioni di CO<sub>2</sub>, l'attenzione va rivolta al confronto con le soluzioni tecniche alternative adottabili per raggiungere lo scopo. Molti studi hanno evidenziato che la maggiore fonte di MP negli oceani è costituita dal consumo degli pneumatici dei veicoli (NOC 2021). Il tasso di produzione dovuto al consumo di pneumatici è largamente studiato e dettagliato in funzione del tipo di veicolo. Sulla base dei calcoli relativi al traffico generato dalle soluzioni con ghiaia e con geotessile, è agevole determinare l'ammontare in peso provocato dal consumo relativo ai pneumatici. Seguendo Baensch-Baltruschat et al. (2020), consideriamo un tasso di consumo pari a 1,092 g per 1 km percorso da un camion pesante a dieci ruote. Ciò conduce a calcolare nel caso del nostro progetto:

$$960 \text{ camion} \times 220 \text{ km/camion} \times 1,092 \text{ g/km} = 230,63 \text{ kg (con l'uso di ghiaia)}$$

$$3 \text{ camion} \times 180 \text{ km/camion} \times 1,092 \text{ g/km} = 0,59 \text{ kg (con l'uso del geotessile)}$$

Affrontiamo ora il più impegnativo calcolo dell'emissione di MP dovuta all'uso del geotessile. È possibile qui riferirsi al recente studio di Gustavsson et al. (2022), un rapporto specifico richiesto dal governo svedese, a seguito della inclusione dei geotessili in una lista di possibili fonti di MP in un documento della Commissione Europea. Questo rapporto stima due scenari con emissioni da 0,013%, considerato il più probabile, fino a 0,2% del peso del prodotto, nel caso delle condizioni più avverse. Entrambi gli scenari considerano l'esposizione a diversi fattori di degradazione e mettono in relazione le emissioni stimate con la quantità presunta immessa sul mercato. Lo studio svedese ipotizza eventuali rilasci cumulativi nel tempo, soffermandosi sull'analisi dell'applicazione nelle difese costiere, che è considerata il caso più severo ed aggressivo per i

geotessili, sia per l'esposizione ai raggi UV sia per la possibile azione meccanica di abrasione. L'abrasione poi viene qui assimilata a quella che interessa gli pneumatici.

Esaminiamo la natura di questi assunti e valutiamone l'applicabilità al nostro caso, in modo da arrivare ad una stima per il progetto dell'aeroporto di Ostenda.

### 2.2.1 Vita di servizio

La vita di servizio di un geosintetico è regolata in Europa dall'allegato B di ogni Norma Armonizzata, quale per esempio la EN 13249 (2016), relativa alle strade ed aree soggette al traffico. La richiesta è di una resistenza residua del 50% dopo un determinato condizionamento di ossidazione accelerata: la verifica di questa condizione consente ai produttori di geotessili di dichiarare una vita di servizio fino a 100 anni.

### 2.2.2 Fattore di degradazione

Nel rapporto svedese, la principale causa di degradazione del geotessile è identificata nell'azione ossidativa dei raggi UV, seguita dalla possibile abrasione per il caso di applicazioni in opere idrauliche, in particolare per le difese costiere. Un ulteriore fattore di degradazione è preso in considerazione considerando l'eventuale negligenza degli installatori, che potrebbero ignorare le istruzioni per una corretta installazione, anche se queste sono riportate nel documento di accompagnamento obbligatorio denominato Dichiarazione di Prestazione. A fronte di questa osservazione, si può ricordare che i geotessili che dichiarano una vita di servizio attesa di almeno 100 anni contengono stabilizzanti UV e l'indicazione di 30 giorni di esposizione dopo la stesura dei teli indica il possibile inizio di processi di degradazione dovuta all'azione dei raggi UV, laddove, ancora una volta, la potenziale degradazione è riferita alle prestazioni, non alla disintegrazione fisica dei prodotti.

Se queste osservazioni sono valide in termini generali, nel caso dell'aeroporto di Ostenda che stiamo esaminando, i raggi UV non costituiscono alcun problema, perché il geotessile è stato ricoperto nei termini indicati, ovvero entro 30 giorni dalla stesura. Nemmeno l'abrasione entra in gioco, considerando il tipo di stress meccanico cui il prodotto è stato ed è sottoposto.

### 2.2.3 Struttura del geotessile

Nel valutare il comportamento dei geotessili, per ragioni di semplificazione, il rapporto di Gustavsson et al. (2022) non distingue tra diversi polimeri e nemmeno tra diverse strutture dei prodotti, come per esempio la differenza tra geotessili tessuti e geotessili nontessuti. In realtà, la struttura di un prodotto gioca un ruolo importante rispetto all'essere soggetto agli attacchi meccanici e chimici, così come alla foto-ossidazione. Un geotessile nontessuto è costituito da un numero assai elevato di fibre, coesionate generalmente in tre modi principali: trattamento termico; agugliatura; agugliatura e trattamento termico.

Queste strutture differiscono notevolmente l'una dall'altra ed ancor di più differiscono dai geotessili tessuti costituiti da bandelle piatte intrecciate, dove non è contemplato l'uso di fibre, come descritto da Cazzuffi (2023).

Anche il rapporto tra la massa areica e la superficie esposta all'ossigeno varia sensibilmente in funzione della struttura del prodotto. A seconda del titolo delle fibre (ad esempio 4.4 or 6.7 dtex), un geotessile nontessuto in polipropilene con una massa areica di 228 g/m<sup>2</sup>, presenta una superficie più estesa da 8 a 10 volte rispetto ad un geotessile tessuto con la stessa massa areica, come quello impiegato in aeroporto ad Ostenda.

### 2.2.4 Calcolo delle microplastiche (MP)

Tutte le precedenti osservazioni conducono a valutare che nel nostro specifico caso esiste una possibilità estremamente bassa di rilascio di MP, sia in termini quantitativi, sia in termini temporali, perché:

- non si è avuta esposizione agli UV per periodi superiori a 30 giorni;
- l'applicazione esclude qualsiasi movimento in grado di generare abrasione;
- le condizioni di temperatura non sono estreme;
- l'ambiente chimico non è aggressivo.

Adottando per il nostro caso il dato proposto da Gustavsson et al. (2022), applichiamo quindi un ulteriore fattore di sicurezza, costituito dai minori rilasci di MP da parte della struttura del

geotessile tessuto. Pertanto, applicando la percentuale proposta dello 0,013% alla quantità di 37.210 kg di geotessile in PP, otteniamo un possibile teorico rilascio di 4,837 kg di MP, da aggiungere alla quantità generata nel trasporto dagli pneumatici degli autocarri dallo stabilimento di produzione al cantiere. Arriviamo così ad una potenziale emissione dovuta all'uso del geotessile tessuto pari a:

Trasporto	0,590	kg
Rilascio del prodotto	4,837	kg
Totale	5,427	kg

Questo dato deve essere confrontato con quello che risulta dal trasporto della ghiaia (anche senza considerare la fase di estrazione):

Emissioni MP nel caso di ghiaia	230,630	kg
Emissioni MP nel caso di geotessile	5,427	kg
Risparmio di emissioni MP	225,203	kg

La scelta della soluzione con il geotessile ha dunque reso possibile ridurre l'emissione di MP (microplastiche) nella misura di 225,203 kg, pari ad una riduzione percentuale del 97,65%.

### 3 CONCLUSIONI

Per il progetto di estensione di un'area di parcheggio presso l'aeroporto di Ostenda in Belgio, sono state valutate due soluzioni tecniche alternative in termini di impatto ambientale dovuto alle emissioni totali di CO<sub>2</sub>eq ed in termini di emissioni di microplastiche: con uno strato di ghiaia e con uno strato di geotessile. L'adozione della soluzione con un geotessile tessuto in polipropilene ha determinato riduzioni di impatto molto significative a confronto con l'approccio tradizionale che utilizza materiale granulare. In particolare, l'emissione di CO<sub>2</sub> è stata ridotta del 77,7%, mentre l'emissione di microplastiche (MP) è stata ridotta di almeno il 97,65%.

È possibile asserire che nella maggior parte delle attuali applicazioni, i geosintetici rappresentano una tecnologia in grado di ridurre l'impatto ambientale dei lavori di costruzione sia dal punto di vista delle emissioni di CO<sub>2</sub> sia dal punto di vista delle emissioni di microplastiche. Inoltre, è importante notare che, in futuri scenari, i geosintetici giocheranno un ruolo fondamentale anche nel recupero di terreni abbandonati (*derelict lands*), dove si riscontra la presenza di molte microplastiche (Haritval et al. 2023) e dove i geosintetici sono sicuramente in grado di risolvere anche i problemi ambientali connessi alla barriera ed al confinamento di sostanze contaminanti.

### BIBLIOGRAFIA

- Baensch-Baltruschat, B., Kocher, B., Stock, F. & Reifferscheid, G. 2020. Tyre and road wear particles (TRWP) - A review of generation, properties, emissions, human health risk, ecotoxicity, and fate in the environment. *Science of The Total Environment* 733: 137823.
- Braham, A. & Casillas, S. 2020. *Fundamentals of sustainability in civil engineering*. Boca Raton: CRC Press.
- Cardile, G. 2024. The road to resilience: Advanced soil-geosynthetic interface characterization and its role in reinforcing soil structures for sustainability. In Giovanni Biondi, Daniele Cazzuffi, Nicola Moraci & Claudio Soccodato (eds.), *Proc. 12th International Conference on Geosynthetics, Roma, 17-21 September 2023*. Boca Raton: CRC Press.
- Cazzuffi, D. 2023. Geosintetici: definizioni e tipologie - Geosynthetics: definitions and types. *Repertorio Geosintetici 2023/2024 - Geosynthetics Directory 2023/2024*: 9-19. Milano: BE-MA Editrice.
- Cazzuffi, D. & Eufinger, K. 2022. CEN TC 189 reply to the BIOIS report and EC consultation on unintentional release of microplastics into the environment.
- CEN (European Committee for Standardization), Harmonized Standard EN 13249/2016 (annex B), 2016. Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in the construction of roads and other trafficked areas.
- COPRO 2021. Ostend-Bruges Airport: A Lesson in Circularity. [www.copro.eu/en/news/airport-ostend-](http://www.copro.eu/en/news/airport-ostend-)

- [bruges](#) (accessed August 2023).
- COPRO 2022. PTV 829 (6.0) - Technical prescriptions for geotextile. <https://www.copro.eu/nl/ptv-829> (accessed August 2023).
- Dominijanni, A. 2023. Performance-based design of contaminant barriers for sustainable landfilling and site remediation. In Tugce Baser, Arvin Farid, Xunchang Fei & Dimitrios Zekkos (eds.), *Proc. 9th International Congress on Environmental Geotechnics, Chania, 25-28 June 2023*. Athens: ARGO-E Group.
- EC JrC 2021. Symposium on Challenges of micro-plastic analysis - Bridging state of the art and policy needs (online event, 9 September 2021).
- EPD Library 2024. [www.envirodec.com](http://www.envirodec.com), [www.epditaly.it](http://www.epditaly.it).
- Gustavsson, N., Bylund, A., Grabo, L., Groenholdt Palm, J., Nordzell, H. & Snowbohm, S. 2022. Geosynthetics and microplastics in Sweden - an assessment. Ramboll Sweden AB, SE reg. no. 556133-0506.
- Haritval, D., Ramana, G.V. & Datta, M. 2023. Microplastics in soil-like-material obtained during mining of a municipal solid waste dumpsite. In Tugce Baser, Arvin Farid, Xunchang Fei & Dimitrios Zekkos (eds.), *Proc. 9th International Congress on Environmental Geotechnics, Chania, 25-28 June 2023*. Athens: ARGO-E Group.
- Jones, D.R.V., Dixon, N., Fowmes, G., Guerra-Escobar, P., Horgan, G., Shercliff, D. & Zamara, K. 2024. Sustainable development: UK perspective on the role of geosynthetics. In Giovanni Biondi, Daniele Cazzuffi, Nicola Moraci & Claudio Soccodato (eds.), *Proc. 12th International Conference on Geosynthetics, Roma, 17-21 September 2023*. Boca Raton: CRC Press.
- Kole, P.J., Löhr, A.J., Van Belleghem, F.G.A.J. & Ragas A.M.J. 2017. Wear and tear of tyres: A stealthy source of microplastics in the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(10): 1265.
- NOC (National Oceanographic Centre) 2021. Sources, amounts, and pathways of plastics entering the global ocean. NOC, Southampton.
- Ostend-Bruges airport 2023. Ostend-Bruges airport to become Belgium's second largest solar park. [www.ostendbruges-aeroport.com/solarpark/](http://www.ostendbruges-aeroport.com/solarpark/) (accessed August 2023).
- Reddy, K.R., Cameselle, C. & Adams, J.A. 2019. *Sustainable engineering: drivers, metrics, tools, and applications*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Stolz, P. & Frischknecht, R. 2019. Comparative life cycle assessment of geosynthetics versus conventional construction materials. [www.eagm.eu](http://www.eagm.eu).
- Tekman, M.B., Walther, B.A., Peter, C., Gutow, L. & Bergmann, M. 2022. Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems. WWF Germany, Berlin.
- UNI EN ISO 12236:2006. Geosintetici - Prova di punzonamento statico (metodo CBR).
- UNI EN ISO 13433:2006. Geosintetici - Prova di punzonamento dinamico (prova di caduta del cono).
- UNI EN ISO 10319:2015. Geosintetici - Prova di trazione a banda larga.
- UNI EN ISO 11058:2019. Geotessili e prodotti affini - Determinazione delle caratteristiche di permeabilità all'acqua perpendicolare al piano, senza carico.
- UNI EN ISO 12956:2020. Geotessili e prodotti affini - Determinazione della dimensione di apertura (opening size) caratteristica.

## ABSTRACT

### USE OF GEOSYNTHETICS FOR THE REDUCTION OF THE CO<sub>2</sub> EMISSIONS IN THE CONSTRUCTION OF THE OSTEND-BRUGES AIRPORT

Keywords: carbon footprint, geosynthetics, geotextiles, microplastics, sustainability

In the context of the construction of a new aircraft parking area in the Ostend-Bruges airport (Belgium), a tailor-made woven geotextile was used to reinforce the foundation soil. The geotextile was selected for this purpose in view of several benefits compared to the alternative traditional solution, which consisted in the construction of a 0.1-m-thick layer of gravel. This technical note is focused on the analyses that highlighted a remarkable reduction in the CO<sub>2</sub> emissions (greater than 77%) associated with the geosynthetics-based solution, compared to the alternative solution based on the use of granular materials, and it further addresses the hot topic of a possible release of microplastics. For the case study of the Ostend-Bruges airport, the reduction in the release of microplastics was approximately equal to 97%, thanks to the relevant savings in terms of movement of trucks for the material transportation.