

APPLICAZIONE DEL GEOCOMPOSITO MACRIT® NELLA COSTRUZIONE DELLA STRUTTURA INFERIORE DELLE FERROVIE DELLA REPUBBLICA SLOVACCA

*Ing. Ján Špánik, M.Sc.
REMING Consult a.s., Bratislava, Slovakia*

Introduzione

Struttura lineare – ammodernamento della linea ferroviaria Trnava – Nové Mesto nad Váhom km 47.550 – 100.500 per velocità di crociera fino a 160 km/h facente parte del Corridoio ferroviario Europeo Nr. V (Venice – Trieste/Koper – Ljubljana – Budapest – Uzhgorod – Lvov). Diramazione A del Corridoio, lungo 545 km, corre attraverso la Slovakia, sul tratto Bratislava – Žilina – Košice – Čierna nad Tisou – confine ucraino.

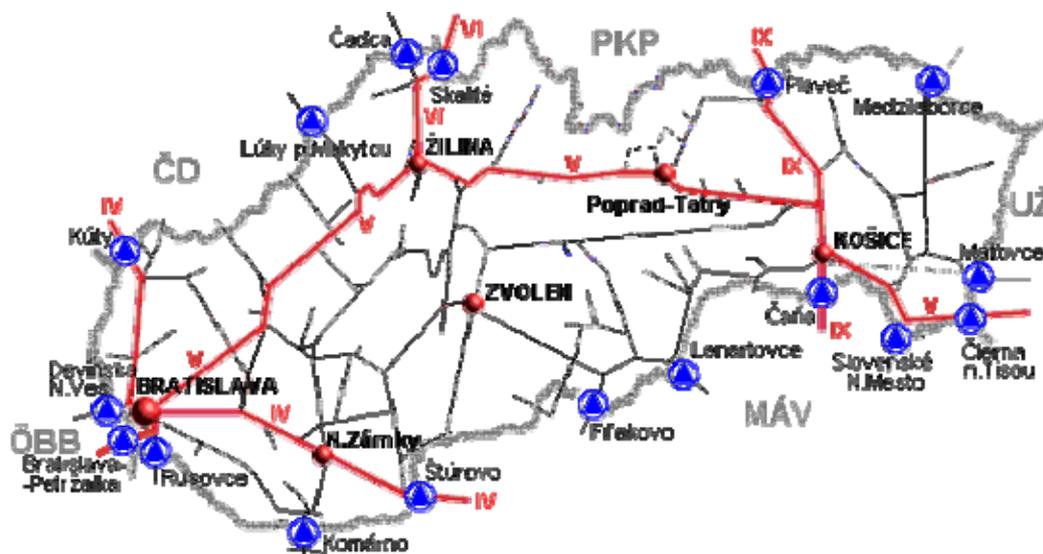


Fig. 1 Mappa dei corridoi ferroviari europei nella Repubblica Slovacca.

Dati essenziali caratterizzanti il progetto costruttivo.

L'investitore del progetto e l'organizzazione richiedente la documentazione progettuale sono le Ferrovie della Repubblica Slovacca (*Železnice Slovenskej republiky - ŽSR*).

I principali ingegneri consulenti sono REMING Consult a.s., Bratislava. REMING Consult al momento sono i principali ingegneri consulenti per una sezione di ammodernamento delle linee ferroviarie di 150 km del Corridoio Nr. V Pan-Europeo a vari stadi di completamento dei lavori di documentazione progettuale.

REMING Consult a.s è un'azienda di ingegneri progettisti e consulenti. Offre ai suoi clienti sia servizi di gestione progettuale per progetti di sviluppo nel settore trasporti, civile, immobiliare ed amministrativo, che di ingegneria e costruzione industriale.

REMING Consult a.s. è stata fondata nel 1997. La sede principale è a Bratislava e nel 2000 la società ha aperto un ufficio a Žilina. REMING Consult a.s. ha più di 50 dipendenti a tempo pieno.

Lo scopo principale del progetto costruttivo è di ammodernare le infrastrutture tecniche della linea ferroviaria affinché corrispondano ai seguenti parametri:

AGC –trattato europeo sulle principali linee ferroviarie internazionali (1985);

AGTC –trattato europeo sulle principali vie di trasporto combinato internazionale (1993)

Descrizione tecnica del progetto

Il rinnovamento della linea ferroviaria nella tratta compresa fra Nové Mesto e Váhom prevede velocità di progetto fino 160 Km/ora e comporterà la modifica di oltre 600 opere d'arte. La lunghezza totale di questo rinnovamento sarà di 52.950 metri. In questa sezione di lavori saranno ristrutturare quattro stazioni e saranno costruite sei nuove fermate. Dalla sede ferroviaria, saranno asportati circa 270.000 m³ di materiali ammalorati che verranno riciclati, e circa 1.000.000 di m³ di materiale sarà scavato e portato a discarica. Inoltre il progetto prevede la ricostruzione di 9 cavalcaferrovia, 14 nuovi sottopassi, 3 nuovi scatolari, 11 nuovi cavalcavia, 2 nuovi ponti ferroviari, la ricostruzione di 13 canali e circa 150 chilometri di linea elettrica.

Gli interventi più importanti saranno comunque l'armamento ferroviario e il rinforzo della piattaforma ferroviaria

Armamento ferroviario

L'ammodernamento di questa ferrovia riguarderà soprattutto il rinnovamento dell'armamento consistente in:

- Adeguamento del tracciato per consentire velocità di progetto fino a 160 km/h;
- Adeguamento del peso assiale ammissibile a D4 UIC (22.5 t/asse);
- Adeguamento dei singoli materiali di armamento alle specifiche di progetto.

Inoltre la ricostruzione prevede:

- Rimozione del ballast su tutta la tratta esistente;
- Asportazione di tutte le vecchie rotaie e traversine.

La linea principale sarà realizzata con:

- Rotaie 60 UNI in LRS, posa 6/10, traverse in CAP con attacchi elastici ;
- Massicciata di tipo A con pietrisco basaltico (spessore della massicciata di 350 mm).

Nelle stazioni avremo:

- I binari di corsa e i binari di precedenza costruiti come la linea principale(60 UNI, LRS, traverse in CAP a 6/10);
- Tutti gli altri binari saranno del tipo 49 posati su traverse di legno e massicciata di tipo B.

Piattaforma ferroviaria

Il progetto della piattaforma ferroviaria prevede:

- Ricostruzione della parte più profonda del corpo stradale;
- modifica ed allargamento delle fondazioni;
- allargamento del rilevato e in molti casi ricostruzione totale dello stesso;
- asportazione di tutti gli inerti contaminati;
- eliminazione delle acque mediante opportuni drenaggi;
- piantumazione di arbusti sulle spalle dei rilevati;
- ricostruzione del piano di posa delle traverse.

Il piano di posa delle traverse è stato progettato nel rispetto della normativa ferroviaria vigente nella Repubblica Ceca.

Sono richiesti i seguenti valori limite del modulo di deformazione determinato dalle prove di carico statico:

- per la piattaforma dei binari di corsa: 50 MPa
- per la piattaforma dei binari di precedenza: 40 MPa
- per la piattaforma dei binari di stazione 30 MPa

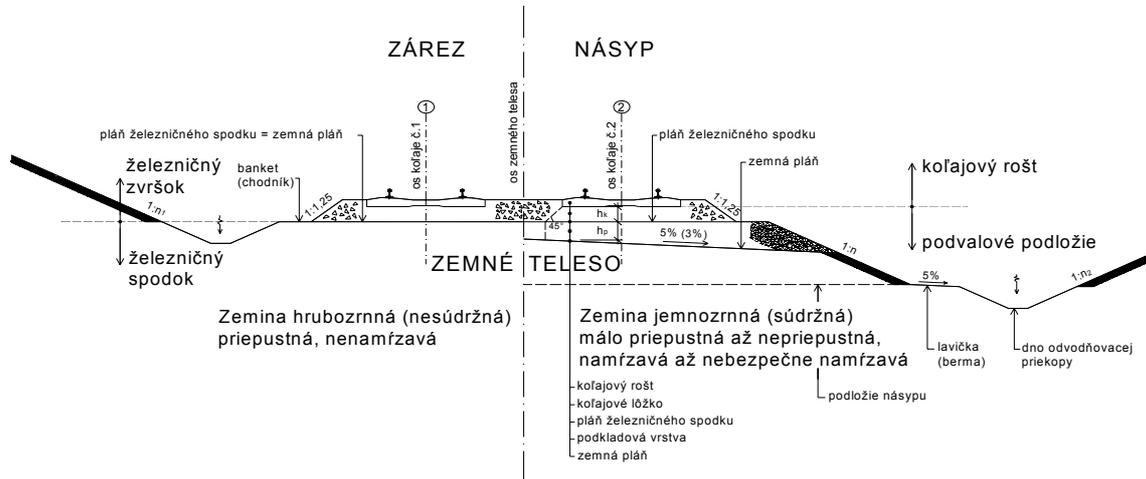


Fig. 2 Tipica sezione trasversale della ferrovia a doppio binario.

ZÁREZ	CUT
NÁSYP	FILL
plán železničného spodku = zemná plán	railway substructure subgrade
železničný zvršok	railway superstructure
banket (chodník)	pathway
os koleje č. 1	centreline of track number one
os zemného telesa	centreline of the earth body
os koleje č. 2	centreline of track number two
plán železničného spodku	railway substructure subgrade
zemná plán	earth subgrade
koľajový rošt	rail-and-sleeper grid
železničný spodok	railway substructure
ZEMNÉ TELESO	EARTH BODY
podvalové lože	sleeper bed
Zemina hrubozrnná (nesúdržná) priepustná, nemfzavá	course-grain (non-cohesive) soil, permeable, not susceptible to frost
Zemina jemnozrnná (súdržná) málo priepustná až nepriepustná, namfzavá až nebezpečne namfzavá	fine-grain (cohesive) soil, low to no permeability, susceptible to frost
koľajový rošt	track-and-sleeper grid
koľajové lôžko	track bed
plán železničného spodku	railway substructure subgrade
podkladová vrstva	base layer
zemná plán	earth subgrade
podložie násypu	fill subgrade
lavička (berma)	berm
Dno odvodňovacej priekopy	draining trench bottom

Una indagine geologica che è stata condotta su tutta l'estensione della linea, ha determinato valori esistenti del modulo di deformazione del sottofondo del terreno tra i 200 ed i 600 m, tramite prove di carico statico. I parametri fisici e meccanici del terreno sono stati determinati dai campioni raccolti, e i livelli dell'acqua del sottofondo sono stati ottenuti tramite perforazione.

In base a questi rilievi, sezioni della stessa tipologia e capacità di carico furono divise nei così detti complessi quasi-omogenei, per i quali è stato progettato lo stesso tipo di costruzione di piattaforma

La scelta progettuale della piattaforma ferroviaria è il risultato di una indagine geologica mirata in particolare all'analisi del modulo di deformazione del cuore del sottofondo, ottenuto dalle prove di carico statico, dal tipo di terreno del sottofondo e dalle sue proprietà, vale a dire permeabilità e predisposizione al gelo. Sono stati progettati due tipi di costruzioni di traversine per l'intera sezione, a seconda della capacità di carico del sottofondo.

Nelle sezioni i valori raggiunti dal modulo di deformazione erano maggiori di 15 Mpa e il materiale del sottofondo consisteva di terreni con struttura a grana fine e poco permeabili fino a terreni non permeabili, era progettato un tipo di traversina con un geocomposito di rinforzo ed uno strato di base.

Il sottofondo con una pendenza progettuale del 3% deve essere drenato accuratamente, trattato e compattato. Come geocomposito di rinforzo del sottofondo fu utilizzato MACRIT GTV, un materiale composto da un geotessile non tessuto e da una georete di rinforzo. MACRIT GTV agisce come componente combinato di rinforzo, drenaggio e separazione della struttura di sottofondo delle traversine. Quando vengono installati, i geocompositi vengono posati con lo strato di geo-tessile sulla parte superiore, che proteggerà la georete quando gli strati di copertura vengono compattati.

Il geocomposito specificato dal progetto è MACRIT GTV 50/50 B in altezza 5.3 m e resistenza di 50 kN/m, con un sormonto del 12% su ciascuna parte terminale ed una massa areica di 370 g/m², fornito in rotoli da 100 m. Il letto di ghiaia frantumata che viene applicato allo strato di geocomposito deve venir compattato uniformemente, e lo strato di base compattato e distribuito non deve essere più spesso di 0,20 m. La densità relativa I_d (?) deve essere almeno 0,80. Per gli strati di sottofondo il progetto specifica ghiaia frantumata con sezione di 0 – 32 mm, realizzata con pietra naturale o materiale riciclato. Il materiale dei letti deve soddisfare le specifiche generali del TNŽ 72 1514, e non deve essere d'origine calcarea o dolomitica. Il letto dell'intera sezione diagonale è diviso lungo tutta la sezione in base al modulo di deformazione del sottofondo, ed è stato determinato tramite i calcoli effettuati con la metodologia ŽSR. I calcoli considerarono l'effetto rinforzante del geocomposito GTV 50/50 B riducendo del 30% lo spessore del letto ottenuto dai calcoli stessi.

Nelle sezioni in cui il modulo di deformazione del sottofondo è inferiore a 15 Mpa e il sottofondo è costruito con terreno a grana fine con bassa permeabilità o privo della stessa, il progetto specifica un tipo di fondamenta della traversina con uno strato di calce per stabilizzare il sottofondo, rinforzato con un geocomposito ed uno strato di base. Quando le fondamenta della traversina sono stabilizzate con calce ed il fattore ph dello stabilizzatore è > 9, deve essere utilizzato il geocomposito MACRIT GTV PP 50/50 B polipropilene (PP). Quando vengono costruiti gli strati della struttura di base, deve essere posta attenzione a non danneggiare il sottofondo (anche se stabilizzato) o il materiale geosintetico posto sopra lo stesso.

Uno dei vantaggi dell'utilizzo del geocomposito MACRIT è che esso permette che il sottofondo venga costruito con una pendenza del 3% mantenendo le proprietà del sottofondo, come ad esempio un buon drenaggio.

L'utilizzo di una pendenza del 3% ha permesso di ridurre notevolmente il volume dei lavori relativi al terrapieno sia in fase di scavo della struttura inferiore della ferrovia, che durante la fase progettuale del canale di drenaggio.



Fig. 3 The MACRIT GTV 50/50 B geocomposite

Esperienza maturata grazie ai lavori di costruzione e documentazione fotografica.

Nell'aprile 2005 cominciarono i lavori sul progetto di ammodernamento della linea ferroviaria Trnava – Nové Mesto nad Váhom km. km 47.550 – 100.500 per velocità di crociera fino a 160 km/h. Il tratto ferroviario fa parte del Corridoio Ferroviario Pan-Europeo Nr.V, e REMING Consult a.s., Bratislava è anche il supervisore consulente ingegneristico del progetto in loco.

La prima sezione ad essere stata ammodernata è quella tra le stazioni ferroviarie di Brestovany e Leopoldov, lunga 4650 m. I lavori iniziarono con la rimessa a nuovo del binario nr.uno. Dopo aver rimosso la vecchia griglia delle traversine e dei binari, il letto del binario è stato scavato ed il materiale è stato riciclato presso impianti di riciclo e riutilizzato. A ciò seguì lo scavo del vecchio strato di base fino al livello del sottofondo del terreno, come specificato nella documentazione progettuale. Il sottofondo fu modificato e compattato fino a raggiungere una pendenza trasversale del 3%.

Sul sottofondo modificato in questo modo l'appaltatore effettuò prove di carico statico ad intervalli di 200 m, che rivelarono capacità di carico del sottofondo considerevolmente inferiori rispetto a quelle determinate dalla supervisione geotecnica del letto delle traversine.

Per questo motivo fu necessario revisionare il progetto della struttura delle fondamenta della traversina. In seguito alla discussione del problema con l'investitore, fu presa la decisione di incrementare la capacità di carico del sottofondo stabilizzandolo con calce o con cemento. L'optare per questa alternativa eliminò la necessità di ulteriori lavori di scavo, il quale volume totale sarebbe risultato incrementato, come il volume della ghiaia frantumata nello strato di base.

I risultati delle prove di carico statico effettuate sul sottofondo della struttura inferiore della ferrovia convalidarono l'effetto rinforzante del geocomposito MACRIT GTV 50/50, come la qualità del materiale usato negli strati di base, ed anche la qualità del lavoro realizzato. Dopo che fu dimostrato che i valori del modulo di deformazione sul sottofondo della struttura inferiore delle ferrovie erano conformi ai minimi richiesti, i lavori proseguirono sulla parte superiore della ferrovia. Dopo aver distribuito e compattato il letto, si diede inizio alle operazioni di posa dei binari della ferrovia. Nel giugno 2005 si iniziò la fase operativa delle prove della sezione tra le stazioni ferroviarie di Brestovany e Leopoldov, binario numero uno, seguito dall'ammodernamento del binario numero due.



Brestovany – Leopoldov, static loading test of the earth subgrade



Brestovany – Leopoldov, laying the MACRIT GTV 50/50 B geocomposite



Brestovany – Leopoldov, spreading the base layer of crushed gravel fraction 0 – 32 mm



Brestovany – Leopoldov, modernised section of track number one