

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE AMERIGO VESPUCCI

Opera

PROJECT REVIEW – PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE AL 2035

Titolo Documento Completo




Piano di Utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo  
Relazione di Approfondimento sul trattamento a calce

Livello di Progetto

PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE - MASTERPLAN

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE COMPLETO
PSA	00	Marzo 2024	N/A	FLR-MPL-SAI-PUT1-016-SU-RT_Rel Approf Tratt Calce
				TITOLO RIDOTTO
				Rel Approf Tratt Calce

00	03/2024	Emissione per procedura VIA-VAS	MCP-Ambiente-Architecna	C. Naldi	L. Tenerani
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>COMMITTENTE PRINCIPALE</p>  <p>ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</p>  <p>DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>	<p>SUPPORTI SPECIALISTICI</p> <p>CONSULENZA SPECIALISTICA</p> <p>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE PER ADEGUAMENTO E SVILUPPO DELLE OPERE INFRASTRUTTURALI AIRSIDE</p>  <p>CONSULENTE SPECIALISTICO Ing. Alessandro Marradi</p> <p>Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze N°3550</p>
<p>POST HOLDER PROGETTAZIONE Ing. Lorenzo Tenerani</p> <p>POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'ippolito</p> <p>POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini</p>	<p>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Claudia Naldi Ordine degli Ingegneri di Firenze n. 7122</p>	

## INDICE

INDICE .....	2
1. PREMESSA.....	3
2. INTRODUZIONE.....	5
3. INDIVIDUAZIONE DELLE OPERE CHE RICHIEDONO IL TRATTAMENTO A CALCE .....	7
4. DETERMINAZIONE DEI QUANTITATIVI DI TERRA DA SCAVO OGGETTO DI RIUTILIZZO PREVIO TRATTAMENTO A CALCE .....	9
4.1 Opere aeroportuali interne al sedime aeroportuale .....	9
4.1 Opere di supporto all'attività aeroportuale interne al sedime.....	13
4.2 Terminal passeggeri e opere connesse.....	14
4.3 Pista ciclabile.....	15
4.4 Opere di viabilità esterna e interna all'aeroporto.....	16
5. LA FINALITA' DI MIGLIORAMENTO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DEL TRATTAMENTO A CALCE.....	25
6. LE ASSUNZIONI TECNICHE DI BASE PER LA DEFINIZIONE DELLE SPECIFICHE OPERATIVE DI TRATTAMENTO A CALCE.....	28
7. ANALISI DELLA PRODUTTIVITA' DEI MEZZI DI CANTIERE CALCE.....	31
8. I CAMPI DI STABILIZZAZIONE.....	33
9. VERIFICA DEI TEMPI DI LAVORAZIONE .....	38
10. VERIFICA DEI TEMPI DI LAVORAZIONE .....	40
10.1 Criteri di protezione ambientale.....	40

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione di approfondimento sul trattamento a calce nell'ambito del piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo parte integrante della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale (o Masterplan) al 2035 dell'aeroporto di Firenze, qui sviluppata e dettagliata ad un livello tecnico ritenuto congruo con le finalità della presente fase procedurale, comunque non inferiore a quello del progetto di fattibilità tecnica ed economica di cui all'art. 41 del D. Lgs. n. 36/2023.

Il citato approfondimento tecnico viene previsto ad integrazione della Sezione Generale della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale al 2025, predisposta in aderenza alle normative e/o regolamenti specifici del settore aeronautico, rispetto alla quale si pone l'obiettivo di elaborare ulteriori elementi tecnici di studio, dettaglio, analisi e progettazione, ritenuti necessari ai fini del compiuto espletamento dei procedimenti amministrativi (di compatibilità ambientale e di autorizzazione) ai quali risulta per legge assoggettato lo strumento del Piano di Sviluppo Aeroportuale, così integrato in modo da rafforzarne la valenza e la funzione progettuale, strettamente interconnessa con quella pianificatoria e programmatica di investimento.

Le informazioni di seguito riportate vanno, pertanto, analizzate in stretta correlazione rispetto ai più ampi ed estesi aspetti tecnico-economici trattati all'interno dei documenti afferenti alla Sezione Generale del Masterplan, con i quali esse si relazionano secondo un processo capillare di progressivo approfondimento e dettaglio, ritenuto utile per una più completa, consapevole e piena visione dell'insieme delle previsioni di trasformazione dello scalo aeroportuale e delle aree circostanti, e per una più esauriente analisi e comprensione della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale.

La citata Project Review costituisce la nuova formulazione tecnica delle previsioni progettuali e di investimento che ENAC prevede di attuare, nel medio-lungo periodo (orizzonte 2035, coerente con quello del Piano Nazionale degli Aeroporti in fase di aggiornamento), relativamente all'infrastruttura aeroportuale di Firenze, redatta dal Gestore aeroportuale di intesa con l'Ente regolatore in attuazione degli obblighi di miglioramento, ottimizzazione e sviluppo dell'aeroporto insiti nel contratto di concessione che lega lo stesso Gestore alle Istituzioni dello Stato (Ministero delle Infrastrutture e ENAC) per la gestione totale dell'infrastruttura aeroportuale (bene dello Stato). Ne consegue che l'insieme documentale di cui la presente relazione costituisce parte integrante deve essere visto e analizzato nella propria autonomia e indipendenza sostanziale, per quanto inevitabilmente consequenziale rispetto al precedente Masterplan 2014-2029 col quale risultano ancora sussistenti più elementi di dialogo che, tuttavia, ci si pone l'obiettivo di non assurgere a valenza prodromica e a funzionalità necessaria per una completa illustrazione, definizione e comprensione del nuovo Piano di Sviluppo Aeroportuale 2035.

Si auspica, infine, di aver esaurientemente e correttamente tradotto e trasferito, all'interno della documentazione di cui al nuovo Masterplan 2035, quel prezioso bagaglio di esperienza e quell'insieme di utili risultanze derivanti dal dialogo costruttivo e dialettico che, nell'ultimo decennio, ha visto in più momenti la partecipazione di ENAC, del Gestore aeroportuale, degli Enti/Amministrazioni interessati, delle Istituzioni nazionali e regionali, dei vari stakeholders e della cittadinanza attiva intorno ai temi relativi al trasporto aereo, alla multimodalità della mobilità, al ruolo della rete aeroportuale territoriale toscana e al futuro dello scalo aeroportuale di Firenze, che ENAC vede sempre più strategico, integrato e funzionale alla rete nazionale ed europea dei trasporti.

## 2. INTRODUZIONE

Il presente documento fornisce le informazioni di natura tecnico-ambientale relative alle previste modalità di trattamento a calce di talune volumetrie di terre da scavo prodotte e riutilizzate nell'ambito del Masterplan al 2027-2035 dell'Aeroporto di Firenze.

In coerenza con quanto indicato nella Relazione metodologica inerente la modalità di gestione degli inerti e delle terre da scavo e i relativi presupposti normativi e metodologici, il trattamento a calce previsto in progetto è finalizzato esclusivamente al miglioramento delle caratteristiche geotecniche delle terre da scavo e, come tale, viene inquadrato nell'ambito della cosiddetta "normale pratica industriale" applicata a terre da scavo che saranno gestite come sottoprodotto ai sensi dell'art. 184bis del D. Lgs 152/ 2006 e smi.

Come evidente dalle altre sezioni documentali riferite alla complessiva analisi della gestione delle terre da scavo prodotte nell'ambito del Masterplan aeroportuale, risulta oggettivamente dimostrato che, già nelle condizioni in cui si trova al termine delle operazioni di scavo (o di asportazione di rilevati in terra), il materiale terrigeno che si prevede di sottoporre a trattamento a calce rispetta tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti (terrigeni) e la protezione della salute e dell'ambiente, e che l'impiego dello stesso non comporta impatti complessivi negativi sull'ambiente. In tal senso, le terre da scavo per le quali si prevede l'applicazione del pre-trattamento a calce prima del riutilizzo hanno tutti i requisiti indicati dal DPR 120/ 2017 per essere considerati sottoprodotti prima del trattamento stesso.

Il trattamento a calce è, infatti, ritenuto necessario nell'ambito della realizzazione delle sole opere infrastrutturali caratterizzate da rilevati, pavimentazioni, cassonetti e zone di transizione soggette o potenzialmente interessate dal passaggio/ sosta di mezzi pesanti (aeromobili, autoveicoli, automezzi) e, conseguentemente, da importanti carichi statici e dinamici, in quanto volto a migliorare le caratteristiche di portanza e resistenza di quei soli terreni che saranno esposti alle citate sollecitazioni e carichi.

Si tratta, in particolare, della nuova viabilità dell'Osmannoro, della viabilità di accesso e di servizio aeroportuale, della nuova pista di volo e dei relativi raccordi (o taxiways) e piazzali.

Il trattamento previsto risulta necessario per le sole finalità di miglioramento geotecnico dei materiali (senza condizionare il rispetto dei requisiti di qualità) il cui impiego è previsto nell'ambito di opere di esclusiva valenza e funzione

infrastrutturale (opere viarie ed aeroportuali). Saranno sottoposti a trattamento a calce materiali terrigeni che, nell'ambito della caratterizzazione ambientale preventiva, sono risultati già privi di contaminazione e conformi alle caratteristiche di cui alla Colonna A, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, parte IV del D. Lgs 152/ 2006 e smi.

Si precisa inoltre che, dato quanto sopra descritto, l'impiego delle terre trattate a calce non interferirà in alcun modo con la possibilità di porre a dimora idonea copertura vegetazionale con particolare riguardo ad argini, dune antirumore e altri interventi di rilevanza paesaggistica

### 3. INDIVIDUAZIONE DELLE OPERE CHE RICHIEDONO IL TRATTAMENTO A CALCE

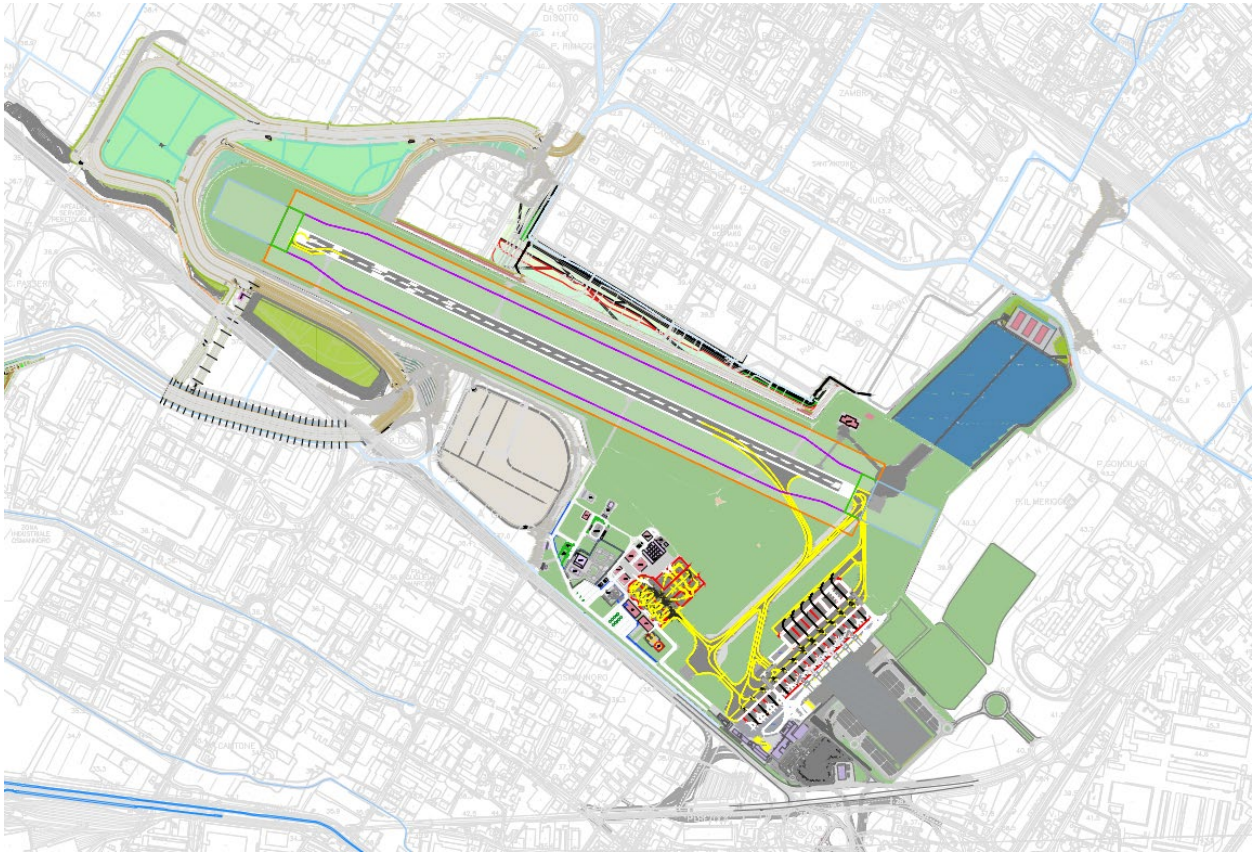
Il Masterplan 2027-2035 prevede la riqualifica dell'attuale scalo aeroportuale di Firenze con realizzazione della nuova pista di volo, dei relativi raccordi e piazzali aeromobili, la realizzazione del nuovo Terminal Passeggeri, della viabilità di accesso e dei parcheggi, la realizzazione in area Ovest dell'area logistica, oltre alle opere propedeutiche necessarie alla realizzazione del nuovo sistema aeroportuale.

Alla luce di quanto precedentemente specificato, le opere progettate, per la realizzazione delle quali si ha necessità di aumentare la capacità portante del terreno, prevedono di sottoporre a preliminare trattamento a calce, inquadrabile nella c.d. "normale pratica industriale", parte delle terre da scavo che saranno riutilizzate per la realizzazione di sole opere di tipo infrastrutturale e, in particolare, per la formazione di rilevati, pavimentazioni, cassonetti e zone di transizione soggette, o potenzialmente interessate, dal passaggio/ sosta di mezzi pesanti (aeromobili, autoveicoli, automezzi) e, conseguentemente, da importanti carichi statici e dinamici.

In tal senso, il trattamento a calce si rende necessario con l'esclusiva finalità di miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche di quelle terre da scavo che, altrimenti, riutilizzate direttamente e sottoposte alla sola compattazione non avrebbero la portanza, la resistenza e le altre qualità geotecniche richieste in caso di sollecitazione ai carichi statici e/o dinamici di progetto.

In particolare, le opere di interesse sono le seguenti:

- nuova viabilità dell'Osmannoro (prevista in risoluzione dell'interferenza sussistente fra la nuova pista di volo e l'attuale via dell'Osmannoro);
- nuova viabilità di accesso alla porzione ovest del sedime aeroportuale e nuovo tratto di viabilità perimetrale aeroportuale;
- nuova pista di volo (runway, runway shoulder, runway strip, resa);
- nuovi raccordi (o taxiways) e piazzali.



*Figura 1 Nuova Pista di Volo e annessi raccordi; viabilità di accesso alla porzione occidentale del sedime*



## 4. DETERMINAZIONE DEI QUANTITATIVI DI TERRA DA SCAVO OGGETTO DI RIUTILIZZO PREVIO TRATTAMENTO A CALCE

Ai fini della determinazione delle quantità di materiale proveniente dalle operazioni di scavo che saranno soggette, in apposite aree di lavorazione, a trattamenti di stabilizzazione con calce, si è proceduto ad analizzare le sezioni tipo previste per le infrastrutture da realizzarsi sia all'interno che all'esterno del sedime aeroportuale e, contestualmente, ad eseguire, per ogni infrastruttura, il relativo bilancio delle terre e degli inerti. Le tecniche costruttive che possono impiegarsi in questi casi sono diverse e devono essere selezionate in base allo spessore dello strato cedevole ed alle caratteristiche del terreno.

### 4.1 Opere aeroportuali interne al sedime aeroportuale

Per quanto concerne le aree interne al sedime aeroportuale, il progetto prevede, nella prima fase di attuazione del Masterplan (scenario 2027), la realizzazione di:

- Nuova Pista di volo con orientamento 11-29;
- Piazzali (Apron 100) e Raccordi (Taxiways);

Si tratta di opere afferenti alla WBS 16 di cui al bilancio dei materiali inerti. Le sezioni tipo delle infrastrutture da realizzare vengono riportate di seguito alle pagine successive. Per quanto concerne l'insieme degli interventi previsti si rimanda agli approfondimenti progettuali di ognuno di essi.

Preme osservare che ogni operazione di scavo prevista nel progetto prevede l'esecuzione di un preventivo scavo superficiale per la rimozione del terreno vegetale; tale strato è pari a circa 20 cm dal piano campagna, ed è composto da terreno non idoneo alla realizzazione dei rilevati di riempimento.

Sulla base della successione delle lavorazioni previste e delle caratteristiche dei terreni oggetto delle operazioni di scavo è stato possibile individuare un bilancio dei materiali da movimentare in cantiere.

In particolare, per ognuna delle infrastrutture previste in progetto, si riportano di seguito i volumi di terreno da scavare ed i volumi di terreno reimpiegabili (Tabella 1).

Per la Pista di volo e le relative fasce di sicurezza, considerando quanto riportato nel Piano di cantierizzazione, si è preferito indicare le movimentazioni di materiale individuando n. 9 tratti così definiti:

- Pista di volo - Tratto A

- Pista di volo - Tratto B
- Pista di volo - Tratto C
- Pista di volo - Tratto D
- Pista di volo - Tratto E
- Pista di volo - Tratto F
- Pista di volo - Tratto G
- Pista di volo - Tratto H
- Pista di volo - Tratto I

Si riportano di seguito le Sezioni Tipo previste per le infrastrutture di volo interessate dalle operazioni di trattamento delle terre mediante stabilizzazione a calce e la Tabella di sintesi con l'indicazione, in particolare, delle quantità di materiale terroso che saranno trasportate e lavorate all'interno del campo di stabilizzazione di cui alla presente Relazione tecnica

Tabella 1. WBS16: bilancio dei materiali inerti. In rosso si evidenzia il fabbisogno di materiale necessario previo trattamento a calce

WBS	WBE	Descrizione opere	PRODUZIONE TERRE						FABBISOGNO TERRE						
			Produzione totale	Terraceo vegetale da scavo superficiali	Terraceo vegetale da gestire come rifiuto	Terre da scavo sub-superficiali e	Terre da rimozione operaie terra	Demolizio e manufatti (RIFIUTO)	Rifiuto da professione terre di scavo	Fabbisogno totale	fabbisogno terreno vegetale	fabbisogno terre e inert	sub-fabbisogno terre AT-6	sub-fabbisogno terre A6	sub-fabbisogno terre da trattare a calce
16.a	Pista di volo - tratto A	20 333	7 430	743	15 443	0	0	0	23 302	0	23 302	3 641	0	4 393	
16.b	Pista di volo - tratto B	11 215	3 000	300	6 443	1 172	0	0	27 631	0	27 631	533	0	13 034	
16.c	Pista di volo - tratto C	8 833	3 330	333	5 363	0	0	0	32 860	0	32 860	2 073	0	13 066	
16.d	Pista di volo - tratto D	1 377	300	30	477	0	0	0	3 016	0	3 016	306	0	3 331	
16.e	Pista di volo - tratto E	13 688	2 223	222	4 742	6 723	0	385	3 184	0	3 184	3 363	0	1 511	
16.f	Pista di volo - tratto F	30 632	2 778	278	27 854	0	0	17 455	57 982	0	57 982	7 464	0	21 142	
16.g	Pista di volo - tratto G	11 432	1 074	107	2 621	7 737	0	0	3 609	0	3 609	786	0	753	
16.h	Pista di volo - tratto H	4 431	1 121	112	2 750	0	0	0	7 320	0	7 320	752	0	1 623	
16.i	Pista di volo - tratto I	752	752	75	0	0	0	0	822	0	822	632	0	0	
16.j	Strip della pista - tratto A	484 353	109 447	10 945	288 535	86 571	0	75 823	410 532	34 634	315 958	315 958	0	0	
16.k	Strip della pista - tratto B	5 354	2 231	223	3 663	0	0	0	2 475	1 780	635	635	0	0	
16.l	Strip della pista - tratto C	21 816	3 571	357	12 245	0	0	0	15 874	8 887	6 987	6 987	0	0	
16	16.m	TWY D	25 403	10 539	1 060	14 804	0	0	1 220	18 092	1 208	16 884	1 519	0	5 472
	16.n	TWY A	10 521	1 657	166	8 864	0	0	0	10 045	1 753	8 293	824	0	2 645
	16.o	TWY A	33 374	1 154	115	32 919	0	0	0	36 739	260	36 478	1	0	13 263
	16.p	TWY B	28 311	6 442	644	22 463	0	0	0	16 861	2 470	14 391	25	0	5 377
	16.q	Ampliamento Apron 100 tratto A	24 481	2 552	255	21 929	0	0	0	20 091	105	19 986	1	0	6 065
	16.r	Ampliamento Apron 100 tratto B	38 046	1 837	184	30 210	0	0	0	53 836	0	53 836	11 156	0	12 633
	16.s	Viabilità perimetrale tratto A	283	133	20	30	0	0	0	457	63	394	251	0	33
	16.t	Viabilità perimetrale	56 106	36 483	3 648	19 623	0	0	0	55 746	4 626	51 120	30 581	0	9 958
	16.u	Demolizione e rimozione rilevati stradali/arginali interferenti	0	0	0	0	0	4 364	0	0	0	0	0	0	0
	16.v	Tubazioni e disolatori pista di volo e strip	87 080	0	0	87 080	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16.w	Tubazioni e disolatori TWY dorsale	26 525	0	0	26 525	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16.x	Tubazioni e disolatori Apron 100 e ampliamento	34 000	0	0	34 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	<b>Neora pista di volo I1/23</b>	<b>381 053</b>	<b>211 500</b>	<b>21 150</b>	<b>666 756</b>	<b>102 803</b>	<b>4 364</b>	<b>34 883</b>	<b>812 537</b>	<b>115 786</b>	<b>636 811</b>	<b>388 215</b>	<b>0</b>	<b>115 344</b>	

Come dettagliato nel bilancio materiali il fabbisogno di cui sopra sarà colmato internamente alla WBS e in particolare:

- ✓ 68.694 mc saranno riutilizzati all'interno della stessa WBE di produzione previo trasposto presso l'area di trattamento a calce (ATC);
- ✓ 47.881 mc saranno riutilizzati in una WBE diversa da quella di produzione previo trasposto presso l'area di trattamento a calce (ATC).

Saranno, inoltre, trattati a calce ulteriori 6.152 mc di terreno sotto-scotico che saranno rimpiegati nella WBE 21b.

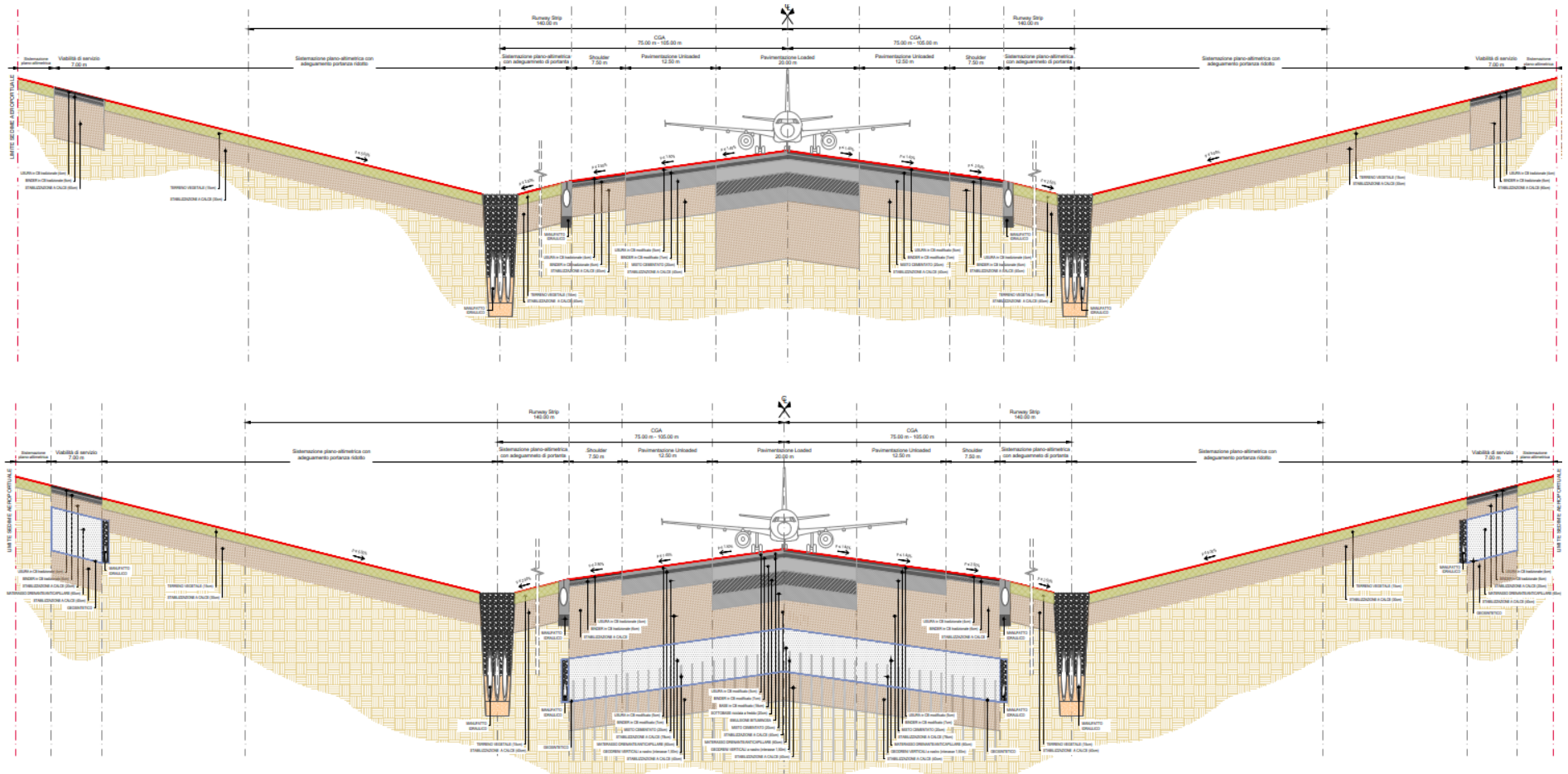
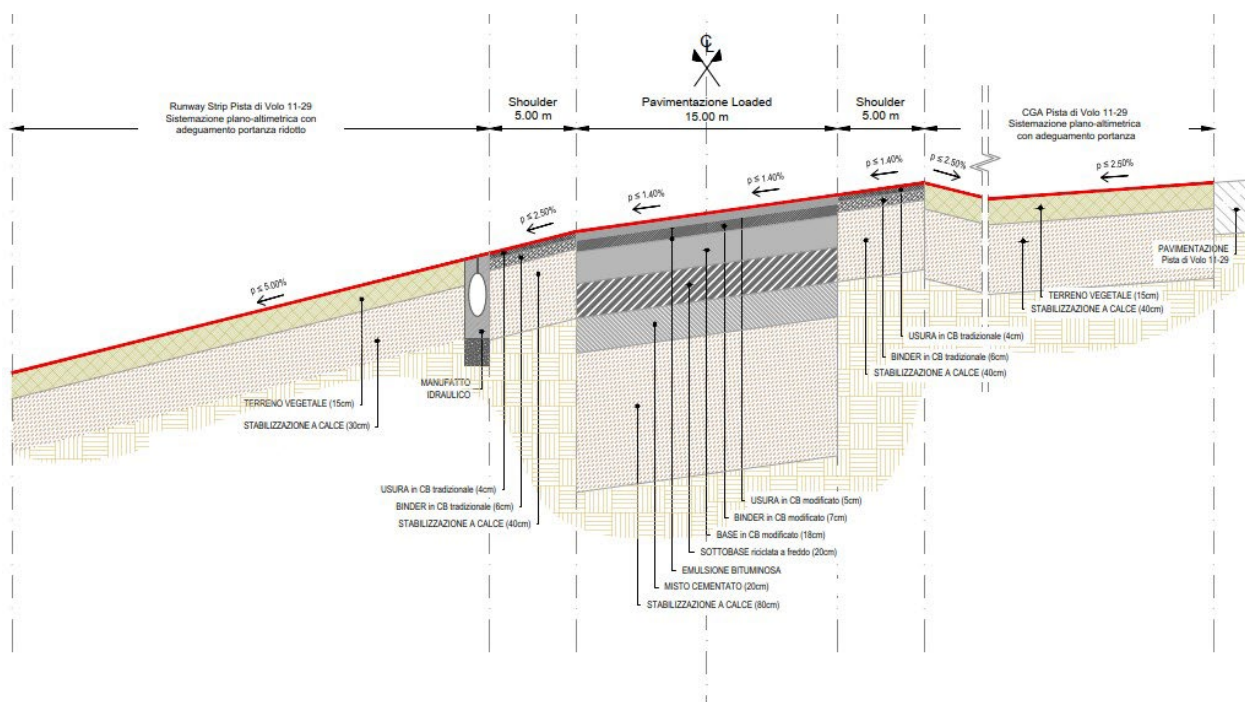


Figura 2. Sezioni tipo Pista di volo



*Figura 3. Sezione tipo taxiways*

#### 4.1 Opere di supporto all'attività aeroportuale interne al sedime

Le attività aeronautiche, per il loro espletamento, hanno necessità di una serie di opere, infrastrutture ed edifici da realizzarsi in aree interne al sedime aeroportuale; il masterplan 2027-2035 ha previsto il progetto per la realizzazione di una serie hangar, edifici e depositi nonché parcheggi e viabilità.

Per quanto concerne l'insieme degli interventi previsti si rimanda al progetto per i dettagli esecutivi di ognuno di essi.

Sulla base della successione delle lavorazioni previste e delle caratteristiche dei terreni oggetto delle operazioni di scavo è stato possibile individuare un bilancio dei materiali da movimentare in cantiere.

Si riporta la Tabella di sintesi con l'indicazione, in particolare, delle quantità di materiale terroso necessarie per la realizzazione della strada perimetrale stabilizzata a calce, quantità che saranno pertanto trasportate e lavorate all'interno del campo di stabilizzazione di cui alla presente Relazione tecnica.

Tabella 2. WBS19: bilancio dei materiali inerti. In rosso si evidenzia il fabbisogno di materiale necessario previo trattamento a calce

VBS	VBE	Descrizione opere	PRODUZIONE TERRE					FABBISOGNO TERRE					
			Produzione totale	Terre da scavo sub-superficiali	Terre da rimozione e opere in terra	Demolizioni manufatti (RIFIUTO)	Rifiuto da produzione terre di scavo	Fabbisogno totale	fabbisogno terreno vegetale	fabbisogno terre e inerti	sub-fabbisogno terre A7-6	sub-fabbisogno terre A6	sub-fabbisogno terre da trattare a calce
	19.a	C03 - Hangar Aeroclub	1785	1250	0	144	0	593	0	593	0	0	0
	19.b	C03 - Hangar Aeroclub - Sistemazioni	117	78	0	0	0	98	0	98	0	0	0
	19.c	C08 - Hangar Officina Mezzi	1430	844	0	38	0	292	0	292	0	0	0
	19.d	C08 - Hangar Officina Mezzi - Sistemazioni esterne	779	519	0	0	0	649	0	649	0	0	0
	19.e	C10 - Distaccamento Vigili del Fuoco	4224	2983	0	0	0	589	0	589	0	0	0
19	19.f	C10 - Distaccamento Vigili del Fuoco - Sistemazioni Esterne	831	554	0	0	0	692	0	692	0	0	0
	19.g	C12 - Locale tecnico 1	64	64	0	73	0	43	0	43	0	0	0
	19.h	C12 - Locale tecnico 2	64	64	0	73	0	43	0	43	0	0	0
	19.i	C12 - Locale tecnico 3	186	119	0	0	0	116	0	116	0	0	0
	19.l	C13 - Alloggi Guardia di Finanza	269	186	0	0	0	83	0	83	0	0	0
	19.m	C13 - Alloggi Guardia di Finanza - Canile	109	49	0	0	0	52	0	52	0	0	0
	19.n	C13 - Alloggi Guardia di Finanza - Sistemazioni esterne	503	335	0	0	0	335	0	335	0	0	0
	19.o	Strada Perimetrale	4610	3073	0	0	0	4610	0	4610	0	0	3073
	19.p	Altre Aree da Pavimentare	1241	827	0	0	0	1241	0	1241	0	0	827
	<b>19</b>	<b>Opere minori interne al sedime di Fase I</b>	<b>16211</b>	<b>10945</b>	<b>0</b>	<b>328</b>	<b>0</b>	<b>9436</b>	<b>0</b>	<b>9436</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3900</b>

Come dettagliato nel bilancio materiali il fabbisogno di cui sopra sarà colmato internamente alla WBS previo trasporto presso l'area ATC.

#### 4.2 Terminal passeggeri e opere connesse

Alcuni terreni delle aree adiacenti al terminal passeggeri necessitano di trattamento a calce, in particolare la viabilità di accesso e quella distributiva perimetrale. Per quanto concerne l'insieme degli interventi previsti si rimanda al progetto per gli approfondimenti di dettaglio di ognuno di essi.

Sulla base della successione delle lavorazioni previste e delle caratteristiche dei terreni oggetto delle operazioni di scavo è stato possibile individuare un bilancio dei materiali da movimentare in cantiere

Si riporta la Tabella di sintesi con l'indicazione, in particolare, delle quantità di materiale terroso necessarie per la realizzazione della strada perimetrale stabilizzata a calce, quantità che saranno pertanto trasportate e lavorate all'interno del campo di stabilizzazione di cui alla presente Relazione tecnica.

Tabella 3. WBS20: bilancio dei materiali inerti. In rosso si evidenzia la previsione di trattamento a calce finalizzato alla realizzazione dei rinterri/rilevati

VBS	VBE	Descrizione opere	PRODUZIONE TERRE					FABBISOGNO TERRE					
			Produzione totale	Terre da scavo sub-superficiale	Terre da Rimozioni e opere in terra	Demolizione manufatti (RIFIUTO)	Rifiuto da produzione terre di scavo	Fabbisogno totale	fabbisogno terreno vegetale	fabbisogno terre e inerti	sub-fabbisogno terre A7-6	sub-fabbisogno terre A6	sub-fabbisogno terre da trattare a calce
	20.a	Nuovo Terminal - edifici partenze e arrivi	82 421	41216	0	0	0	16 363	0	16 363	16 363	0	0
	20.b	Nuovo Terminal - Interato	9 629	9 507	0	0	0	4 733	61	4 672	4 672	0	0
	20.c	Nuovo Terminal- parcheggi coperti e	11 313	1 828	0	0	0	330	0	330	330	0	0
	20.d	Nuovo Terminal - terrapieno	0	0	0	0	0	167 326	13 847	153 479	153 479	0	0
	20.e	Nuovo Terminal - tetto verde: proiezione extra edifici	12 547	7 460	0	0	0	18 205	14 695	3 510	3 510	0	0
20	20.f	Nuovo terminal - torrioni	2 286	1 682	0	0	0	583	0	583	583	0	0
	20.g	Nuovo terminal - viabilità	20 513	4 103	0	0	0	59 257	0	59 257	0	0	24 615
	20.h	Nuovo terminal - opere impiantistiche	9 574	9 254	0	0	0	4 441	160	4 281	4 281	0	0
	20.i	Piattaforma terminal	9 000	9 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20.l	Impianto di depurazione terminal	1 600	1 600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20.m	Vasca di trattamento e accumulo	11 200	11 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20.n	Pilegomatura vasca di autocontenimento idraulico Nuovo	22 500	17 500	0	0	0	7 000	5 000	2 000	2 000	0	0
	20.o	Nuova vasca di autocontenimento idraulico Scuola Marescialli	135 700	122 000	0	0	0	13 700	13 700	0	0	0	0
	20.p	Canale gestione rischio Cinta	3 600	2 700	0	0	0	3 420	900	2 520	2 520	0	0
	20.q	Adeguamento piano d'imposta Terminal e opere connesse	0	0	0	0	0	119 650	0	119 650	98 113	0	21 537
<b>20</b>	<b>Nuovo Terminal Passeggeri e Opere Connesse</b>		<b>331 883</b>	<b>239 030</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>414 009</b>	<b>48 363</b>	<b>365 646</b>	<b>285 852</b>	<b>0</b>	<b>46 152</b>

Come dettagliato nel bilancio materiali il fabbisogno di cui sopra sarà colmato in parte all'interno internamente della stessa WBS di produzione (circa 28.286 mc) e in parte dal materiale proveniente dalle lavorazioni attinenti alla WBE 16x - tubazioni e disoleatori Apron 100 e ampliamento (circa 17.866 mc).

### 4.3 Pista ciclabile

Così come per la viabilità di accesso al terminal anche la pista ciclabile necessita per la sua fondazione di trattamento a calce. Sulla base della successione delle lavorazioni previste e delle caratteristiche dei terreni oggetto delle operazioni di scavo è stato possibile individuare un bilancio dei materiali da movimentare in cantiere

Si riporta la Tabella di sintesi con l'indicazione, in particolare, delle quantità di materiale terroso necessarie per la realizzazione della strada perimetrale stabilizzata a calce, quantità che saranno pertanto trasportate e lavorate all'interno del campo di stabilizzazione di cui alla presente Relazione tecnica.

Tabella 4. WBS21: bilancio dei materiali inerti. In rosso si evidenzia la previsione di trattamento a calce finalizzato alla realizzazione dei rinterri/rilevati

WBS	WBE	Descrizione opere	PRODUZIONE TERRE								FABBISOGNO TERRE					
			Produzione totale	Terraceo vegetale da scavo superficiale	Terraceo vegetale da gestione come rifiuto	Terre da scavo sub-superficiali	Terre da Trivellazione	Terre da Rimozioni e opere in terra	Demolizione manufatti (RIFIUTO)	Rifiuto da produzione terre di scavo	Fabbisogno totale	fabbisogno terraceo vegetale	fabbisogno terre e inerti	sub-fabbisogno terre AT-6	sub-fabbisogno terre A6	sub-fabbisogno terre da trattare a calce
21	21a	Tratto Ciclabile Ovest tratti koyplan A,B,C,D,E,F + pacchetto (no terre, tratto su argine)	2681	1070	107	1611	0	0	0	0	16645	1024	15620	12220	0	2103
	21b	Tratto ciclabile Est (tratti koyplan G,H,I,L perché lungo Duas già computato in progetto Duas)	8454	3148	315	5306	0	0	0	0	23851	2150	21701	14068	0	6152
<b>21</b>	<b>Piste ciclabili</b>		<b>11 135</b>	<b>4 217</b>	<b>422</b>	<b>6 917</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>40 496</b>	<b>3 175</b>	<b>37 321</b>	<b>26 288</b>	<b>0</b>	<b>8 256</b>	

Come dettagliato nel bilancio materiali il fabbisogno di cui sopra sarà colmato utilizzando materiali trattati a calce provenienti da altre WBS e in, particolare:

- circa 434 mc proveniente dalla WBE 1.b;
- circa 1.669 mc provenienti dalla WBE 17.c;
- circa 6.152 mc provenienti dalla WBS 16 (di cui 5.228 mc dalla WBE 16.m e 924 dalla WBE 16.h)

#### 4.4 Opere di viabilità esterna e interna all'aeroporto

Per quanto concerne le aree interessate dalla realizzazione della nuova viabilità di collegamento con l'Autostrada A11 (in sostituzione della viabilità esistente per la quale è previsto un intervento di demolizione totale in quanto ricadente all'interno del nuovo sedime aeroportuale il progetto prevede la realizzazione di un sottopasso al di sotto della pista di volo, che attraverserà il sedime aeroportuale, e la realizzazione di n.2 rotatorie di smistamento dei flussi di traffico da/ per il Comune di Sesto Fiorentino ed il suddetto tronco autostradale.

La rotatoria a nord (Nodo A) conterrà la nuova viabilità di sotto-attraversamento del sedime, con l'esistente via dell'Osmannoro e l'ingresso del Polo Scientifico Universitario di Sesto Fiorentino.

La rotatoria a sud (Nodo B) gestirà il traffico in uscita dalla A11 direzione mare, il traffico in ingresso sulla A11 direzione mare, il traffico diretto alla discarica di Case Passerini ed il traffico tra Sesto Fiorentino e Osmannoro.

Dalla rotatoria a sud del sedime si diramerà un'ulteriore viabilità che consentirà di raggiungere un'ulteriore rotatoria (Nodo C) che smisterà il traffico verso il nuovo varco Ovest di accesso al sedime aeroportuale e verso l'esistente cavalcavia sopra l'A11.



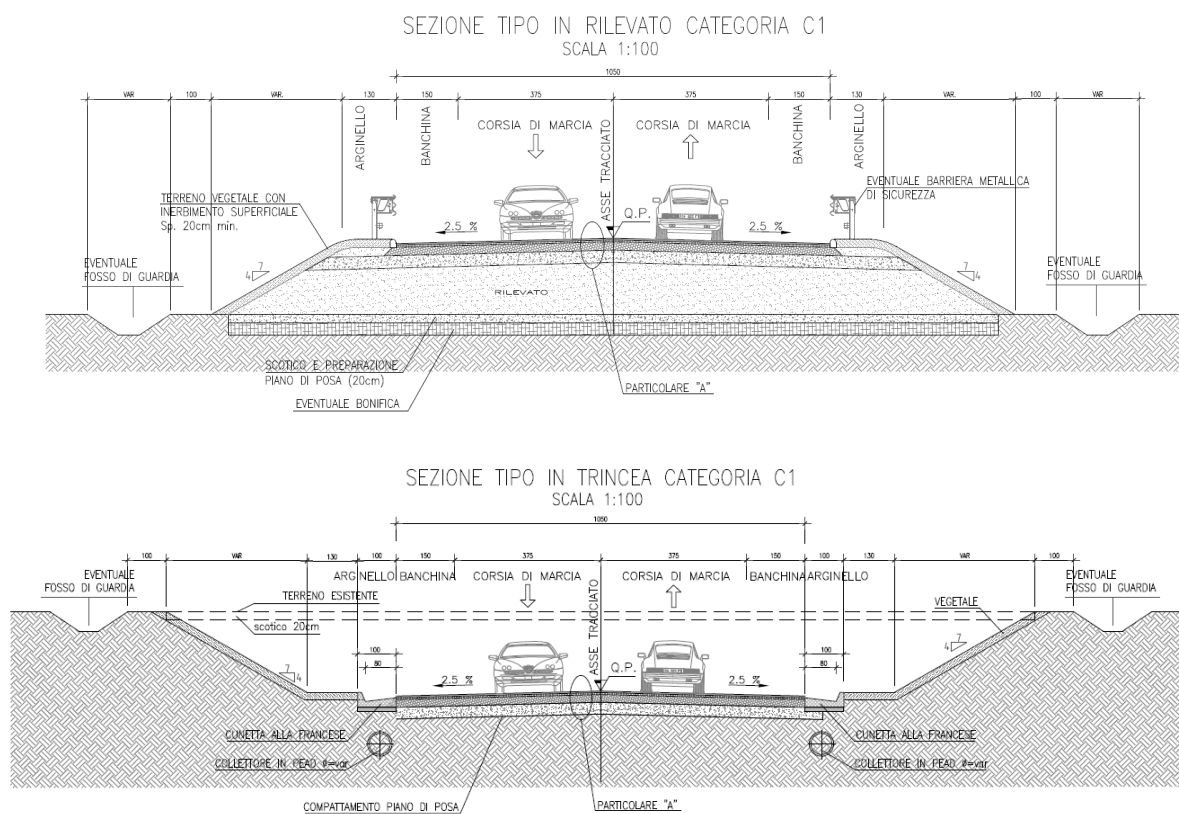
Gli interventi di viabilità saranno completati dal nuovo tratto di viabilità locale per la riconnessione di via del Pantano, a ovest del nuovo sedime, e da due nuove rotatorie (Nodo E e Nodo D) per il collegamento tra via del termine (a nord del vecchio sedime) e la stazione ferroviaria di Castello.

Il tutto sarà completato da una viabilità ciclabile, talvolta in affiancamento talvolta su tracciato indipendente, che circonda quasi completamente il nuovo sedime.

Le sezioni tipo delle infrastrutture da realizzare vengono riportate di seguito alle pagine successive. Per quanto concerne l'insieme degli interventi previsti si rimanda al progetto per i dettagli esecutivi di ognuno di essi.

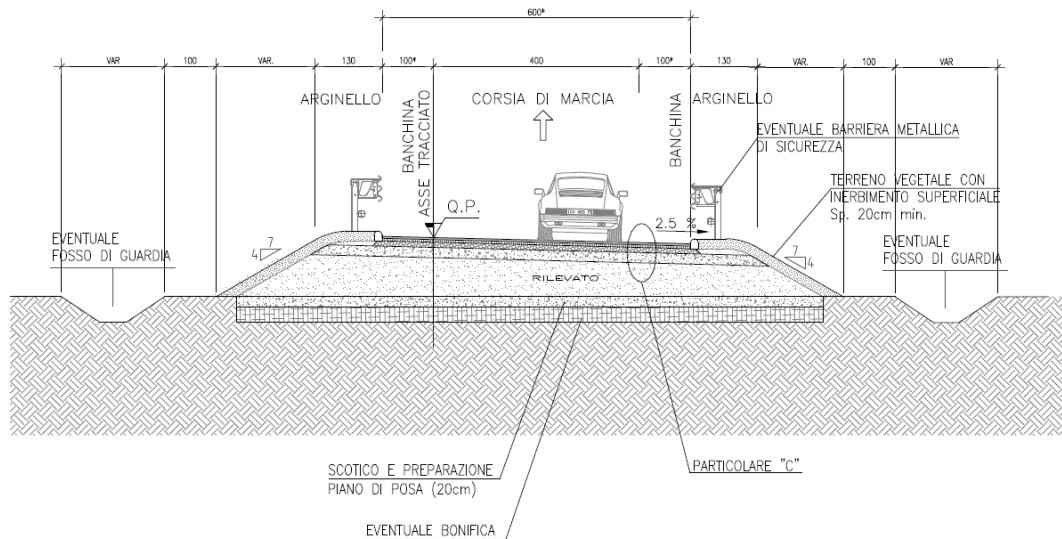
Sulla base della successione delle lavorazioni previste e delle caratteristiche dei terreni oggetto delle operazioni di scavo è stato possibile individuare un bilancio dei materiali da movimentare in cantiere

Si riportano di seguito le Sezioni Tipo previste per la viabilità esterna al sedime aeroportuale e la Tabella di sintesi con l'indicazione, in particolare, delle quantità di materiale terroso necessarie per la realizzazione dei rilevati stabilizzati a calce, quantità che saranno pertanto trasportate e lavorate all'interno del campo di stabilizzazione di cui alla presente Relazione tecnica.



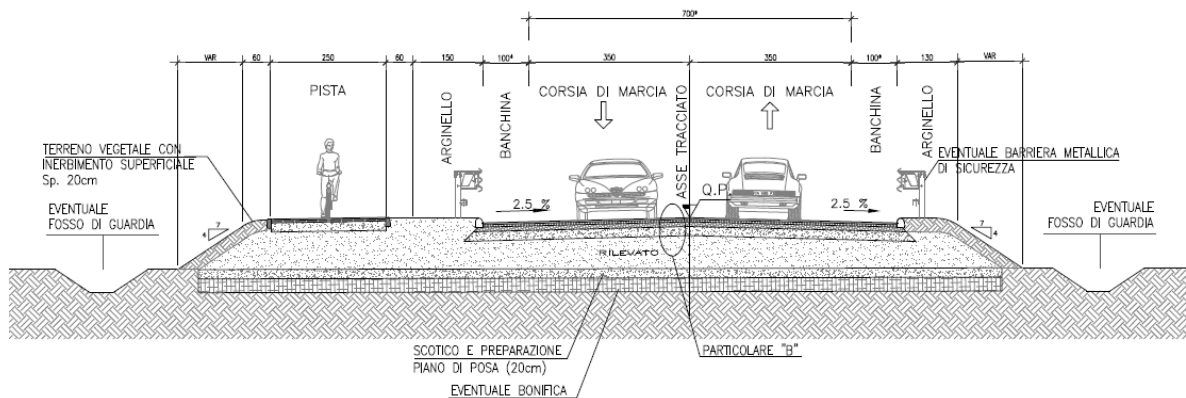
SEZIONE TIPO RAMPA DI SVINCOLO

SCALA 1:100



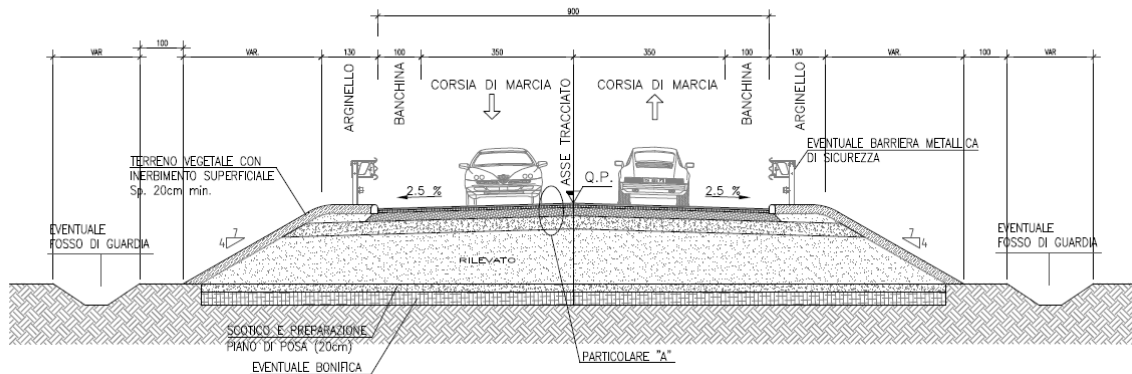
SEZIONE TIPOLOGICA DEL PERCORSO CICLABILE  
IN AFFIANCAMENTO ALLA VIABILITA' DI PROGETTO

SCALA 1:100

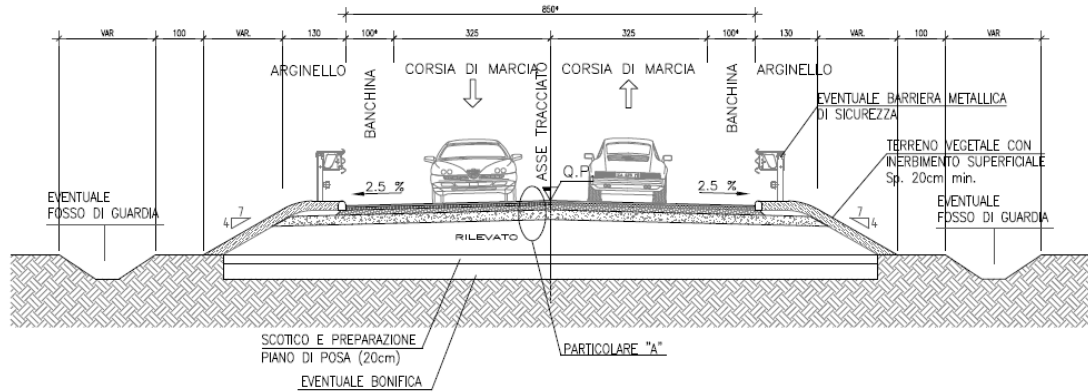


SEZIONE TIPO STRADA F1-LOCALI AMBITO EXTRAURBANO

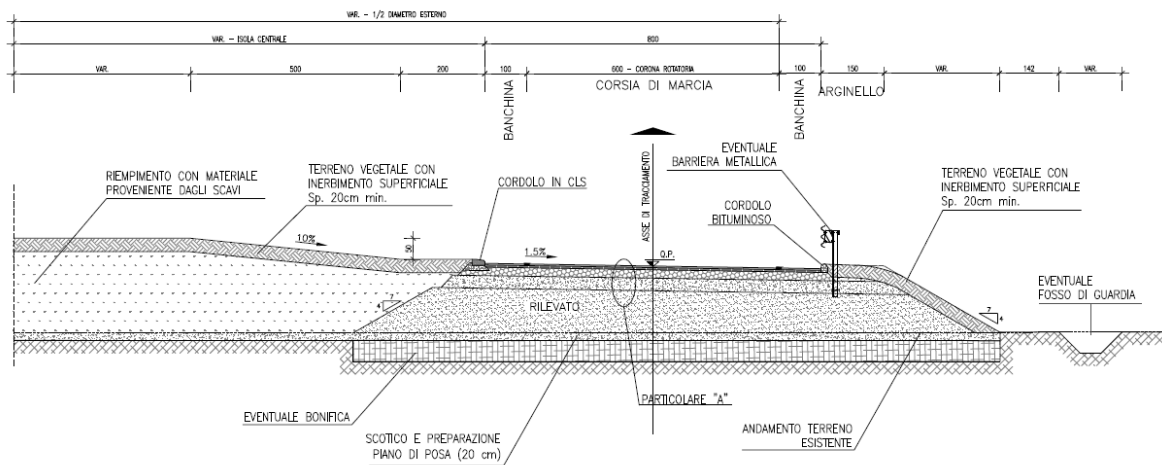
SCALA 1:100



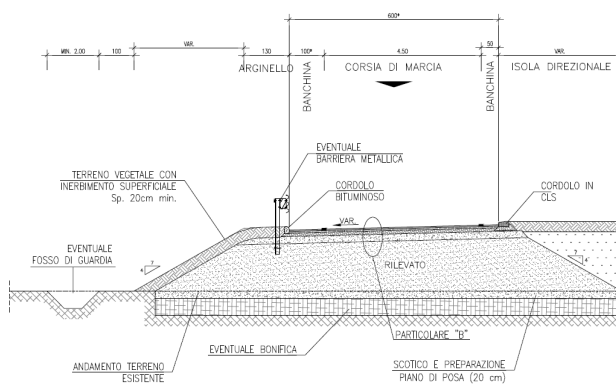
SEZIONE TIPO STRADA F2-LOCALI AMBITO EXTRAURBANO  
scala 1:100



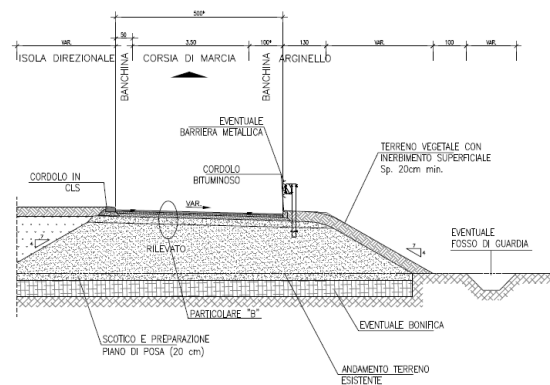
SEZIONE TIPO ROTATORIA - D=50m INGRESSO A UNA CORSIA  
SCALA 1:100



SEZIONE TIPO BRACCI DI USCITA DA ROTATORIA  
SCALA 1:100



SEZIONE TIPO BRACCI D'INGRESSO IN  
ROTATORIA AD UNA CORSIA  
SCALA 1:100



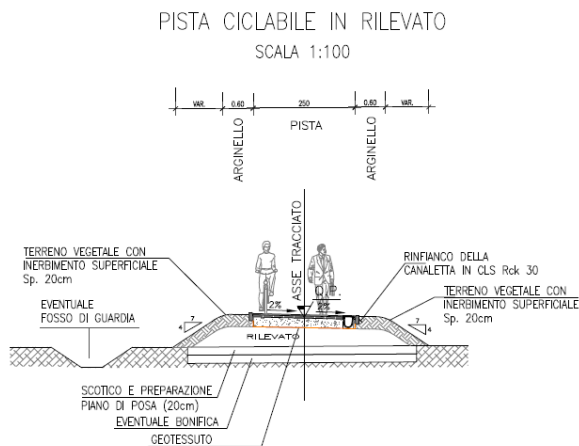


Figura 4. Sezioni di progetto della nuova viabilità

Si riporta di seguito il relativo bilancio dei materiali.

Tabella 5. WBS1: bilancio dei materiali inerti. In rosso si evidenzia la previsione di trattamento a calce finalizzato alla realizzazione dei rinterri/rilevati

WBS	WBE	Descrizione opere	PRODUZIONE TERRE						FABBISOGNO TERRE						
			Produzione totale	Terrano vegetale da scavo superficiale	Terrano vegetale da gestire come rifiuto	Terre da scavo superficiali	Terre da Rimozione opere in terra	Demolizioni manufatti (RIFIUTO)	Rifiuto da produzione terre di scavo	Fabbisogno totale	fabbisogno terreno vegetale	fabbisogno terre e inerti	sub-fabbisogno terre A7-6	sub-fabbisogno terre A6	sub-fabbisogno terre da trattare a calce
1	1b	Viabilità Osmannoro (tratti da keyplan A,B,N,I)	153 315	2717	272	142282	0	0	0	6 366	1644	5 323	893	0	354
	1c	Nodo B (Tratti "visibilità Osmannoro" da keyplan C,M)	11 324	5393	539	4388	0	0	1337	28 125	818	27 907	22031	0	2118
	1d	Pompa viestrostradali (Tratti "visibilità Osmannoro" da keyplan D, e quota parte di L)	3 900	1153	113	2767	0	0	0	24 766	1124	23 642	17914	0	2040
	1e	Viabilità provvisoria (Tratti "visibilità Osmannoro" da keyplan quote parte di L)	0		0	0	0	0	0	0		0		0	0
	1f	Viabilità aeroportuale (tratto BC) (Tratti da keyplan A,B,C)	49 324	3240	324	46084	0	0	1770	51 797	2781	49 015	36462	0	6367
	1g	Via del Pantano (tratti da keyplan A e B)	4 415	1685	168	2731	0	0	0	13 145	544	12 601	4377	0	2396
	1h	Nodo D (tratti da keyplan B)	3 395	1487	149	6838	0	0	0	15 814	344	14 300	3035	0	2162
	1i	Nodo E (tratti da keyplan A)	1 613	452	45	1161	0	0	0	12 275	803	11 472	8261	0	304
	1l	Rete idraulica visibilità	3 350		0	3350	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1m	Canalotto idraulico visibilità	7 500	3000	300	4500	0	0	0	3 000	3000	0	0	0	0
	1n	Vasca trattamento e accumulo sottopasso	1 000		0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1o	Rete idraulica sottopasso	4 050		0	4050	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1p	Rimodulamento morfologico perimetrale a Vasca C	61 800	11800	1180	50000	0	0	0	38 800	11800	27 000	0	0	0
	1q	Demolizioni e scarico stradale	0		0	0	0	1241	0	0	0	0	0	0	0
	<b>1</b>	<b>Viabilità alternativa Osmannoro, visibilità minore e visibilità di servizio/accesso</b>	<b>317 185</b>	<b>32 839</b>	<b>3 290</b>	<b>273 481</b>	<b>0</b>	<b>1 241</b>	<b>3 404</b>	<b>215 835</b>	<b>24 437</b>	<b>191 338</b>	<b>110 424</b>	<b>0</b>	<b>20 431</b>

Come dettagliato nel bilancio materiali il fabbisogno di cui sopra sarà colmato internamente alla stessa WBS di produzione.

L'analisi delle Tabelle riportate evidenzia che la quantità di materiale terrigeno necessario per la realizzazione delle opere infrastrutturali di interesse è complessivamente pari a:

Wbs di riferimento per la zona di intervento	Quantità di materiale da stabilizzare a calce [mc]
WBS 1	20.926
WBS 16	140.593
WBS 17	1.669
WBS 19	3.900
WBS 20	28.286
WBS 21	-
<b>Totale</b>	<b>195.374</b>

Sulla base delle previsioni di riutilizzo delle terre da scavo di cui alla prima fase di attuazione del Masterplan (scenario 2027), tutto il fabbisogno di materiale trattato a calce viene soddisfatto dalle terre da scavo prodotta nell'ambito del Masterplan

Con diretto riferimento al bilancio degli inerti posti a supporto del progetto esecutivo di Masterplan (scenario 2027), la volumetria di terre da scavo da sottoporre a trattamento a calce, complessivamente pari a 195.374 mc, risulta così distribuita:

- 83.330 mc saranno riutilizzati all'interno della stessa WBE di produzione e in particolare:
  - 6.721 mc relativi alla WBS 1
  - 68.694 mc relativi alla WBS 16
  - 3.812 mc relativi alla WBS 19;
  - 4.103 mc relativi alla WBS 20.
- 87.281 mc saranno riutilizzati in altra WBE di produzione e in particolare:
  - 13.771 mc relativi alla WBS 1;
  - 48.805 mc relativi alla WBS 16;
  - 88 mc relativi alla WBS 19;
  - 24.183 mc relativi alla WBS 20
- 25.197 mc saranno riutilizzati in altra WBS di produzione e in particolare:
  - 434 mc relativi alla WBS 1;
  - 17.866 mc relativi alla WBS 20;
  - 6.897 mc relativi alla WBS 21;

In sintesi

- per la WBS 1 il fabbisogno di terre trattate a calce è colmato al 100% con materiale prodotto all'interno della stessa WBS;
- per la WBS 16 il fabbisogno di terre trattate a calce è colmato al 100% con materiale prodotto all'interno della stessa WBS;
- per la WBS 19 il fabbisogno di terre trattate a calce è colmato al 100% con materiale prodotto all'interno della stessa WBS;
- per la WBS 20 il fabbisogno di terre trattate a calce è colmato al 57% con materiale prodotto all'interno della stessa WBS e per il 43% con il materiale proveniente dalla WBE 16x;
- per la WBS 21 il fabbisogno di terre trattate a calce è colmato:
  - per il 5,2 % da materiale derivante dalla WBE 1.b;
  - per il 20,2 % da materiale derivante dalla WBE 17.c
  - per il 63,3 % da materiale derivante dalla WBE 16. m
  - per l'11,3 % da materiale derivante dalla WBE 16.h

Come evidente si tratta di più WBS individuate secondo i seguenti criteri tecnico-progettuali:

- vicinanza rispetto alle aree di trattamento a calce;
- contemporaneità della produzione rispetto alle necessità di riutilizzo.

22

Si riporta di seguito lo schema di sintesi relativo al trattamento a calce previsto per la realizzazione delle opere afferenti alle diverse WBS, riportante l'indicazione delle volumetrie necessarie per ciascuna singola WBE e la relativa provenienza delle terre (WBS e WBE di origine).

*Tabella 6. Bilancio delle terre da scavo oggetto di trattamento a calce*

DA		QUANTITATIVI						A		
WBS	WBE	MATERIALE VEGETALE	MATERIALE SUB-SUPERFICIALE		TRIVELLAZIONI		RIMOZIONE OPERE IN TERRA		WBS	WBE
		(mc)	(mc)		(mc)		(mc)			
		Tal quale	Tal quale	Da trattare	Tal quale	Da trattare	Tal quale	Da trattare		
1	1.b			354					1	1.b
	1b			3551						1.a
	1b			2118						1.c
	1b			2040						1.d
	1b			2996						1.g
	1b			2162						1.h
	1b			904						1.i
	1b			434						21
	1.f			6367					1	1.f
<b>TOTALE</b>				<b>20.926</b>						
16	16.a			4993					16	16.a
	16.b			5850			1772			16.b

DA		QUANTITATIVI						A		
WBS	WBE	MATERIALE VEGETALE	MATERIALE SUB-SUPERFICIALE		TRIVELLAZIONI		RIMOZIONE OPERE IN TERRA		WBS	WBE
		(mc)	(mc)		(mc)	(mc)	(mc)	(mc)		
		Tal quale	Tal quale	Da trattare	Tal quale	Da trattare	Tal quale	Da trattare		
	16.c			3484						16.c
	16.e							1511		16.e
	16.e			99						16.s
				4643						16.t
								1464		16.t
	16.f			2935						16.f
	16.g			502				3349		16.t
	16.g							759		16.g
	16.h			1829						16.h
	16.l			3931						16.d
	16.m			5472						16.m
	16.m			5228					21	21.b
	16.m			632					16	16.i
	16.n			2645						16.n
	16.n			924						21.b
	16.o			13369						16.o
	16.p			5377						16.p
	16.q			6065						16.q
	16.r			12633						16.r
	16.v			33261						16.b (5472) 16.c (9582) 16.f (18207)
	16.x			17866					20	20.q
<b>TOTALE</b>				<b>131.236</b>				<b>8.855</b>		
17	17.c			1669					21	21.a
<b>TOTALE</b>				<b>1.669</b>						
19	19.a			88					19	19.o
	19.0			2985					19	19.0
	19.p			827					19	19.p
<b>TOTALE</b>				<b>3.900</b>						
20	20.c					9194			20	20.g
	20.e					4727			20	20.g (1680)20.q (3047)
	20.f					624			20	20.q
	20.g			4103					20	20.g
	20.i			9000					20	20.g
	20.m			638					20	20.g
<b>TOTALE</b>				<b>13.741</b>		<b>14.545</b>				

Sulla base dei dati sopra riportati, appare evidente che la volumetria di materiale terrigeno necessaria per la realizzazione delle opere infrastrutturali di interesse è complessivamente pari a 195.374 mc, tutti ritrovati nel progetto di Masterplan dal riutilizzo, previo pretrattamento di normale pratica industriale a calce, delle terre da scavo prodotte dalle operazioni di scavo afferenti al medesimo Masterplan e alla medesima prima fase di attuazione.

Al solo scopo (cautelativo) di dimensionamento del processo e delle aree di applicazione del trattamento a calce, viene assunta a riferimento (sia in termini di tempistiche di lavorazione, sia di cronoprogramma, sia di produttività delle macchine, sia di scelte relative al layout e alle dimensioni dei campi di stabilizzazione) l'intera volumetria di 195.374 mc.

In particolare, con riferimento al bilancio complessivo delle terre relativo all'insieme delle opere previste in Progetto (Pista aeroportuale e infrastrutture connesse, viabilità esterna, opere di compensazione, ecc.) si evidenzia, innanzitutto, che il fabbisogno di terre (sia da utilizzare tal quali che a seguito di trattamento a calce) è sempre garantito.

Si fa osservare, fin da subito, che la sola verifica globale della disponibilità di materiale non è sufficiente di per sé a risolvere le problematiche connesse alle lavorazioni previste in cantiere: è infatti necessario procedere a due ulteriori verifiche: una relativa alla possibilità di disporre delle quantità richieste in corrispondenza delle singole fasi di lavorazione ed una sulla capacità operativa e produttiva dei campi di stabilizzazione di cui alla presente Relazione tecnica.

Con riferimento al Cronoprogramma delle lavorazioni e al Bilancio delle Terre definitivo, pertanto, è stata effettuata una verifica di congruenza circa l'effettiva possibilità di disporre, movimentare e trattare i quantitativi di terra richiesta nei vari siti di cantiere, compatibilmente con le fasi di lavorazione.



## 5. LA FINALITA' DI MIGLIORAMENTO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DEL TRATTAMENTO A CALCE

L'utilizzo del trattamento a calce nasce dalla sola esigenza di migliorare le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche delle terre da scavo da riutilizzarsi nell'ambito della realizzazione delle opere di viabilità e delle infrastrutture aeronautiche di Masterplan.

Dette opere, infatti, risultano per definizione soggette a importanti carichi statici e dinamici, tali da richiedere prestazioni meccaniche di portanza e resistenza, non direttamente riscontrabili nei terreni tal quali.

La preventiva verifica circa l'effettiva capacità del trattamento a calce di conferire alle terre da scavo le necessarie e previste caratteristiche geotecniche è avvenuta attraverso l'esecuzione di specifiche indagini e prove di laboratorio. In tal senso, per lo studio delle caratteristiche meccaniche dei terreni tal quali presenti nel sito e della definizione del più efficace trattamento a calce (individuazione del prodotto da impiegare, definizione del dosaggio da operare), sono state eseguite specifiche analisi e prove geotecniche presso laboratorio certificato.

Nel corso di tale attività sono stati effettuati n.8 punti di campionamento sui quali sono state eseguite delle analisi geotecniche finalizzate a determinare la risposta dei terreni al trattamento a calce e a definire le specifiche del trattamento a calce di progetto.

*Tabella 7 Campioni di terreno oggetto di prove di laboratorio finalizzate alla verifica preventiva dell'efficacia del trattamento a calce*

CAMPIONE	nome	prof	data accettazione	Analisi
1	C1	0,15-0,50	11/11/2015	Trattamento a calce
2	C2	0,15-0,50	11/11/2015	Trattamento a calce
3	C3	0,15-0,50	11/11/2015	Trattamento a calce
4	C4	0,50-0,80	11/11/2015	Trattamento a calce
5	C5	0,15-0,50	11/11/2015	Trattamento a calce
6	C6	0,50-0,80	11/11/2015	Trattamento a calce
7	C7	0,50-0,80	11/11/2015	Trattamento a calce
8	C8	0,50-0,80	11/11/2015	Trattamento a calce

I risultati degli studi condotti in laboratorio sui n. 8 campioni di terreno denominati C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8 evidenziano quanto segue:

- quattro campioni su otto (C1, C2, C3 e C5) risultano appartenenti geotecnicamente al gruppo A7- 6,
- tre campioni (C6, C7 e C8) appartengono al gruppo A6,
- un campione (C4) appartiene al gruppo A2- 6

In tutti i casi i terreni sono risultati idonei ad essere trattati con calce, in particolare i terreni appartenenti a gruppo A7- 6 presentano un consumo iniziale di calce C.I.C. pari al 3%, mentre i terreni appartenenti ai gruppi A6 e A2- 6 presentano un consumo di calce pari al 2%

TERRE IDONEE AL TRATTAMENTO CON LA CALCE												
Classificazione Generale	Terre ghiaio - sabbiose						Terre limo - argillose					
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%						Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 > 35%					
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Sottogruppo	A1a	A1b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Analisi granulometrica frazione passante al setaccio												
2 UNI 2332%	≤80											
0,4 UNI 2332%	≤30	≤80	≥80									
0,075 UNI 2332%	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	>35	>35	>35	>35	>35
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332												
Limite liquido	0			≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40	≤40	≤40	≤40
Indice di plasticità	≤6		N.P.	≤10	≤10 MAX	>10	>10	≤10	≤10	>10	>10 (IP>LL30)	>10 (IP>LL30)
Indice di gruppo	0		0	0		≤4		≤8	≤12	≤18	≤20	
Tipi usuali di materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. Compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. Compressibili med. Plastiche	Argille fort. Compressibili fort. Plastiche

Le percentuali di calce con cui sono stati miscelati i terreni per eseguire le prove di resistenza: IPI, CBR, compressione semplice e trazione indiretta sono state scelte (in accordo con le linee guida) pari al C.I.C., C.I.C.+1 e C.I.C.+2, cosicché i campioni C1, C2, C3 e C5 sono stati miscelati con il 3, il 4 ed il 5% di calce ed i campioni C4, C6, C7 e C8 sono stati miscelati con il 2, il 3 ed il 4% di calce.

I risultati delle prove condotte riportati sia in forma tabulare complessiva, sia nei certificati di prova per singolo campione dimostrano come le miscele di terra con quantità di calce pari al C.I.C. raggiungano dei livelli di resistenza notevoli; si ha poi un discreto incremento delle resistenze passando dal C.I.C. al C.I.C.+1 ma successivamente tale incremento si affievolisce ed in qualche caso si nota addirittura una diminuzione quando si passa dal valore del C.I.C. al valore del C.I.C.+2 (campione C7 per l'IPI e per la trazione indiretta e campione C8 per il CBR).

Dall'osservazione quindi dei risultati basterebbe stabilizzare i terreni con quantità di ossido di calcio pari al C.I.C. per ottenere lo scopo, tuttavia condizioni atmosferiche sfavorevoli (periodi con precipitazioni), falde acquifere troppo superficiali o difficoltà a riprodurre in cantiere il modello del laboratorio possono rendere necessario l'impiego di quantità di calce pari al C.I.C.+1 e in qualche caso anche superiori.

Le caratteristiche meccaniche di un terreno trattato con calce subiscono notevoli e positive variazioni già dopo 7 giorni di maturazione riscontrando i seguenti risultati:

- sensibile incremento dell'indice CBR post saturazione;
- incremento della resistenza a compressione.

Si considera quindi che il miglioramento di tali materiali in uno strato di 30 cm comporterebbe un valore del CBR di circa 5% e per tale motivo, i calcoli per il dimensionamento delle pavimentazioni aeroportuali sono stati eseguiti partendo da un CBR di 5% come sottofondo.

Queste scelte conclusive sarebbe opportuno, in ogni caso, operarle approntando dei campi prova prima dell'inizio dei lavori.

La tipologia di calce da impiegare nell'ambito dei trattamenti di corso d'opera corrisponde a quella riportata in allegato alla presente relazione, conforme ai requisiti di cui alla UNI EN 14227- 1:2013 e l'intero trattamento avverrà in conformità a detta norma UNI.

I benefici geotecnici ottenibili attraverso il preventivo trattamento a calce delle terre da scavo risultano, pertanto, evidenti in base alle risultanze delle prove di laboratorio allegate alla presente relazione.

## 6. LE ASSUNZIONI TECNICHE DI BASE PER LA DEFINIZIONE DELLE SPECIFICHE OPERATIVE DI TRATTAMENTO A CALCE

Una volta riscontrata la necessità geotecnica di effettuare il trattamento a calce sulle terre da scavo da riutilizzare nell'ambito del Masterplan per la realizzazione di talune opere infrastrutturali, nonché definite in laboratorio le specifiche di detto trattamento e quantificati i relativi benefici in termini di caratteristiche geomeccaniche delle terre, si è provveduto a definire le più opportune modalità di esecuzione del processo all'interno della più ampia strategia di cantierizzazione delle opere di prima fase di attuazione del Masterplan.

Il trattamento a calce si rende necessario, come anticipato, ai fini della realizzazione delle opere di viabilità e delle infrastrutture aeronautiche; si tratta di opere collocate esclusivamente nell'ambito della cosiddetta Piana di Sesto Fiorentino, il cui cronoprogramma di attuazione prevede diverse fasi di contemporaneità.

Ne consegue la necessità di prevedere l'esecuzione del trattamento in corrispondenza della medesima Piana di Sesto Fiorentino.

Come noto, la più comune metodologia di esecuzione del trattamento a calce nell'ambito della realizzazione di opere infrastrutturali lineari è l'applicazione del cosiddetto "trattamento in linea". Si tratta di una lavorazione che interessa gli strati di terra che formano il rilevato dell'infrastruttura, effettuata direttamente sul corpo del futuro rilevato, a preminente sviluppo lineare e longitudinale. La preparazione del suolo comprende l'asportazione dello strato più superficiale, con lo scopo di eliminare la vegetazione e la terra più ricca di humus, e l'eventuale scarifica della terra al fine di dissodarla e predisporla al trattamento, togliendo anche gli eventuali elementi lapidei di dimensioni eccessive. La calce, in forma sfusa, viene consegnata con automezzi che ne consentono lo scarico pneumatico.



Figura 5. Esecuzione del trattamento a calce in linea

Si è valutato che l'applicazione del trattamento in linea al caso in esame comporti un eccessivo interessamento contemporaneo di ampi tratti della Piana, con possibilità di insorgenza di significativi fattori di impatto ambientale difficilmente controllabili e gestibili.

Muovendo a partire dalla globale impostazione della cantierizzazione, volta alla definizione di soluzioni logistiche e operative in grado sia di rendere efficaci le lavorazioni, sia di limitarne e contenerne gli impatti, nell'ambito della prima fase di attuazione del Masterplan (scenario 2027) si è optato per non attuare il trattamento in linea, potenzialmente più impattante sotto il profilo ambientale, e di privilegiare il cosiddetto trattamento in sito, ovvero all'interno di vere e proprie aree di cantiere a ciò dedicate.

In tal senso, quindi, è evidente che il progetto di trattamento previsto dal Masterplan non richiede l'installazione di specifiche infrastrutture operative che generano impatti complessivi ambientali e sulla salute ma che, proprio al fine di meglio tutelare e salvaguardare l'ambiente rispetto agli impatti correlati alle usuali operazioni di cantierizzazione delle opere, si sia privilegiata l'attuazione di un

processo di trattamento in sito al fine di meglio delimitare, controllare, monitorare e mitigare l'insieme delle operazioni di stabilizzazione a calce.

Si sono, pertanto, individuate due specifiche aree di cantiere in corrispondenza delle quali realizzare i campi di stabilizzazione. Dette aree risultano baricentriche rispetto alle aree di utilizzo delle terre trattate a calce ed accessibili mediante viabilità interna di cantiere pavimentata. La localizzazione delle aree operative di trattamento a calce delle terre da scavo risponde, inoltre, a criteri ambientali quali l'assenza di ricettori nelle immediate vicinanze e la possibilità di attuare mirate azioni di contenimento e mitigazione degli impatti.

Il progetto prevede, quindi, che il trattamento a calce delle terre da riutilizzare per la realizzazione delle opere infrastrutturali sia effettuato esclusivamente in corrispondenza di due aree fisse di cantiere dedicate e non in linea o a piè d'opera.

Dette aree e i relativi layout sono stati dimensionati sulla base delle specificità del progetto di Masterplan e, in particolar modo, tenendo in opportuna considerazione sia la progressiva disponibilità delle terre da scavo, sia la progressiva richiesta di inerti per la realizzazione delle infrastrutture in accordo con il cronoprogramma dei lavori.

## 7. ANALISI DELLA PRODUTTIVITA' DEI MEZZI DI CANTIERE CALCE

Le scelte progettuali relative al layout del campo di stabilizzazione ed al suo dimensionamento (aree di stoccaggio, aree di trattamento, ecc) sono dipese sia dalle quantità di materiale da stabilizzare che, come si vedrà nel presente capitolo, dalle caratteristiche tecniche e prestazionali delle macchine operatrici.

In particolare, ai fini del calcolo della produttività dei mezzi che opereranno nel campo di stabilizzazione si è fatto riferimento esclusivamente alla macchina stabilizzatrice, in quanto considerata l'attrezzatura che detta i tempi di tutte le lavorazioni previste.

Con riferimento alle schede tecniche fornite dalle principali aziende produttrici di tali macchinari sono stati desunti i parametri caratteristici riportati di seguito:

*Tabella 8. Parametri caratteristici macchina stabilizzatrice*

PARAMETRO	VALORE	PARAMETRO	VALORE
Larghezza operativa	2.000 mm	Peso operativo	24000 kg
Profondità operativa	0-500 mm	Potenza di taglio	1.6 kW/cm
Potenza massima	315 kW/428 CV	Range prestazionale ideale per la stabilizzazione terre	1000-5000 m2/giorno

Questa tipologia di macchina permette un corretto dissodamento, ossia un'omogeneizzazione del materiale mediante il rotore di fresatura e miscelazione che granula la terra esistente senza l'aggiunta di leganti. Nel mentre una motolivellatrice esegue la sagomatura della miscela omogenea di terra preparata e, a seguire, diversi rulli provvedono alla sua compattazione.

Per la stabilizzazione del terreno lo spandilegante consente di distribuire il legante; a seguire il rotore di fresatura e miscelazione della macchina stabilizzatrice permette di mescolare omogeneamente la terra esistente con il legante.

A seguire una motolivellatrice esegue la sagomatura della miscela di terra omogenea di terra preparando il terreno per la successiva fase di compattazione



Di seguito si riportano, invece, i parametri medi relativi al regime di rotazione del tamburo di fresatura:

32

Regime di rotazione del motore	 $\varnothing 315 \text{ mm}$ $\varnothing 355 \text{ mm}$ $\varnothing 400 \text{ mm}$	 $\varnothing 315 \text{ mm}$ $\varnothing 400 \text{ mm}$ $\varnothing 355 \text{ mm}$	 $\varnothing 355 \text{ mm}$ $\varnothing 400 \text{ mm}$ $\varnothing 315 \text{ mm}$
	108 giri/min	137 giri/min	154 giri/min
	117 giri/min	149 giri/min	168 giri/min
	127 giri/min	161 giri/min	181 giri/min

Ai fini della definizione del layout del campo di stabilizzazione è stata considerata una produttività giornaliera (8 ore lavorative) di 1.500 mc, ridotta cautelativamente di un 15% (produttività effettiva 1.275 mc) per tener conto dei perditempo e di tutti i possibili cali di rendimento/ produttività.



## 8. I CAMPI DI STABILIZZAZIONE

Come premesso nei capitoli precedenti, una parte dei materiali di scavo destinati ad essere riutilizzati nell'ambito di alcune lavorazioni, saranno sottoposti a trattamento a calce, presso l'area di trattamento a calce ATC, situata all'interno delle Macroaree 5 e 7, verrà impiegata per l'accumulo e il trattamento di materiale di scavo. L'area si presenta pianeggiante e regolare ed ha una superficie di circa 14.393 mq

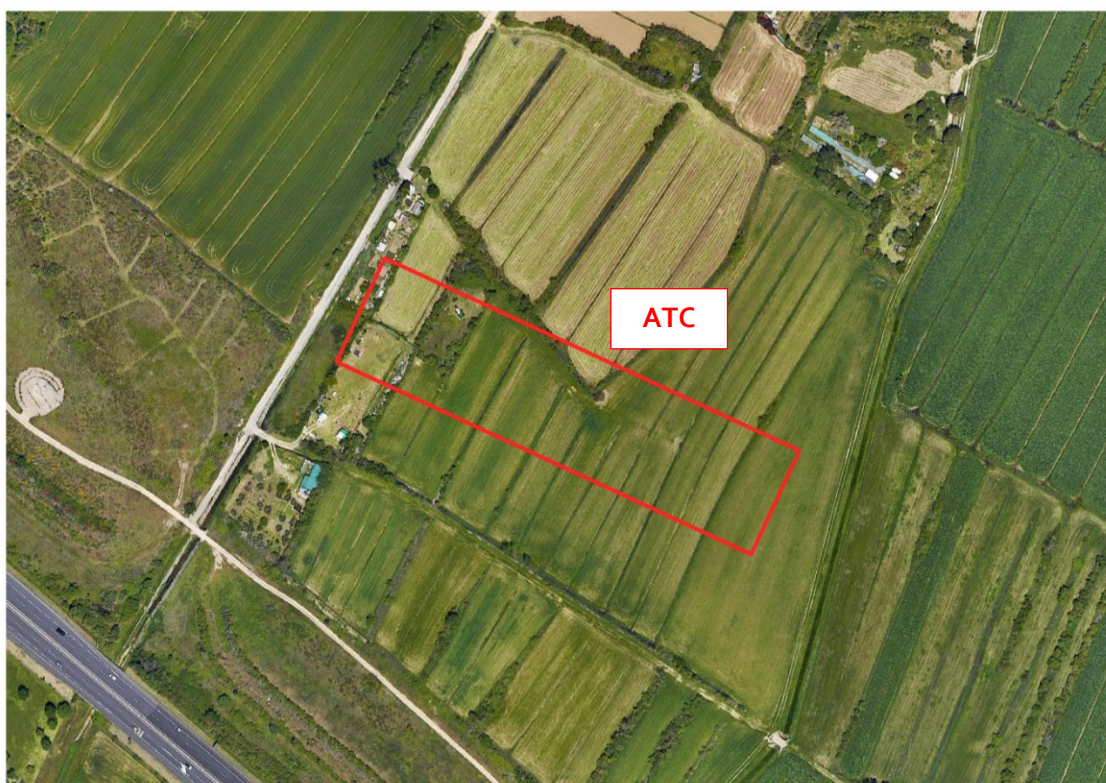


Figura 6. Ubicazione area di trattamento a calce ATC

Tale area è ubicata in adiacenza alla viabilità di cantiere, e sono evidenziate con contorno rosso e campitura di colore giallo nell'estratto della planimetria di cantierizzazione (fase A) di seguito riportato

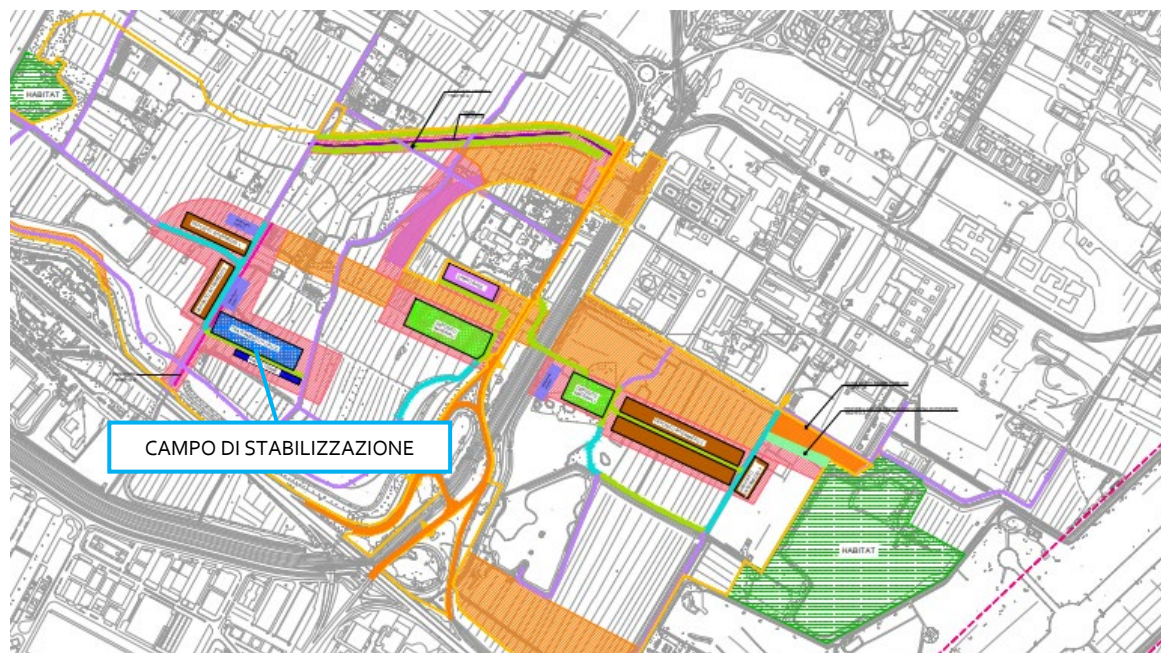


Figura 7. Localizzazione campo di stabilizzazione

In corrispondenza di tale area di deposito saranno allocati temporaneamente circa **171.831 mc** di materiali provenienti dalle attività di scavo sub-superficiale (148.431 mc), da trivellazioni (14.545 mc) e da rimozione di opere in terra (8.855 mc).

34

Tali materiali sono relativi agli interventi a:

- Viabilità alternativa Osmanoro, viabilità minore e viabilità di servizio/accesso aeroporto lato Ovest (WBS1);
- Nuova pista di volo 11/29 (WBS16);
- Idraulica Interna al Sedime (WBS17);
- Opere minori interne al sedime di della prima fase del MPL scenario 2027 (WBS19);
- Nuovo Terminal Passeggeri e Opere Connesse (WBS20).

Il layout della zona destinata alla stabilizzazione delle terre è stato studiato al fine di ottimizzare le varie fasi di produzione, secondo le seguenti caratteristiche:

- N.3 quadranti di dimensioni approssimative 2.600 mq ciascuno, tale dimensione consente la stabilizzazione di 1.300mc in un turno di 8 ore con

una macchina stabilizzatrice. Gli altri due campi saranno utilizzati uno per le operazioni di / livellamento del terreno da trattare e uno per le operazioni di carico/ allontanamento della terra trattata, in modo tale da non creare interferenze fra operazioni di diversa natura e canalizzare meglio la circolazione dei mezzi all'interno dell'area.

- N.1 quadrante destinato ad accogliere i silos di stoccaggio della calce e acqua, un'area di stoccaggio terre con relativa pesa e gabbiotto allestito per le operazioni di tracciamento/ gestione dei quantitativi di terreno stoccati, i servizi igienici, il quadro elettrico e la vasca per il lavaggio ruote dei mezzi gommati operanti in cantiere

La dimensioni dell'area di lavorazione risultano essere di 14.500 mq.

Il campo di stabilizzazione sarà dotato anche di apposite aree di stoccaggio delle terre in ingresso in modo da poter sottoporre le stesse ad accertamenti analitici volti alla ri- verifica di corso d'opera del rispetto delle CSC secondo le modalità di cui agli Allegati del DPR 120/ 2017.

Per aumentare le condizioni di sicurezza dell'intera area e per evitare un numero eccessivo di interferenze tra i numerosi mezzi d'opera ed i bilici che si prevede circoleranno all'interno di essa, è stata prevista una viabilità pavimentata di cantiere che si sviluppa perimetralmente ai quadranti.

I piazzali e le aree di stoccaggio terre sono delimitati lateralmente da bobine di telo di protezione impermeabile per proteggere i cumuli dall'umidità e dalla pioggia. Entrambi i campi di stabilizzazione sono delimitati da una recinzione con new- jersey in calcestruzzo armato e rete antipolvere fino ad una altezza di 3,00 m.

Al fine di poter raccogliere e trattare le acque di dilavamento del campo di stabilizzazione, la fase di predisposizione e allestimento delle aree prevede attività propedeutiche a ciò riferite. Una volta completato lo scotico, l'intera area di cantiere ove si realizzerà il trattamento a calce sarà coperta da una geomembrana impermeabile, per evitare la diffusione della calce nel terreno sottostante, protetta da geotessuto e da uno strato di terreno di copertura di circa 50 cm che saranno trattati a calce e cemento per costituire un adeguato piano di lavoro per tutte le successive operazioni di stabilizzazione.

Come indicato al precedente capitolo, per quanto riguarda il dimensionamento del campo di stabilizzazione sono state prese in considerazione le seguenti grandezze:

- Produttività macchina stabilizzatrice: 1.500 mc/g; tenendo conto dei perditempo e dei cali di rendimento tale valore è stato moltiplicato per un coefficiente riduttivo pari a 0.85, ottenendo una produttività nominale di 1.275 mc/gg.
- Mezzo di trasporto per le operazioni di carico e scarico delle terre: bilico 4 assi con capacità di carico pari a 25 mc.

Considerando il layout di cantiere previsto e la viabilità riportata nel piano di cantierizzazione sono stati stimati i tempi necessari a compiere un ciclo completo di lavorazione, dalle operazioni di scavo allo scarico/stesa del materiale trattato in sito per le operazioni di compattazione per la formazione dei rilevati.

I tempi stimati risultano essere i seguenti:

- Operazioni di carico della terra scavata: 5 minuti;
- Operazioni di trasporto presso il campo di stabilizzazione: 15 minuti;
- Operazioni di scarico del materiale all'interno dell'area di lavorazione: 3 34 minuti;
- Spostamento all'interno del campo di stabilizzazione e posizionamento in altra area di lavorazione: 4 minuti;
- Operazioni di carico della terra trattata: 5 minuti;
- Operazioni di trasporto della terra trattata in sito per la formazione dei rilevati: 15 minuti;
- Operazioni di scarico della terra trattata: 3 minuti;
- Spostamento verso il sito di scavo per il ricarico di terra da trattare: 10 minuti.

Sommando i tempi indicati si ottiene un tempo complessivo di 60 minuti.

Entrando nel dettaglio delle caratteristiche dimensionali del campo di stabilizzazione si evidenzia che ciascuna area di lavorazione presenta una estensione pari a circa 2.600 mq. Tale superficie è stata fissata ipotizzando di lavorare con due macchine stabilizzatrici ed ottimizzare la loro produttività in un unico turno lavorativo diurno.

Infatti, considerando una profondità di stabilizzazione di 50 cm, la quantità complessiva di materiale trattato che si riuscirebbe a produrre da una singola area risulterebbe pari a:

$$2600 \text{ mq} \times 0.5 \text{ m} = 1300 \text{ mq}$$

corrispondente alla produttività stimata, comprensiva di perditempo e ridotti rendimenti, di n.1 macchina stabilizzatrice in un turno di lavoro.

Come premesso, la presenza di n.3 aree di lavorazione in corrispondenza di ciascun campo di stabilizzazione garantisce una produzione quotidiana di terre stabilizzate meccanicamente con calce, attraverso la rotazione delle operazioni minime necessarie: infatti, a regime, mentre in una prima area si provvede a scaricare la terra proveniente dalle operazioni di scavo, in una seconda si procede ad eseguire il trattamento mediante macchina stabilizzatrice e rulli e, infine, in una terza area si eseguono le operazioni di caricamento della terra trattata sui bilici, al fine di trasportarla nei siti destinati alla formazione dei rilevati.

Sulla base di queste ipotesi sarà necessario disporre, per il campo di stabilizzazione, dei seguenti macchinari:

- N.1 pulvimixer;
- N.1 spandicalce;
- N.8 bilici 4 assi;
- N.2 pale gommate;
- N.1 grader; 35
- N.1 rullo compattatore;
- N.1 autobotte.

## 9. VERIFICA DEI TEMPI DI LAVORAZIONE

Una volta dimensionate le aree destinate al trattamento delle terre provenienti dalle operazioni di scavo, resta da verificare la capacità del campo di stabilizzazione a garantire una produzione congrua con i fabbisogni di cantiere evidenziati nei capitoli precedenti.

L'analisi del cronoprogramma e delle tabelle relative al bilancio delle terre evidenzia che al fine di consentire la realizzazione dei rilevati in terra stabilizzata a calce, permettere le operazioni di precarico e garantire l'esaurimento dei processi di consolidazione dei terreni, è necessario terminare le lavorazioni di trattamento delle terre provenienti dalle operazioni di scavo entro:

### Pista di volo:

- Per ogni tratto di lavoro individuato = 3 mesi dal termine della fase di lavorazione di interesse prevista dal Cronoprogramma

### Viabilità alternativa Osmannoro:

- Per ogni tratto di lavoro individuato = 3 mesi dal termine della fase di lavorazione di interesse prevista dal Cronoprogramma.

38

Sempre con riferimento al Cronoprogramma, considerando la contestualità delle diverse fasi di lavorazione (formazione dei rilevati in alcune sezioni e operazioni di scavo in altre) si è potuto verificare la disponibilità di terra da trattare in ogni momento, aspetto di basilare importanza per evitare tempi morti o ritardi nei processi di trattamento da eseguirsi all'interno dei campi di stabilizzazione.

Sulla base di tali verifiche si è proceduto, quindi, al calcolo dei tempi necessari a produrre le quantità di terra trattata richieste per la formazione dei rilevati e a verificare la compatibilità di tale tempo con quanto previsto dal cronoprogramma.

In particolare, l'insieme delle lavorazioni riguardanti la Nuova Pista di volo e la Viabilità alternativa dell'Osmannoro che prevedono la formazione di rilevati e, di conseguenza, il trattamento delle terre provenienti dalle operazioni di scavo, si svilupperà all'interno delle Fasi A2, B1, B2, B3, C1 e C2 del Cronoprogramma, per una durata complessiva di 21 mesi, alla quale va sottratto un periodo di 3 mesi necessario a garantire il consolidamento dei terreni e l'esaurimento dei cedimenti delle ultime aree lavorate in termini temporali.

Considerando la dotazione di macchinari indicata al precedente capitolo, la presenza di n.3 aree di lavorazione e la dimensione di ognuna di esse all'interno del campo di stabilizzazione, è possibile produrre quotidianamente, con un turno lavorativo, una quantità di terra trattata pari a 2.550 mc.

Sulla base di tale produzione giornaliera costante, che tiene conto dei possibili perditempo e delle riduzioni di rendimento e produttività delle macchine operatrici, la produzione dei 194.742 mc posti alla base del dimensionamento del processo avverrà in ca. 77 giorni, cautelativamente compatibile con quanto previsto nel cronoprogramma.

## 10.VERIFICA DEI TEMPI DI LAVORAZIONE

### 10.1 Criteri di protezione ambientale

Il trattamento a calce è stato previsto per la parte di terre che saranno impiegate per la realizzazione degli interventi di viabilità e nuova pista 11/29, col solo intento di pervenire a miglioramenti delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche delle stesse.

Tali interventi, di preminente tipologia lineare, si presterebbero, come precedentemente illustrato, all'applicazione del cosiddetto trattamento a calce in linea, usualmente e comunemente effettuato in relazione a molteplici rilevati viari, autostradali, ferroviari e aeroportuali. Nel caso in esame, tuttavia, considerato lo sviluppo lineare delle infrastrutture da realizzare, preso atto del contesto ambientale e urbano potenzialmente interessato e considerate le peculiari specificità della cantierizzazione della prima fase di attuazione del Masterplan, si è ritenuta maggiormente performante in termini ambientali la previsione di applicazione del trattamento a calce delle terre in corrispondenza di un'area fissa di cantiere.

Detta area, baricentrica sia rispetto alle WBS di produzione, sia rispetto alle WBS di destinazione, comporta infatti una modesta movimentazione interna di cantiere e, di contro, consente una minore interferenza con l'ambiente, col territorio e con i ricettori presenti in corrispondenza delle aree oggetto di trasformazione.

In tal senso, la scelta progettuale di localizzare il trattamento a calce in corrispondenza di uno specifico ambito di cantiere risponde all'esigenza di implementazione di una più efficace azione di confinamento, limitazione, mitigazione, controllo, gestione e monitoraggio dei relativi fattori di impatto ambientale. È noto, infatti, che un'area delimitata di cantiere possa certamente ritenersi più efficacemente gestibile in termini ambientali rispetto ad una lavorazione in linea, mobile e non fissa nel corso del cantiere, interferente con contesti ambientali, territoriali e urbanistici differenti.

In tal senso, l'area ove avverranno le operazioni di trattamento a calce sarà dotata di presidi ambientali fissi in grado di garantire significative performance ambientali.

Tra questi si citano, a titolo esemplificativo:

- la recinzione delle aree con reti antipolvere di altezza pari a 3 metri
- la dotazione di sistemi di raccolta e canalizzazione delle acque di dilavamento,



- la dotazione dei teli e sistemi di copertura delle singole aree di trattamento,
- la dotazione di un unico e centralizzato impianto di depurazione delle acque di dilavamento,
- la dotazione di impianti/ sistemi fissi e mobili di nebulizzazione volti all'abbattimento delle polveri,
- la dotazione di strumenti fissi di rilevazione della velocità del vento,
- la dotazione di pavimentazioni e altri accorgimenti di isolamento e protezione del suolo e sottosuolo, nonché di contenimento delle polveri al transito dei mezzi di cantiere.

Detti dispositivi e presidi ambientali risultano già a priori appropriati in considerazione del fatto che, data la specifica tipologia di lavorazione, le matrici ambientali potenzialmente interferite sono Atmosfera e Acque.

Per quanto riguarda la matrice aria i potenziali impatti che il trattamento a calce può provocare sono legati alla dispersione della calce in polvere che, in presenza di vento, può raggiungere le zone adiacenti ai cantieri. La produzione di polvere si manifesta principalmente durante le seguenti fasi critiche del trattamento:

- travaso di calce dal serbatoio di accumulo alle macchine spandi- calce
- spargimento della calce;
- miscelazione della calce con il terreno.

41

In relazione agli impatti sulla matrice acqua i potenziali fattori di interferenza sono legati al dilavamento della calce dal piano di posa durante la fase di spargimento a seguito di eventi meteorici ovvero al rilascio accidentale di calce in corpi idrici superficiali adiacenti alle zone di lavorazione.

Per gli aspetti operativi si è fatto riferimento al testo **Traitement des sol a la chaux et/ ou aux liants hydrauliques** edito dal Ministero dei Trasporti Francese e riconosciuto come il miglior testo europeo di riferimento per le operazioni di stabilizzazione delle terre a calce e per le regole di protezione ambientale.

Tale guida tecnica è spesso presa a riferimento anche dalle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale e, in particolare, risulta presa a riferimento da ARPA Toscana nell'ambito del progetto di ampliamento alla terza corsia del tratto Firenze- Pistoia dell'A11 (prescrizione 5.13 RT specificatamente riferita al trattamento a calce).

Nel caso del Masterplan aeroportuale, tali linee guida sono state considerate unitamente a quanto espressamente riportato all'interno dell'Allegato 1 "Misure per la mitigazione degli effetti del trattamento a calce sull'ambiente" di cui alle "Linea

guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" approvate con Delibera n. 5412019 del consiglio SNPA del 9 maggio 2019.

In particolare, detto Allegato riporta i seguenti accorgimenti, da intendersi tutti recepiti all'interno della presente relazione progettuale:

- al fine di scongiurare la dispersione di calce in atmosfera, prevedere la simultaneità delle operazioni di spandimento della calce e successiva miscelazione con il materiale, evitando di superare i 15 minuti di latenza;
- in giornate particolarmente ventose non intraprendere le attività di uso della calce, particolarmente in aree sensibili: distanza inferiore a 100 m da edifici residenziali; centri industriali con presenza permanente di persone; strade di media e grande importanza; zone di orti, giardini e frutteti nei periodi di fioritura; zone di pascolo con presenza di mandrie; zone di parcheggi o, più in generale, zone con manufatti sensibili agli attacchi di sostanze alcaline;
- in caso di repentino aumento della velocità del vento a lavorazioni già avviate, limitatamente alle operazioni di spandimento o di prima fresatura di miscelazione, procedere all'immediata miscelazione rapida tramite fresa
- dei primi 10 cm di rilevato, al fine di evitare eventuale spolvero; 40
- riprendere le operazioni di stesa della calce, così come le attività di successiva fresatura (prima, seconda e terza fresatura), solo al ripristino di condizioni di vento ordinarie;
- non eseguire l'attività di stesa della calce in caso di pioggia intensa, al fine di evitare fenomeni di dilavamento del materiale;
- una volta iniziate le lavorazioni di spandimento o di prima fresatura di miscelazione, in caso di pioggia improvvisa e intensa sospendere immediatamente i lavori di stesa, procedere alla rapida miscelazione tramite fresa dei primi 10 cm di rilevato non ancora miscelato, oltreché alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra- calce, al fine di garantire l'impermeabilità dello strato evitando il dilavamento delle aree interessate dalle lavorazioni. Riprendere le operazioni di stesa della calce, così come le attività di successiva fresatura, solo alla cessazione dei fenomeni di pioggia intensa;
- nel caso sopraggiunga pioggia improvvisa e intensa durante la seconda e terza fresatura procedere alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il rilevato precedentemente miscelato;
- al termine di ogni giornata lavorativa effettuare una nebulizzazione con acqua della parte di campo di stabilizzazione oggetto di lavorazione durante la giornata, allo scopo di fissare l'eventuale calce non reagita col materiale;

- registrare le eventuali sospensioni delle lavorazioni determinate dalle avverse condizioni meteorologiche in opportuna documentazione di cantiere.

In linea con quanto indicato sia dalla Guida Tecnica Francese che dall'Allegato 1 alla Linea Guida del SNPA, sono state previste adeguate misure di mitigazione degli eventuali effetti del trattamento a calce sull'ambiente.

La Guida tecnica francese prevede la classificazione dei cantieri in 2 tipologie:

- **Cantieri ordinari:** ovvero quelli ubicati ad una distanza superiore a 100- 150 m da edifici residenziali, centri industriali con presenza permanente di persone, strade di media e grande importanza, zona di orti, giardini e frutteti nei periodi di fioritura, zone di pascolo con presenza di mandrie, di parcheggi o, più in generale, zone con manufatti sensibili agli attacchi di sostanze alcaline (è bene precisare che, come specificato nella Guida tecnica, con un vento di velocità di 40 km/ h la calce potrebbe essere dispersa ad una distanza compresa tra 50 e 80 m dal piano di posa).
- **Cantieri sensibili:** Si considerano cantieri sensibili tutti i cantieri per i quali non è soddisfatta almeno una delle condizioni precedenti. Il livello di sensibilità aumenta nel caso in cui non vengano rispettate più condizioni precedenti.

Nel caso specifico del Masterplan aeroportuale, l'area fissa di cantiere individuata per l'esecuzione del trattamento di stabilizzazione a calce è ubicata in posizione baricentrica rispetto all'intera cantierizzazione e è posta ad una distanza minima di circa 200 metri dal più prossimo confine di recinzione dell'intera macro- area di cantierizzazione.

I ricettori più prossimi si pongono a distanze pari a circa 500 metri, mentre i ricettori residenziali più prossimi sono posti a distanze di circa 600 metri. L'autostrada A11 è posta a circa 200 metri dal perimetro del campo di stabilizzazione più prossimo.

Il campo di stabilizzazione può, pertanto, ritenersi quale cantieri ordinari, rispetto ai quali le guide tecniche di riferimento forniscono le seguenti indicazioni:

- **componente atmosfera:**

La guida tecnica francese per i cantieri ordinari indica una soglia di velocità del vento di 11 m/ s, misurati con anemometro posto alla quota di 1 m dal piano di posa. Nel caso in esame si è optato di adottare comunque la soglia più restrittiva, dimezzando di fatto il valore della velocità del vento e assumendo detta soglia pari a 6 m/ s, misurata alla quota di 1,5 m dal piano di posa.

Di seguito sono elencate le misure che saranno messe in atto per limitare i potenziali impatti sulla componente aria:

- interruzione del trattamento con velocità del vento maggiore di 6 m/s;
  - utilizzo di sistemi pneumatici per il travaso dei prodotti (dal veicolo di trasporto al silos o dal silos alla spargitrice);
  - i silos di stoccaggio della calce saranno dotati di sistemi che garantiscono la pulizia dei serbatoi e dell'aria compressa che convoglia il prodotto, raccordati a specifici filtri da mantenersi in buono stato di funzionamento;
  - divieto di circolazione dei mezzi sulla superficie ricoperta dalla calce. Anche la spargitrice eseguirà la distesa della calce in un'unica passata;
  - esposizione della calce stesa inferiore a 15 minuti circa;
  - impiego di automezzi utilizzati per il trasporto della calce e per il tragitto fino all'area di spargimento a tenuta stagna;
  - impiego di macchine spandi- calce in grado di depositare la calce da una distanza non superiore a 10 cm;
  - installazione di un anemometro per il rilevamento della velocità e della direzione del vento presso ciascuno dei due campi di stabilizzazione;
  - installazione di recinzioni con new- jersey in calcestruzzo armato e rete
- 42
- antipolvere fino ad altezza di 3 metri;
  - impiego di nebulizzatori.

• **componente acque:**

Durante le ore di pioggia leggera i lavori di spandimento della calce, di miscelazione con il terreno e di compattazione possono essere continuati in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante la compattazione.

I potenziali fattori di interferenza in caso di forti piogge sono legati al dilavamento della calce dal piano di posa durante la fase di spargimento a seguito di eventi meteorici ovvero al rilascio accidentale di calce in corpi idrici superficiali adiacenti alle zone di lavorazione.

Di seguito sono elencate le misure che saranno messe in atto per limitare i potenziali impatti sulla componente acqua:

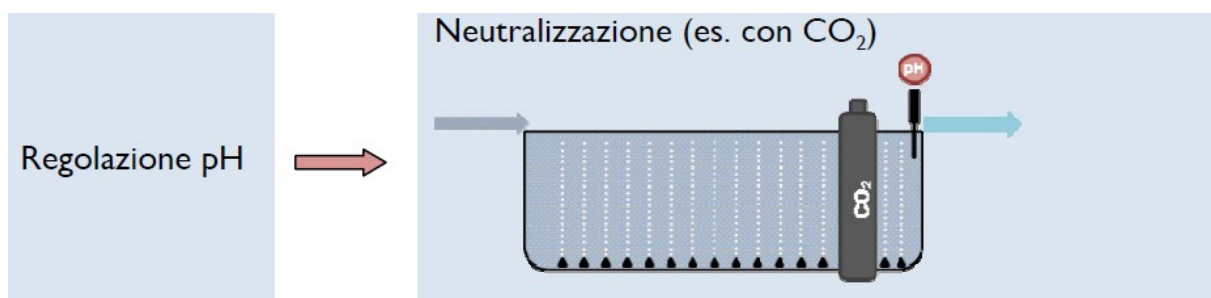
- sospensione dei lavori in condizione di pioggia moderata o forte;
- delimitazione delle aree di lavorazioni con argini in terra;

- i piazzali e le aree di stoccaggio terre sono delimitati lateralmente da bobine di telo di protezione impermeabile per proteggere i cumuli dall'umidità e dalla pioggia;
- in caso di precipitazioni eseguire la miscelazione dei primi 10 cm di terreno con pulvimixer e la rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra- calce.

Per quanto riguarda l'acqua usata per la nebulizzazione, date le caratteristiche degli ugelli aspersori, essa rappresenterà piccoli volumi che, una volta ricaduti sul suolo, non possono comportare alcun problema di dilavamento della calce. In ogni caso i due campi di stabilizzazione saranno dotati di sistema di convogliamento e raccolta delle acque.

In generale il potenziale rischio che si configura è, infatti, quello che ingenti quantità di calce accidentalmente rilasciate possano provocare l'innalzamento del pH di grossi volumi d'acqua a valori superiore a 10 per tempi significativi.

Per quanto riguarda il sistema di smaltimento delle acque meteoriche di tale area è previsto un canale longitudinale di raccolta che convoglia le acque potenzialmente alcaline, derivanti dal trattamento a calce previsto in tale area, nell'impianto di regolazione del pH posto all'esterno del perimetro dell'area di deposito.



A valle dell'impianto di regolazione del pH le acque vengono portate attraverso appositi canali **all'impianto di trattamento n. 2 (di seguito descritto)** prima di immetterle nel recettore finale.

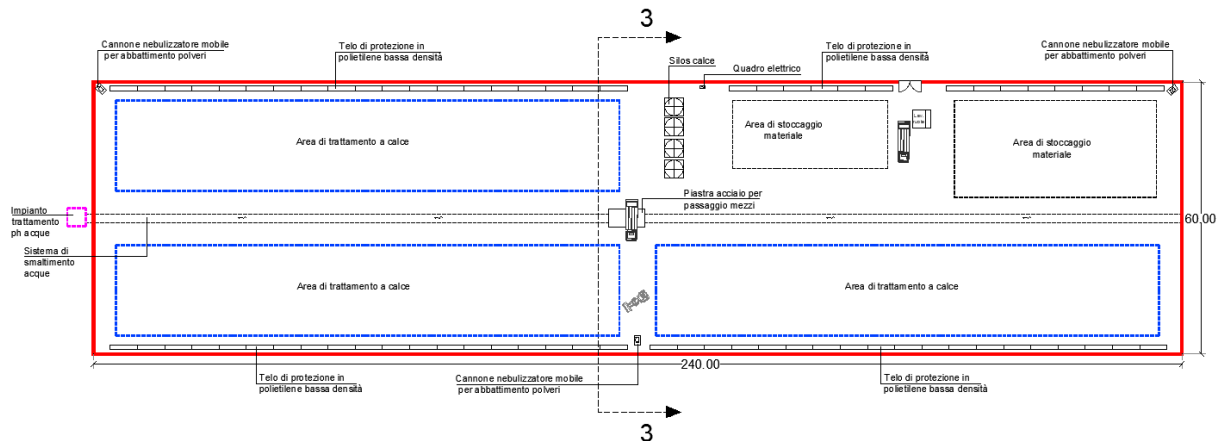


Figura 8. Pianta area trattamento a calce terre

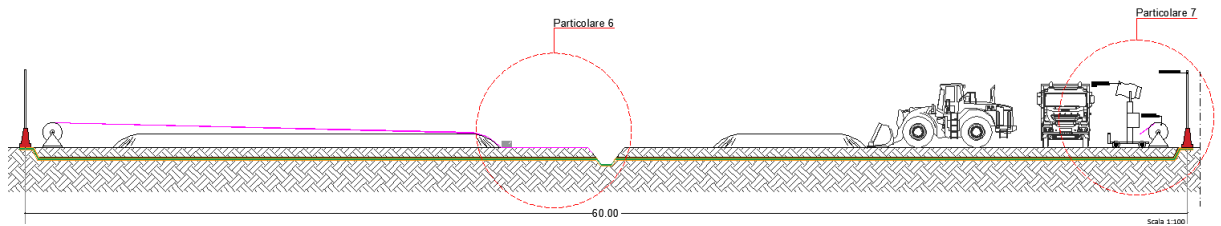


Figura 9 Sezione 3-3

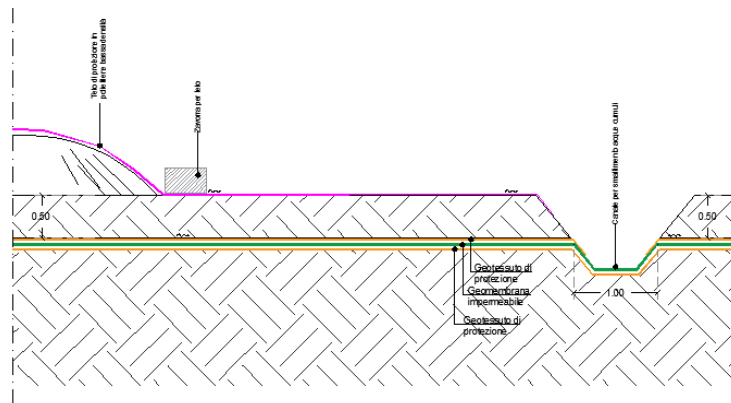


Figura 10. Particolare

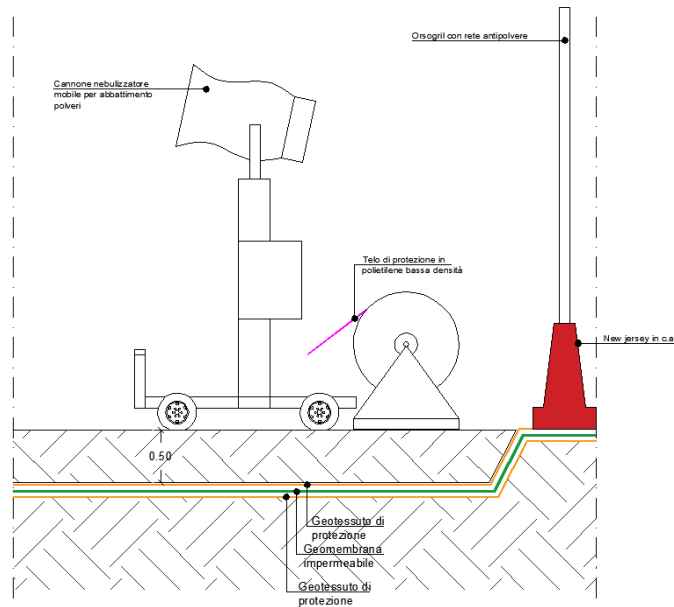


Figura 11. Particolare

L'intero cantiere della prima fase del Masterplan sarà, infine, dotato di un proprio Sistema di Gestione Ambientale conforme alla ISO14001 e il trattamento di stabilizzazione a calce sarà oggetto di una specifica procedura ambientale, comprensiva di procedure operative, controlli, annotazioni, monitoraggi e gestione di eventuali non conformità.