

ITINERARIO

TRAPANI - MAZARA DEL VALLO

VARIANTE ALLA S.S.115 "SUD OCCIDENTALE SICULA"

DALLO SVINCOLO "BIRGI" SULLA A29/DIR AL COLLEGAMENTO ALLA S.S. 115 AL KM 48+000

1° STRALCIO FUNZIONALE MARSALA SUD - MAZARA DEL VALLO

PROGETTO DEFINITIVO

COD. PA757

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

*Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine ing. di Frosinone n. 1063*

GEOLOGO:

*Dott. Flavio Capozucca
Ordine geologi del Lazio n. 1599*

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. Roberto Roggi

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. Luigi Mupo

Relazione generale

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

DPPA0757 D 22

NOME FILE

T00EG00GENRE01A

REVISIONE

SCALA:

CODICE
ELAB.

T00EG00GENRE01

A

D					
C					
B					
A					
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	4
2	INQUADRAMENTO PROGETTUALE	6
2.1	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'OPERA	6
2.2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	7
2.3	TECNICI FIRMATARI.....	8
2.4	PRECEDENTI LIVELLI DI PROGETTAZIONE	8
2.5	PARERI, AUTORIZZAZIONI E NULLA OSTA.....	10
2.5.1	Progetto preliminare intero intervento.....	10
2.5.2	Progetto di fattibilità tecnico economica 1° Stralcio	11
2.5.3	Progetto definitivo 1° Stralcio.....	12
2.6	ADEMPIMENTI ART. 7 E SEGUENTI LEGGE 241/90, D. LGS. 50/16.....	13
3	STUDI ED INDAGINI	14
3.1	RILIEVI TOPOGRAFICI	14
3.2	STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	14
3.2.1	Campagna indagini 2003.....	14
3.2.2	Campagna indagini 2012.....	14
3.2.3	Campagna indagini 2021-2022	15
3.2.4	Caratterizzazione geologica	15
3.2.5	Caratterizzazione idrogeologica.....	17
3.2.6	Progettazione geotecnica	18
3.2.7	Sismicità dell'area e rischio di liquefazione dei terreni	20
3.3	STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO.....	22
3.3.1	Analisi idrologica	23
3.3.2	Analisi idraulica	24
3.3.3	Analisi dell'invarianza idrologica e idraulica	27
3.4	CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DA SCAVO/DEMOLIZIONE AI FINI DEL RIUTILIZZO.....	28
3.4.1	Generalità	28
3.4.2	Prove geotecniche di laboratorio	29
3.4.3	Analisi chimiche (terre, rocce e aggregati)	32
3.5	RILIEVI DI TRAFFICO	33
3.6	STUDI PAESAGGISTICI ED AMBIENTALI	35
3.7	STUDI ATMOSFERICI, ACUSTICI E VIBRAZIONALI	36
4	IL PROGETTO STRADALE	39
4.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	39

4.1.1	La sezione stradale.....	41
4.1.2	Dispositivi di sicurezza e segnaletica	42
4.1.3	La pavimentazione stradale	44
4.2	LE INTERSEZIONI	44
4.2.1	La sezione trasversale.....	45
4.2.2	Rotatoria 1 Marsala-Ospedale.....	47
4.2.1	Svincolo di Marsala Sud e Rotatoria 2	47
4.2.2	Rotatoria 3 in corrispondenza del Cavalcavia CV03 (S.P. 62)	48
4.2.3	Svincolo di Terrenove	49
4.2.4	Svincolo di Petrosino.....	50
4.2.5	Rotatoria Fine Intervento (pk 16+670) sulla S.S.115	51
4.3	LA VIABILITA' SECONDARIA	52
4.3.1	Viabilità locali interpoderali.....	52
5	OPERE D'ARTE MAGGIORI.....	53
5.1	VIADOTTO SOSSIO	53
5.2	GALLERIA ARTIFICIALE "OSPEDALE"	54
6	OPERE D'ARTE MINORI	57
6.1	CAVALCAVIA.....	57
6.2	SOTTOVIA.....	58
6.3	MANUFATTI IDRAULICI	59
6.3.1	Tombini idraulici	59
6.3.2	Vasche di trattamento delle acque di prima pioggia.....	62
6.4	OPERE DI SOSTEGNO.....	64
6.4.1	Muri di sostegno del rilevato stradale in prossimità dei sottovia	65
6.4.2	Imbocco nord e sud della galleria artificiale.....	66
7	SISTEMI DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE E PRESIDIO IDRAULICO DELLA PIATTAFORMA STRADALE	67
8	IMPIANTI.....	68
8.1	IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE	68
8.2	ILLUMINAZIONE GALLERIA ARTIFICIALE	69
8.3	PREDISPOSIZIONE SMART ROAD	70
8.4	IMPIANTI DI TRATTAMENTO	70
9	SICUREZZA.....	71
10	CANTIERIZZAZIONE.....	73
10.1	AREE DI CANTIERE.....	74

10.1.1	Cantiere base	76
10.1.2	Cantiere operativo	77
10.1.3	Aree tecniche	77
10.2	VIABILITÀ DI CANTIERE.....	78
10.3	FASI ESECUTIVE.....	78
11	PIANO DI GESTIONE DELLE MATERIE	80
11.1	FABBISOGNI.....	80
11.2	ANALISI DELLE RISORSE	81
11.2.1	Materiali provenienti dall'esecuzione di scavi e sbancamento.....	82
11.2.2	Materiali da demolizione	84
11.2.3	Scarti ferrosi	84
11.3	BILANCIO DELLE MATERIE	84
12	INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO -AMBIENTALE.....	88
12.1	ASPETTI GENERALI	88
12.2	CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE	89
12.3	BARRIERE ANTIRUMORE	91
13	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	95
13.1	IDENTIFICAZIONE DELLE COMPONENTI AMBIENTALI DA MONITORARE	96
13.2	ARTICOLAZIONE TEMPORALE	98
13.3	SINTESI DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	99
14	PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO	104
15	ARCHEOLOGIA	105
16	ESPROPRI	107
17	INTERFERENZE	109
18	BONIFICA ORDIGNI BELLICI	111
19	CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI.....	112
20	CONCLUSIONI	113

1 PREMESSA

La presente relazione generale riguarda il progetto definitivo (nel seguito PD) del *1° Stralcio funzionale Marsala Sud – Mazara del Vallo* del più ampio intervento di Variante alla S.S. 115 "Sud Occidentale Sicula" dallo Svincolo "Birgi" sulla A29/dir al collegamento alla S.S. 115 al km 48+000, facente parte delle opere del primo Programma delle Infrastrutture Strategiche della Legge Obiettivo di cui alla Delibera CIPE n. 121 del 21.12.2001.

Il 1° Stralcio funzionale Marsala Sud–Mazara del Vallo ha uno sviluppo complessivo di circa 16,5 km, inizia dall'innesto sulla S.S. 188 in prossimità dell'Ospedale di Marsala e termina con l'innesto sulla S.S. 115 in corrispondenza del nuovo asse di penetrazione al porto di Mazara del Vallo, attraversando i comuni di Marsala, Petrosino e Mazara del Vallo in provincia di Trapani.

Il progetto prevede una strada di categoria C1 secondo il D.M. 5/11/2001, con una corsia per senso di marcia ed una piattaforma stradale di larghezza complessiva pari a 10,5 m, da realizzare interamente su nuova sede.

L'attuale S.S. 115 tra Marsala e Mazara del Vallo si sviluppa prevalentemente in aree urbanizzate e all'interno di centri abitati e ha caratteristiche geometriche e funzionali obsolete (carreggiata di larghezza ridotta, accessi privati ed intersezioni a raso). La realizzazione dello stralcio funzionale in oggetto consentirà un significativo innalzamento dei livelli di servizio dell'intero tratto Trapani – Mazara del Vallo, riducendo i tempi di percorrenza e incrementando la capacità del collegamento stradale.

La nuova strada Marsala Sud–Mazara del Vallo consentirà inoltre di ridurre l'incidentalità lungo il collegamento stradale e l'inquinamento acustico ed atmosferico nei centri abitati.

L'intervento rientra nell'elenco delle opere infrastrutturali per la cui realizzazione, ai sensi dell'art. 4 del D.L. 32/2019 (c.d. sblocca-cantieri) convertito con modificazioni dalla Legge n.55/2019, è disposta la nomina di un Commissario Straordinario.



Figura 1 Inquadramento generale dell'intervento

2 INQUADRAMENTO PROGETTUALE

Il progetto definitivo, oggetto della presente relazione, recepisce le prescrizioni e raccomandazioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sul progetto di fattibilità tecnico economica del 2020.

La documentazione di progetto risponde ai requisiti progettuali previsti per la progettazione definitiva in via ordinaria ai sensi dell'art. 216 comma 4 del D.Lgs 50/2016 (parte II, titolo II, capo I del DPR 207/2010). Rinviano agli elaborati del progetto definitivo per maggiori dettagli, nel seguito sono illustrate le principali caratteristiche tecniche dell'opera.

2.1 DESCRIZIONE SINTETICA DELL'OPERA

L'intervento è relativo al 1° stralcio funzionale della variante alla SS 115 da Trapani a Mazara del Vallo e consiste nella realizzazione di una strada di cat. C1 "strada extraurbana secondaria" secondo il D.M. 5.11.2001 e si sviluppa interamente su nuova sede.

L'asse principale ha uno sviluppo complessivo di circa 16,5 km e si sviluppa prevalentemente su rilevato basso. Lungo l'asse principale sono presenti due opere d'arte principale: il viadotto Sossio dello sviluppo complessivo di 135 m, in corrispondenza della fiumara Sossio, e una galleria artificiale tra le progressive 0+550 e 0+674 di sviluppo 125 m, in prossimità dell'ospedale di Marsala, necessaria per attraversare la S.S. 188. Per ricucire la rete delle strade locali sono stati previsti n. 7 cavalcavia e n. 5 sottovia.

Lungo l'asse principale sono stati previsti 3 svincoli a livelli sfalsati (Marsala Sud, Terrenove e Petrosino).

A seguire si riporta una tabella riepilogativa con le principali caratteristiche dell'intervento:

Sviluppo tracciato	16,670 km
Viadotti di linea	n. 1 Viadotto "Sossio" (L=135 m)
Galleria artificiale	n. 1 Galleria "Ospedale" (L=125 m)
Tratti di rilevato	m 12.985,14
Tratti di trincea	m 3.046,57
Paratie di pali (imbocco nord)	m 164,50
Muri ad "U" (imbocco sud)	m 225,80
Muri a mensola	m 20
Muri ad "U"	m 96
Cordolo in c.a. per barriere acustiche	m 730
Svincoli	n. 3
Rotatorie	n. 5
Adeguamento viabilità minore esistente	n. 15
Cavalcavia	n. 7
Sottovia scatolari	n. 5
Tombini idraulici scatolari	n. 44
Vasche di prima pioggia	n. 10

Tabella 1 Principali caratteristiche

2.2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Si riepiloga, nel seguito, il quadro delle principali normative di riferimento.

Procedura ordinaria - art. 216 comma 4 del D.Lgs 50/2016 (parte II, titolo II, capo I del DPR 207/2010)

Tracciati:

- DM 05/11/01, n. 6792 e s.m.i: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- DM 18/02/92, n. 223: "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza", così come aggiornato dal DM 21/06/04: "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- DM 28/06/2011 "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale", pubblicato sulla G.U. n. 233 del 06-10-2011;
- DM 19/04/06 "Norme funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", pubblicato sulla G.U. n. 170 del 24-07-06.

Strutture:

- DM 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

Tutela del territorio e dell'Infrastruttura dal Rischio Idraulico:

- "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" a cura dell'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente della Sicilia (2004) – Norme di Attuazione;
- (P.G.R.A.) Piano di gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.) - Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni - NORME DI ATTUAZIONE;
- D.Lgs. n. 152 del 03 aprile 2006;
- Decreto del Ministero LL.PP. 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali";
- Regio Decreto del 25/07/1904 n.523;
- D.S.G. 189/2020 "Prime direttive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. 523/1904) e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso" - Dipartimento regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia.

Espropri:

- Decreto del Presidente della Repubblica 8 giugno 2001, n. 327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità";

- Decreto Legislativo del 27 dicembre 2002, n. 302 "Modifiche ed integrazioni al d.P.R. 8 giugno 2001, n. 327, recante testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità".

2.3 TECNICI FIRMATARI

Il progetto definitivo è stato redatto dal Coordinamento Progettazione della Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori di Anas.

I progettisti firmatari del progetto definitivo, nominati in data 24.09.2021, sono:

- a) Ing. Antonio Scalamandrè (Ordine Ing. di Frosinone n. 1063) in qualità di progettista e responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche;
- b) Dott. Geol. Flavio Capozucca (Ordine Geologi della Regione Lazio n. 1599) – in qualità di Geologo;
- c) Dott.ssa Pina Derudas (n. MIBACT 459) – in qualità di Archeologa.

Lo Studio Impatto Ambientale è a cura dell'Ing. Francesco Ventura (Ordine Ing. di Roma n. 14660).

Il Piano Utilizzo Terre è a cura Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ordine Geologi della Regione Sicilia n. 966).

Il Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione è l'Arch. Roberto Roggi (Ordine Architetti di Roma n. 10554), nominato da RUP con disposizione del 24.09.2021.

Il Responsabile del Procedimento è l'Ing. Luigi Mupo, Responsabile Nuove Opere della Struttura Territoriale Sicilia, nominato con disposizione n. 506 del 23.03.2021, trasmessa con prot. CDG-I-192669 del 29.03.2021.

In quanto infrastruttura di rilevante impatto sul tessuto socio-economico a livello regionale e locale, l'intervento è stato individuato tra quelli per i quali si è resa necessaria la nomina di un Commissario straordinario ai sensi dell'art. 4 comma 1 del D.L. n. 32 del 18.04.2019 (c.d. Decreto Sblocca cantieri) convertito con modificazioni nella Legge n. 120 dell'11.09.2020. Con D.P.C.M. del 05.08.2021, registrato alla Corte dei Conti al n. 2260 del 18.09.2021, è stato nominato il Commissario Straordinario per l'opera nella figura dell'ing. Raffaele Celia, Dirigente Anas S.p.A.

2.4 PRECEDENTI LIVELLI DI PROGETTAZIONE

Nel 2004 ANAS ha predisposto il progetto preliminare di una variante alla S.S. 115 da Trapani a Mazara del Vallo per collegare in maniera adeguata Trapani, l'aeroporto Birgi, Marsala e Mazara del Vallo, prevedendo una strada di cat. C1, in parte su nuova sede ed in parte sulla sede della esistente strada a scorrimento veloce esistente Trapani Marsala.

Successivamente sono state avviate le procedure approvative previste dal D.Lgs 190/2002 (Legge Obiettivo) sull'intero tratto Trapani-Mazara del Vallo con la trasmissione del progetto preliminare

comprendente lo Studio di Impatto Ambientale al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Direzione Generale per le Strade (MIT) da parte di ANAS con prot. 3988 del 27.07.2004.

In tale ambito sono stati resi i pareri delle Amministrazioni e gli Enti competenti compreso il parere endoprocedimentale di compatibilità ambientale dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente (ARTA), positivo con prescrizioni con nota prot. N. 79111 del 21.10.2009.

L'iter approvativo sull'intervento complessivo è stato tuttavia sospeso di fatto in attesa dello stanziamento dei finanziamenti sull'intervento.

Con la sottoscrizione ad agosto 2017 dell'APQ Sicilia, dall'Agenzia per la Coesione, dal MIT, dalla Regione Siciliana e da ANAS, sono stati resi disponibili i finanziamenti per la realizzazione del solo 1° stralcio funzionale Marsala sud-Mazara del Vallo per un importo di 134 M€.

Il progetto preliminare è stato pertanto stralciato delle parti non finanziate e comprende attualmente il solo 1° stralcio funzionale Marsala sud-Mazara del Vallo.

Di seguito a tale finanziamento, ANAS ha chiesto al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (prot. CDG-0548939-P del 31/10/2017) di riavviare le procedure autorizzative di Legge Obiettivo proponendo al CIPE l'approvazione del progetto preliminare del 1° Stralcio funzionale Marsala Sud-Mazara del Vallo.

Con nota prot. 329 del 15.01.2018 il MIT ha chiesto ad ANAS l'adeguamento del progetto 2004 del 1° stralcio funzionale Marsala sud-Mazara del Vallo alle norme intervenute, reiterando i pareri scaduti e inviando lo stesso al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per acquisire il relativo prodromico parere di competenza ai sensi dell'art. 215 del D.Lgs 50/2016.

Il progetto di fattibilità tecnico economica 2020, pertanto, è stato aggiornato e modificato senza comportare alcuna variazione significativa alle caratteristiche fondamentali dell'infrastruttura del progetto redatto nel 2004, sul quale sono stati espressi i pareri favorevoli dagli enti competenti, nell'ambito delle procedure approvative di legge obiettivo. In particolare, le modifiche intervenute sono principalmente dovute a:

- l'adeguamento tecnico e all'aggiornamento del progetto alla intervenuta normativa stradale, al fine di garantire i livelli di sicurezza e di servizio;
- l'adeguamento del tracciato stradale per come indicato dall'ente gestore necessario alla risoluzione dell'interferenza con il metanodotto della SNAM interferente;
- l'aggiornamento cartografico rispetto al precedente rilievo con una maggiore estensione dell'area delle cave dovuta all'estrazione dei materiali successiva al 2004;
- migliorare il raccordo con l'attuale SS 188 in prossimità dell'Ospedale di Marsala.

Il progetto di fattibilità tecnico economico 2020 è stato approvato nel mese di luglio 2021.

2.5 PARERI, AUTORIZZAZIONI E NULLA OSTA

Di seguito si riporta l'iter approvativo del progetto in oggetto, partendo dai pareri relativi all'intero intervento.

2.5.1 Progetto preliminare intero intervento

Dal 2004 al 2012 sul progetto preliminare dell'intero intervento "Variante alla S.S. 115 "Sud Occidentale Sicula" dallo Svincolo "Birgi" sulla A29/dir al collegamento alla S.S. 115 al km 48+000" sono stati resi i pareri delle Amministrazioni e degli Enti competenti di seguito elencati:

- Parere favorevole con prescrizioni della Regione Siciliana - Soprintendenza BB.CC.AA. – Servizio per i Beni Archeologici, reso con nota prot. 223/2006;
- Parere favorevole con prescrizioni della Regione Siciliana, Assessorato Territorio ed Ambiente – Dipartimento Regionale – Territorio e Ambiente - Servizio 2 VAS VIA, reso con nota prot. 79111 del 21/10/2009, ai fini del giudizio di compatibilità ambientale e valutazione di incidenza;
- Parere favorevole ai fini della procedura VIA della Provincia di Trapani – Area Opere Pubbliche e Gestione del Territorio, reso con nota prot. n. 68537/08/4 del 15/11/2004;
- Parere del Presidente della Provincia di Trapani, reso con nota prot. 5747/TA del 30/01/2007;
- Parere paesaggistico ai sensi art. 146 del D.Lgs. 42/2004 della Regione Siciliana – Assessorato dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana – Dipartimento dei Beni Culturali e dell'Identità Siciliana – Servizio Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Trapani, reso con nota prot. 7674 in data 25/10/2011 con cui è stato riemesso il precedente parere favorevole prot. 2036 del 3/3/2006;
- Nulla osta con prescrizioni ai fini del vincolo idrogeologico della Regione Siciliana – Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente – Comando del Corpo Forestale della Regione Siciliana - Servizio Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Trapani – U.O. Tutela Vincolo Idrogeologico, reso con nota prot. n. 36850 del 02/11/2011;
- Parere favorevole con prescrizioni ex art. 13 L. 64/1974, ai fini della compatibilità del progetto con le condizioni geologiche e geomorfologiche delle aree interessate, della Regione Siciliana – Assessorato Regionale – Infrastrutture e della Mobilità – Dipartimento Tecnico – Ufficio del Genio Civile di Trapani, reso con nota prot. n. 262737 del 30/11/2011;
- Parere favorevole al fine della localizzazione Urbanistica, della Regione Siciliana - Assessorato Territorio e Ambiente – Dipartimento Regionale Urbanistica, reso con nota prot. n. 81080 del 30/10/2009;
- Parere del Presidente della Regione Siciliana, reso con nota prot. 13/04 al Ministero delle Infrastrutture e Trasporti al fine del perfezionamento dell'intesa sulla localizzazione dell'opera;

- Parere favorevole ai fini della compatibilità ambientale dell'opera del Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Direzione generale per il Paesaggio, le Belle Arti, l'Architettura e l'Arte Contemporanea – Servizio IV Tutela e Qualità del Paesaggio, reso con nota prot. n. DGPBAAC/34.19.04/8584 del 21/03/2012;
- Parere favorevole dell'Aeronautica Militare – 16° Reparto Genio Campale, reso con nota prot. RGC-16/43/47112/1-6-129-04, relativo agli aspetti demaniali di competenza.

Pareri degli Enti Gestori di Interferenze:

- Parere favorevole RFI, reso con nota prot. DMA/DCI_PA.TE.04 in data 09/09/2004;
- Parere favorevole del Comune di Marsala, reso con le note prot. 40228/45033 del 14/09/2004 e prot. 61936 del 22/12/2004 relative alle condotte idriche che interferiscono con il progetto;
- Parere favorevole SNAM Rete Gas, reso con le note prot. DI-SIC/727/Ali del 10/04/2006, prot. DI-SIC/812/Ali del 24/04/2006, prot. DI-SIC/813/Ali del 24/04/2006, prot. DI-SIC/815/Ali del 24/04/2006, relative ai gasdotti che interferiscono con il progetto. In data 31.07.2019 è stato trasmesso il progetto aggiornato richiedendo l'ubicazione interferenze e la conferma della proposta risoluzione con indicazione sui tempi necessari.

2.5.2 Progetto di fattibilità tecnico economica 1° Stralcio

In merito al riavvio dell'iter di Legge Obiettivo per il progetto preliminare del 1° Stralcio funzionale Marsala Sud-Mazara del Vallo, si rappresenta che in data:

- 15.01.2018 (prot.329) il MIT ha richiesto, visto il tempo intercorso, la revisione progetto a nuove norme per il reitro dei pareri scaduti e il propedeutico parere del CSLP sul progetto;
- 24.05.2018 (prot.CDG-0275620-P) è stato trasmesso il PP 2004 aggiornato per corografie, espropri, studi di traffico e calcolo sommario della spesa al CSLP;
- 05.07.2018 (prot.6367) il CSLP, valutato l'affare 53/2018 ha restituito gli atti chiedendo di presentare un PP aggiornato come da indicazioni MIT;
- 03.08.2018 (prot.CDG-0421728-P) sono stati inviati da ANAS al CSLP chiarimenti sulla trasmissione del 24.05.2018;
- 18.10.2018 (prot.CDG-0552961-P) ANAS, successivamente ai chiarimenti forniti, ha richiesto il ritiro istanza al CSLP per necessità di apportare nuove modifiche al PP.

Sul nuovo progetto di fattibilità tecnico economica del 1° stralcio Marsala Sud-Mazara del Vallo, redatto nel 2020, sono stati acquisiti i seguenti pareri:

- Parere favorevole con prescrizioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, reso con nota prot. 21/2021 del 20.05.2021 (prot. Anas CDG-341366 del 31.05.2021) sul progetto di fattibilità tecnico

economica, ai sensi del combinato disposto dell'art. 215, commi 3 e 5, del D.Lgs 50/2016 e del D.M. 467/2020;

- Approvazione piano indagini archeologiche della Soprintendenza Beni Culturali e Ambientali di Trapani - S20.4 Sezione per i Beni Archeologici, nell'ambito della verifica preventiva di interesse archeologico ai sensi dell'art. 25 del D. Lgs. 50/2016 e ss.mm.ii. il 29.05.2021, reso con nota prot. prot. 2333/4a del 10/02/2022 con cui è stato confermato il precedente parere favorevole 7973/4a del 26.06.2020.

Nel 2020 Anas ha altresì avviato presso l'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente (ARTA) della Regione Sicilia la valutazione preliminare ai sensi dell'art.6, comma 9 del D.Lgs.152/2006 sulle modifiche apportate al progetto preliminare rispetto al progetto che aveva già ottenuto il parere di compatibilità ambientale nel 2009.

L'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente (ARTA) ha restituito la pratica in quanto non più autorità competente. Rendendosi necessario l'avvio di una nuova procedura di Valutazione Impatto Ambientale presso il Ministero della Transizione Ecologica, al fine di ottimizzare i costi e i tempi complessivi di autorizzazione dell'intervento, si è definito di proseguire l'iter procedurale in via ordinaria, uscendo così dal regime di Legge Obiettivo.

Il progetto di fattibilità tecnico economico 2020 è stato approvato nel mese di luglio 2021.

2.5.3 Progetto definitivo 1° Stralcio

Il progetto definitivo del 1° Stralcio Marsala Sud-Mazara del Vallo recepisce le osservazioni contenute nel parere del CSLP prot.5531 del 31.05.2021 sul progetto di fattibilità tecnico economico 2020.

L'iter approvativo del progetto definitivo in oggetto prevede una nuova procedura di Valutazione Impatto Ambientale presso il Ministero della Transizione Ecologica e, successivamente, la Conferenza di Servizi decisoria anche ai fini della localizzazione.

Facendo seguito alla prescrizione *"...di saggi archeologici preventivi (...), anche contestualmente ad indagini geofisiche..."*, contenuta nella nota n. 7973/4a del 26.06.2020 della Soprintendenza Beni Culturali e Ambientali di Trapani - S20.4 Sezione per i Beni Archeologici, durante la campagna indagini geognostiche e ambientali eseguite nel mese di febbraio 2022, con la supervisione del funzionario archeologo responsabile della Soprintendenza di competenza, i pozzetti ricadenti in località Terrenove (da prog. 16+210 ca. a prog. 16+275 ca. dell'intervento), sono stati sottoposti a sorveglianza archeologica.

La Soprintendenza Beni Culturali e Ambientali di Trapani - S20.4 Sezione per i Beni Archeologici con nota prot. 4892 del 24.03.2022 ha confermato che *"i saggi archeologici preventivi hanno avuto esito negativo"*.

2.6 ADEMPIMENTI ART. 7 E SEGUENTI LEGGE 241/90, D. LGS. 50/16

Sul presente progetto definitivo saranno svolti gli adempimenti di cui all'art. 7 e seguenti della Legge 241/90 mediante le pubblicazioni degli avvisi ex artt. 11 e 16 del D.P.R.327/01 con la Conferenza di Servizi decisoria da avviare ai fini della localizzazione delle opere (ex L. 241/90 e DPR 383/94).

3 STUDI ED INDAGINI

3.1 RILIEVI TOPOGRAFICI

Le attività topografiche eseguite nell'ambito del progetto definitivo sono da ricondursi a rilievi di controllo ed integrazione della cartografia già a disposizione che consiste in una aerofotogrammetria in scala 1:2000 realizzata nel corso di precedenti fasi progettuali.

Il sistema di Riferimento utilizzato per la base progettuale è il Gauss-Boaga fuso EST – Roma 40 (EPSG:3004). Nella successiva fase è necessario istituire ed utilizzare uno specifico sistema di riferimento rettilineo, garantendo che nel passaggio da rappresentazione ellissoidica a rappresentazione piana o "rettilinea" vi sia una deformazione paragonabile agli errori degli strumenti di misura.

Per la consultazione della documentazione disponibile si rimanda alla sezione 1.4 Topografia e Rilievi del presente progetto.

3.2 STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.2.1 Campagna indagini 2003

Le indagini della campagna geognostica relative al progetto preliminare sono state eseguite dalla società VAMIR Geologia ed Ambiente s.a.s. di Palermo e riguardavano anche il lotto precedente a quello in progetto. Relativamente a quest'ultimo, le indagini di interesse sono:

- n. 11 sondaggi geognostici verticali eseguiti a carotaggio continuo, con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 7 sondaggi eseguiti a distruzione di nucleo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica delle litologie intercettate;
- n. 42 prove penetrometriche SPT;
- n. 20 prelievi di campioni (tra indisturbati e rimaneggiati), sia su terre che litoidi da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 2 piezometri tipo Casagrande (nei sondaggi S20 e S22);
- n. 78 prospezioni sismiche a rifrazione;
- n. 78 rilievi georadar in 13 diverse aree lungo il tracciato.

3.2.2 Campagna indagini 2012

Nel 2012 è stata eseguita un'apposita campagna di indagine geognostica con l'obiettivo di definire in maniera più dettagliata il modello geotecnico di riferimento per la stesura del progetto definitivo effettuata dalla Geomerid s.r.l.

La campagna geognostica è stata così articolata:

- n. 11 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;

- n. 5 sondaggi a distruzione di nucleo;
- n. 2 prove penetrometrie dinamiche SPT;
- n. 11 prelievi di campioni sia di terre che lapidei;
- n. 5 videoispezioni in foro, nei sondaggi contrassegnati dalla lettera T;
- n. 2 prove dilatometriche in foro (S5 – 12);
- n.1 indagine sismica down-hole (S1 – 12);
- n.2 prove di permeabilità di tipo Lugeon (S4 – 12);
- n.1 prova di permeabilità di tipo Lefranc (S6 – 12).

3.2.3 Campagna indagini 2021-2022

Nel periodo compreso fra dicembre 2021 e aprile 2022 è stata eseguita una ampia campagna di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, a supporto della fase di Progettazione Definitiva. Nell'ambito di tale campagna, eseguita da Sidercem S.p.A., sono stati realizzati:

- n. 19 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (di cui n. 6 per realizzazione prove di permeabilità bacini);
- n. 4 sondaggi a distruzione di nucleo;
- n. 31 prove penetrometriche dinamiche SPT;
- n. 30 prelievi di campioni, sia indisturbati che lapidei (in attività di sondaggio a carotaggio);
- n. 10 prove pressiometriche in foro;
- n. 4 prove dilatometriche in foro;
- n. 2 indagini sismiche Cross-Hole;
- n. 1 indagini sismiche Down – Hole;
- n. 6 prova di permeabilità di tipo Lefranc;
- n. 246 prove geotecniche di laboratorio;
- n. 8 basi sismiche, per una lunghezza totale di m. 962,0;
- n. 113 pozzetti esplorativi (di cui n. 3 per sorveglianza archeologica);
- n. 2 analisi chimiche su campioni di terra;
- n. 3 prove di carico su piastra.

3.2.4 Caratterizzazione geologica

Lo studio del contesto geologico, di insieme e di dettaglio, del territorio interessato dal progetto è stato affrontato conducendo inizialmente la necessaria ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente, successivamente si è eseguita la raccolta ed il riesame critico dei dati disponibili ed, infine, una campagna di rilievi sul terreno sufficientemente estesa anche al di fuori dell'area di stretto interesse.

L'intera area d'interesse, eccezion fatta per i primi 700 metri circa del tracciato e dei terreni alluvionali del Fiume Sossio, è caratterizzata dalla presenza della formazione denominata "Calcarenite di Marsala", di età pleistocenica, diffusamente affiorante su tutto il territorio di colore avana, a granulometria prevalentemente grossolana, contraddistinta da una spiccata eterogeneità litologica

La Calcarenite di Marsala, poggia in discordanza sulla formazione marnoso-arenacea della Valle del Belice e sui Trubi, aventi spessori superiori spesso ai 500 m e fino a 1.500 m. Si tratta di depositi di colmamento di una depressione tettonica di vaste dimensioni che interessa la struttura geologica profonda caratteristica di tutta l'area Trapanese.

In tutti i sondaggi che hanno attraversato la formazione, dalla progressiva 0+700 circa, in corrispondenza della rotatoria "Marsala Sud", e fino al termine dell'intervento, alla progressiva 16+670, è stato infatti possibile riscontrare una significativa variabilità, soprattutto verticale, dei caratteri tessiturali e del grado di cementazione nonché delle caratteristiche meccaniche.

Sebbene la variabilità geometrica di tali caratteristiche risulti piuttosto articolata, l'analisi delle stratigrafie ed il confronto con quanto osservato sugli ampi affioramenti in corrispondenza dei versanti del Fiume Sossio e lungo i numerosi fronti di cava, è stato comunque possibile identificare due facies principali. La facies CA1, ubicata a tetto e a letto, e la facies CA2, ubicata nella porzione centrale della formazione, come sintetizzato nel modello geologico di riferimento.

La facies denominata CA1 è costituita da una calcarenite bioclastica di colore giallo-avana, con una granulometria da grossolana a fine, scarsamente fossilifera, ben cementata, dall'aspetto litoide e con ottime caratteristiche geomeccaniche. I sondaggi hanno evidenziato un alto valore dell'Indice RQD (Rock Quality Designation Index), che si attesta in media tra il 70- 80% e molto spesso è pari al 100%, testimoniando l'assenza di superfici di discontinuità sia primarie, dovute a piani di stratificazione, sia secondarie, fratturazione dovuta a tettonica o altri fattori.

La facies denominata CA2 è costituita da una calcarenite organogena debolmente cementata, di colore giallastro, a luoghi fossilifera. Presenta una stratificazione marcata, con strati generalmente decimetrici e banchi superiori al metro. Alcuni strati sono caratterizzati da sabbie fini. Questa facies è molto ricca di macrofauna, con riconoscibili ostracodi, echinidi e bivalvi. I valori di RQD difficilmente raggiungono il 20%, risultando spesso pari a zero. In due sondaggi, S3-12 ed S9-12T, sono stati inoltre rinvenuti dei livelli limoso-argillosi con debole presenza di sabbia, di color grigio-avana, debolmente plastici e generalmente ubicati nella parte inferiore della facies CA2 (b).

La differenza, anche in termini geotecnici tra le due facies, CA1 e CA2, è ben rappresentata dai risultati delle prove S.P.T., che vanno a rifiuto nella parte più cementata, mentre presentano valori modesti negli intervalli più sabbiosi.

Nell'alveo del fiume Sossio sono invece presenti tipici depositi fluviali a granulometria variabile, poggianti direttamente sulle argille sabbiose grigio-azzurre plioceniche sottostanti.

Lungo tutto il tracciato è presente una falda, che tuttavia si trova a profondità tali da non interessare le opere stradali tranne ad inizio lotto, dove il modello idrogeologico, desunto per il momento da dati da verificare, ipotizza la possibile interferenza con la prima opera del lotto, una galleria artificiale.

3.2.5 Caratterizzazione idrogeologica

L'area oggetto di studio, secondo la suddivisione adottata dal Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana (PAI, 2006), ricade all'interno dell'Area Territoriale tra il Bacino Idrografico del Fiume Birgi e il Bacino Idrografico del Fiume Mazzo, identificata col codice R19 052. La stessa area è identificata col medesimo codice nel Piano di Tutela delle Acque della Sicilia (PTA, 2008), con la dicitura "Bacini minori tra Birgi e Mazzo" (Elaborato B.14), mentre, per quanto riguarda le acque sotterranee nello stesso piano si fa riferimento al Bacino Idrogeologico della Piana di Marsala - Mazara del Vallo (cod. R19MM).

La zona della Piana di Marsala - Mazara del Vallo più importante dal punto di vista idrogeologico, per spessore e potenzialità dell'acquifero, è limitata ad est dalla Fiumara di Mazzo, a nord dalla Fiumara di Marsala (Sossio), a sud e a sud ovest dal Canale di Sicilia. In pratica, si tratta dell'area interessata dal tracciato stradale in progetto.

La Piana di Marsala - Mazara del Vallo è sede di un acquifero calcarenitico in cui la circolazione idrica sotterranea si espleta essenzialmente grazie alla porosità primaria che tali litotipi mostrano, a cui si aggiunge la circolazione preferenziale lungo i giunti di stratificazione e la rete di fratturazione e fessure. Si tratta di un acquifero multifalda, caratterizzato dalla presenza di diversi livelli idrici comunicanti.

In particolare, secondo Calvi et al. 2001, è possibile distinguere almeno due falde idriche:

- ✓ una profonda, impostata sulla Calcarenite di Marsala parzialmente semiconfinata da livelli discontinui poco permeabili;
- ✓ una superficiale di tipo libera, ospitata nei depositi terrazzati tirreniani, alimentata dalle precipitazioni efficaci e in condizioni idrodinamiche di interscambio idrico con la falda profonda in funzione delle rispettive altezze piezometriche.

Sintetizzando, si può concludere che, da un punto di vista strettamente quantitativo, la Piana di Marsala - Mazara del Vallo costituisce un corpo idrico significativo, tra i più importanti in Sicilia, la cui ricarica è data essenzialmente dalle piogge ricadenti sulla stessa area, non essendo l'acquifero in contatto con i bacini idrogeologici dei rilievi carbonatici che bordano la piana.

Tale ricarica non riesce a compensare gli elevati prelievi dai pozzi, sia privati che pubblici, presenti nell'area, causando, nel corso degli anni, un continuo depauperamento della risorsa idrica, e un

conseguente abbassamento del livello, sia statico che dinamico, della falda freatica. A causa di questo progressivo depauperamento, si verificano, inoltre, fenomeni di intrusione marina, con conseguente peggioramento della qualità delle acque sotterranee.

Durante la campagna d' indagini geognostiche del 2003, nel periodo autunnale, è stata rilevata la falda nei sondaggi S20 e S22 rispettivamente alle profondità di 6,15 m e 14,5 m da piano campagna. Nel tratto iniziale, infatti, sono presenti le sabbie per uno spessore compreso tra gli 8m e i 10m. Non si dispone di un periodo di monitoraggio significativo per valutare l'eventuale escursione della falda.

Si tratta, comunque, di una falda di base piuttosto estesa che si trova nel complesso calcarenitico e quindi presumibilmente soggetta a modeste oscillazioni stagionali. E' inoltre da considerare che nel tempo, per motivi sia antropici sia climatici, la falda si possa essere attestata a quote leggermente inferiori a quelle misurate nel 2003. Pertanto, allo stato attuale le letture disponibili si possono ritenere sufficientemente attendibili. Anche la misura dell'acqua nei pozzi limitrofi alla zona iniziale (8 ottobre 2019) sembra confermare tali letture.

Naturalmente un discorso a parte riguarda la valle del fiume Sossio; nel sondaggio S1_12 il livello di falda è stato misurato a 3,2m di profondità rispetto al piano campagna. In quel tratto sono presenti alluvioni di spessore di circa 20m.

3.2.6 Progettazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica dei principali litotipi individuati è basata sui risultati:

- degli studi geologici e geomorfologici;
- dei profili geotecnici allegati al progetto;
- dell'interpretazione delle indagini geognostiche;
- delle prove di laboratorio sui campioni rimaneggiati ed indisturbati.

I terreni affioranti e presenti nel sottosuolo della fascia interessata dal tracciato appartengono a formazioni geologiche caratteristiche di un periodo che va dal Pliocene al Pleistocene.

Di seguito si riporta una breve descrizione dei litotipi presenti nell'area, per una rappresentazione più dettagliata si rimanda alla Relazione Geotecnica del progetto. La successione che segue rispetta quella stratigrafica, dalle formazioni più recenti a quelli più antiche:

- Depositi Alluvionali recenti ed attuali AR – Olocene:

Tale litotipo, rappresenta la formazione che si è depositata più recentemente; si rinviene nel fondo valle dell'area di progetto interessata dal Viadotto "Sossio" con spessori che raggiungono circa i 15 m. Tali terreni si attestano al di sopra delle argille di età Pliocenica. Le alluvioni recenti presentano per la maggior parte una certa omogeneità e, da un punto di vista granulometrico,

possono essere classificate come limi sabbioso-argillosi. Nei primi metri di profondità è stato rinvenuto anche il detrito di falda costituito da ciottoli e blocchi calcarenitici in matrice limoso – sabbiosa, ma tenendo conto degli spessori piuttosto modesti si è ritenuto di trascurarlo, comprendendolo all'interno dei depositi alluvionali.

- Sabbie SA – Pleistocene:

La parte iniziale del tracciato è caratterizzata dalla presenza di sabbie da poco a mediamente addensate con elementi biocalcarenitici e livelli debolmente cementati di spessori centimetrici. Il litotipo costituito dalle sabbie, è intercettato nei sondaggi S19, S20 e S21 (realizzati nel 2003) con uno spessore compreso tra i 10m – 12m.

- Calcarenitici compatte CA1 – Pleistocene:

Viene denominata calcarenite compatta (CA1) la parte più compatta, cementata e scarsamente fossilifera della Formazione definita "Calcareniti di Marsala". Si tratta di calcarenite organogena avana a granulometria prevalentemente grossolana, ben cementata e con aspetto litoide. Si riscontra lungo quasi tutto il tracciato sia in affioramento che a profondità maggiori di 10m, quasi sempre intervallata dalla parte meno cementata della stessa Formazione, denominata CA2.

- Calcarenitici debolmente cementate con intercalazioni argilloso - sabbioso CA2 – Pleistocene:

Le calcareniti debolmente cementate, indicate CA2, rappresentano la parte della "Formazione di Marsala" meno compatta che comprende anche intercalazioni argilloso-sabbiose di spessore decimetrico. E' presente lungo quasi tutto il tracciato in successione alla componente della Formazione più compatte. Localmente, verso la fine del tracciato risulta anche affiorante.

- Argille sabbiose AP – Pliocene:

Le argille sabbiose e limose grigio azzurre di età Pliocenica costituiscono il substrato alla formazione delle 'Calcarenitici di Marsala' e si riscontrano generalmente a profondità superiori ai 30m. Sono state intercettate dai sondaggi all'inizio del tracciato (S19, S20 e S21) e nella valle del fiume Sossio (S1_12 e S1_12bis).

Nella Tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici dei materiali interferenti con il tracciato:

Parametri caratteristici					
	AR	SA	CA1	CA2	AP
γ_n (kN/m ³)	19	18,5	19	19	19
c_u (kPa)	36	-	-	-	120 10<z<20 150 z>20

RELAZIONE GENERALE

c'(kPa)	-	0 - 5	100 - 200	10 - 20	20 - 30
ϕ' (°)	-	30° - 32°	36 -38	32 - 34	23 -25
k (cm/s)	-	1 10 ⁻³			1 10 ⁻⁶
v_s (m/s)	~ 200	-			200
G₀ (MPa)	~ 77	-			~77,5
E₀ (MPa)	~ 177				~177
E₀/10 (MPa)	~ 30 - 35	10 - 30	130	35 - 40	35 - 40

Tabella x– Parametri geotecnici medi caratteristici

Simbologia

γ_n = peso di volume naturale;

C_u = resistenza al taglio non drenata;

c' = intercetta di coesione in termini di tensioni efficaci;

ϕ' = angolo di attrito in termini di tensioni efficaci;

k_v = coefficiente di permeabilità in direzione verticale;

G_0 =Modulo di taglio a piccole deformazioni;

E_0 =Modulo elastico a piccole deformazioni;

$E_0/10$ =Modulo elastico operativo.

3.2.7 Sismicità dell'area e rischio di liquefazione dei terreni

3.2.7.1 Azioni sismiche

Per le principali opere d'arte presenti sul tracciato si assume:

- Vita Nominale pari a $V_N = 50$ anni
- Classe d'Uso IV, coefficiente d'uso $C_u = 2$
- Vita utile di riferimento: $V_R = V_N \cdot C_u = 100$ anni

Gli stati limite da considerare e i tempi di ritorno da associare sono:

- Stato Limite Ultimo: SLC – Stato Limite di Collasso (cui corrisponde una probabilità di superamento $P_{vr} = 5\%$ nel periodo V_R), $TR=1950$ anni;
- Stato Limite Ultimo: SLV – Stato Limite di Salvaguardia della Vita (cui corrisponde una probabilità di superamento $P_{vr} = 10\%$ nel periodo V_R), $TR=949$ anni;
- Stato Limite Esercizio: SLD – Stato Limite di Danno (cui corrisponde una probabilità di superamento $P_{vr} = 63\%$ nel periodo V_R), $TR=101$ anni
- Stato Limite Esercizio: SLO – Stato Limite di Operatività (cui corrisponde una probabilità di superamento $P_{vr} = 81\%$ nel periodo V_R), $TR=60$ anni.

I valori dei parametri sismici di riferimento su suolo rigido orizzontale sono:

- a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo rigido;
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il foglio elettronico "Spettri di risposta – V. 1.0.3" fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici consente il calcolo automatico dei parametri sopra descritti. Considerati gli stati limite di riferimento assunti per l'opera in progetto, per i corrispondenti tempi di ritorno indicati al paragrafo precedente, si ottengono i seguenti valori dei parametri spettrali.

Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0.022	2.488	0.175
SLD	101	0.029	2.440	0.211
SLV	949	0.065	2.556	0.340
SLC	1950	0.080	2.628	0.363

Tabella 3-1: Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per suolo rigido per i differenti stati limite ultimo - Comune di Marsala

Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0.025	2.448	0.194
SLD	101	0.033	2.456	0.218
SLV	949	0.077	2.610	0.334
SLC	1950	0.098	2.639	0.353

Tabella 3-2: Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per suolo rigido per i differenti stati limite ultimo - Comune di Mazara del Vallo

Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0.022	2.485	0.176
SLD	101	0.029	2.446	0.211
SLV	949	0.066	2.580	0.338
SLC	1950	0.083	2.641	0.361

Tabella 3-3: Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per suolo rigido per i differenti stati limite ultimo - Comune di Petrosino

3.2.7.2 Rischio di liquefazione dei terreni

Le NTC2018, richiedono la valutazione della stabilità del sito nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine l'insieme dei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, allorché sollecitati da azioni cicliche e dinamiche in condizioni non drenate.

In relazione alla natura dei terreni ed alle condizioni della falda, per il sito in oggetto, sono da escludersi fenomeni di liquefazione.

3.3 STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO

L'area oggetto di intervento ricade tra il bacino idrografico del fiume Birgi ed il bacino idrografico del fiume Mazarò. Il territorio è caratterizzato, da lineamenti morfologici pressoché costanti: superfici pianeggianti che soltanto nelle aree più interne lasciano il posto a morfologie di tipo collinare, ma sempre con rilievi molto modesti e con pendenze molto blande.

L'idrografia superficiale è poco sviluppata, gli unici impluvi di una certa rilevanza sono la Fiumara di Marsala (o Sossio) intercettata dal tracciato tra le pr. 2+160 e 2+280, e la fiumara Mazarò, quest'ultima non intercettata dal tracciato stradale ma pressoché parallela allo stesso nel tratto finale tra le pr. 15+700 a fine intervento (distanza compresa tra 240 m e 520 m). Per la fiumara Sossio le mappe PAI di pericolosità idraulica coprono l'area prevista per l'attraversamento.

Il bacino del Sossio presenta un'estensione alla foce di circa 31 Km², e si sviluppa per circa 15 Km di lunghezza attraversando, con direzione prevalente E-W, la porzione centro- meridionale del territorio comunale di Marsala. Tale corso d'acqua ha un regime idrologico di tipo torrentizio, con deflussi superficiali esigui o del tutto assenti nei periodi estivi, mentre nelle stagioni piovose può essere soggetto anche a piene di una certa entità.

Per quanto riguarda le caratteristiche del suolo, l'intero pianoro risulta costituito da terreni calcarenitici in cui l'uso prevalente è quello agrario: dominano le aree coltivate, seguite da quelle occupate da serre e tunnels.

Il tracciato interseca inoltre il distretto estrattivo di "Santo Padre delle Perriere - Ciavolotto", in cui si contano diverse cave sia a cielo aperto sia da tempo abbandonate ed utilizzate come discariche di materiali di risulta di altre cave e successivamente ricoperte da terreno vegetale e coltivate a vigneti.

Le portate di progetto per la fiumara Sossio e la fiumara Mazarò sono state acquisite dalle portate ufficiali PAI (anno 2006, rif. Relazione in <https://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/bac052.htm>).

Per i bacini minori le portate di massima sono state determinate mediante metodi indiretti, utilizzando le registrazioni aggiornate al 2015 dei pluviografi di Ciavolo e Marsala. Le curve di possibilità pluviometrica ottenute da tali dati stazione aggiornati, confrontate con i parametri della regionalizzazione PAI, sono risultate maggiormente cautelative.

Il deflusso è stato stimato secondo la metodologia del SCS-CN, facendo riferimento, per la determinazione delle caratteristiche dei suoli, alla mappa del CNII (trasformato in CN III per le successive elaborazioni) fornita nello studio PAI.

Sui corsi d'acqua principali, ovvero la fiumara Sossio e la fiumara Mazarò, sono state condotte le analisi in moto permanente monodimensionale con l'ausilio del software HEC-RAS River Analysis System, in riferimento alla piena con tempo di ritorno duecentennale.

La fiumara Sossio è attraversata in viadotto dalla nuova strada in progetto tra le progressive pk 2+150 e la pk 2+300. L'alveo bene incassato e le dimensioni del viadotto, dettate da vincoli morfologici, non determinano alcuna interazione tra il tracciato stradale e le aree allagabili, al di fuori delle pile del viadotto per le quali è stata valutata l'erosione localizzata.

Similmente a quanto effettuato per la fiumara Sossio, anche per la fiumara Mazzarò si è svolta un'analisi idraulica, per indagare se l'erosione potesse interessare le aree del tracciato: dai risultati della simulazione idraulica svolta, si evince che la portata di piena transita senza interessare il tracciato in progetto.

Per quanto riguarda i bacini minori, l'infrastruttura in progetto si inserisce in un contesto privo di incisioni riconoscibili, a causa dell'elevata permeabilità del terreno, ed in cui si segnala altresì la presenza di numerose cave. Pertanto, si è ipotizzato un meccanismo di deflusso tipo velo idrico, comparabile a quello che si realizzerebbe su un piano inclinato. Il deflusso, espresso come portata a metro lineare, viene intercettato dai fossi di guardia al piede del rilevato che, adeguatamente dimensionati, recapitano entro i tombini. A valle dei tombini è previsto un invito e fossi di guardia in terra per lo spagliamento delle acque raccolte. L'elevato numero di tombini (43 su 16 km) mira ad assicurare la trasparenza del rilevato.

Di seguito si riporta una sintesi delle analisi svolte.

3.3.1 Analisi idrologica

Per quanto riguarda l'analisi idrologica e conseguente stima delle portate al colmo per i Fiumi Sossio e Mazzarò è stato recepito lo studio effettuato dal Dipartimento Territorio e Ambiente servizio 4 "Assetto del territorio e difesa del suolo" – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I. - anno 2006) nell'ambito dell'individuazione e perimetrazione del rischio idraulico.

Le portate recepite sono le seguenti:

Tabella 4: Portate al colmo PAI

Codice Bacino	Sez riferimento PAI	Q (TR=50)	Q (TR=100)	Q (TR=200)	Q (TR=300)	Q (TR=500)
Sossio	N 16	123 m ³ /s	-	157 m ³ /s	-	220 m ³ /s
Mazzarò	JR730	295 m ³ /s	355 m ³ /s	-	452 m ³ /s	-

In merito ai bacini minori che caratterizzano le acque di versante, l'analisi è stata eseguita mediante le seguenti fasi:

- Definizione della corografia dei bacini e delle relative caratteristiche morfologiche e fisiografiche (superficie del bacino sotteso, lunghezza e pendenza dell'asta principale, quota massima, minima e media del bacino, copertura vegetale, uso del suolo, caratteristiche di permeabilità, Curve

Number) in corrispondenza delle sezioni di interferenza dell'infrastruttura in progetto con le aree più depresse (stante l'assenza di incisioni riconoscibili);

- Definizione delle curve di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia superiori a 1 ora, relative al territorio di interesse per l'infrastruttura in progetto attraverso tre distinte procedure, assumendo la maggiore, a favore di sicurezza quale altezza di pioggia di progetto:
 - a) Analisi statistica locale dei dati di pluviometrici relativi alle precipitazioni massime per ogni anno, relativamente alle durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore per le stazioni di Ciavolo e Marsala, mediante distribuzione di Gumbel;
 - b) regionalizzazione delle piogge sviluppata dall'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente della Sicilia nell'ambito della redazione del "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico delle Regione Siciliana" (2003);
 - c) regionalizzazione delle piogge di Forestieri et al. (2018), elaborata dall'Università degli Studi di Palermo con dati aggiornati al 2010 (La curva di crescita adottata è quella derivante dall'utilizzo della distribuzione GEV risultata più cautelativa).
- Definizione delle curve di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori a 1 ora: la stima è stata eseguita utilizzando come parametro di riferimento i coefficienti correttivi noti in letteratura per la stima delle piogge di breve durata partendo dai coefficienti delle curve di possibilità pluviometrica con durate superiori ed uguali ad un'ora, secondo la metodologia suggerita in letteratura. In particolare sono stati adottati i coefficienti (vedi: G.CALENDA "Sistemi di Fognatura-Manuale di Progettazione") determinati dall'analisi delle piogge intense registrate dalla Stazione pluviografica di Roma-Macao.
- Definizione, per ciascuna area interferita, delle portate di piena corrispondenti ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, mediante l'utilizzo di modello afflussi-deflussi con metodologia SCS-CN (I valori del CN per ogni singolo bacino sono stati desunti dalla carta del CNII allegata al PAI della regione Sicilia, attraverso una media areale ottenuta in ambiente GIS). Successivamente è stata eseguita, su ciascun bacino, la distribuzione delle portate tra i vari tombini di trasparenza idraulica.

3.3.2 Analisi idraulica

Le verifiche idrauliche sono condotte in accordo a quanto previsto dalle NTC2018, viene quindi valutato il franco idraulico per un evento di piena determinato per un tempo di ritorno di 200 anni. Il franco idraulico minimo da garantire è di 1.50 metri per ponti e viadotti e di 1/3 dell'altezza interna nel caso di tombini.

Inoltre, secondo quanto previsto dalle norme dell'AdB viene valutato il rischio idraulico residuo per la portata con $T_R = 300$ anni relativamente ai corsi d'acqua principali.

L'analisi è stata condotta attraverso le seguenti fasi:

- 1. Verifiche idrauliche relative ai corsi d'acqua principali (Fiumara Sossio e Fiumara Mazarò), per tempo di ritorno 50, 200 e 500 (f. Sossio) e 50, 100 e 300 (F. Mazarò),** condotte attraverso modellazione in moto permanente, in condizioni ante operam e post operam, grazie all'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System), sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers.

I modelli idraulici sono stati implementati utilizzando i dati di rilievo disponibili.

Le modellazioni sono state finalizzate per:

- verifica degli attraversamenti idraulici (Viadotto Sossio)
- valutazione di eventuali interferenze tra l'onda di piena ed i rilevati stradali nei tratti in cui il tracciato corre parallelamente a corpi idrici (Mazarò).
- Perimetrazione delle aree inondabili per diversi tempi di ritorno allo scopo di valutare eventuali incrementi di pericolosità idraulica rispetto alle aree contermini

Per l'unico attraversamento esistente sulla fiumara Sossio mediante viadotto è stato garantito un franco minimo tra la quota idrometrica relativa alla piena corrispondente a tempo di ritorno duecentennale e la quota minima di intradosso dell'opera superiore a 1,50 m, in ottemperanza a quanto previsto dalla Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n. 27).

La presenza delle pile è dovuta alle caratteristiche costruttive dell'opera, essa non modifica sostanzialmente le caratteristiche di deflusso del corso d'acqua.

Si riportano nella tabella seguente i dati ottenuti dalle simulazioni idrauliche effettuate; si calcolano i franchi idraulici e si verifica che vengano soddisfatte le prescrizioni imposte dalle NTC 2018:

Corso d'acqua	Progr. Corso d'acqua	Portata Q_{200}	Quota livello idrico	Quota intradosso	Franco intradosso pelo libero
	(km)	(mc/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)
Fiume Sossio	2+220	157	29.59	41.40	11.81

2. **Valutazione dei fenomeni idrodinamici e morfologici indotti dall'interazione dell'alveo dei corsi d'acqua interferiti con le opere viarie**, con definizione degli interventi di sistemazione idraulica e di protezione delle pile del Viadotto Sossio, mediante l'impiego di scogliere.
3. **Verifiche idrauliche dei corsi d'acqua secondari** nell'ipotesi di moto permanente, mediante l'utilizzo del software HY-8. Gli attraversamenti sono previsti da realizzarsi mediante tombini scatolari, caratterizzati da dimensione interna minima di 2.00x2.00 m e max 4.00x2.00m; è stato garantito un franco minimo superiore al 1/3 dell'altezza utile della sezione di deflusso.

TM	OM	pk	Q 200 SCS- CN (mc/s)	Dim (m)	franco Q 200 (m)	GR
TM1	1	1+377	2.08	2 x 2	1.52	24%
TM2	1a	1+550	0.41	2 x 1.5	1.07	29%
TM3	2	3+160	3.99	4 x 2	1.54	23%
TM4	3	3+340	3.78	4 x 2	1.55	23%
TM5	4	3+784	3.50	2 x 2	0.82	34%
TM6	5	4+260	0.77	2 x 2	1.75	12%
TM7	6	4+408	0.41	2 x 2	1.84	8%
TM8	7	4+775	0.58	2 x 2	1.15	17%
TM9	8	5+100	1.84	2 x 2	1.56	22%
TM10	9	5+277	0.21	2 x 2	1.90	5%
TM11	10	5+311	0.72	2 x 2	1.26	12%
TM12	11	5+550	8.84	4 x 2	1.21	40%
TM13	17	7+733	12.69	4 x 2	1.00	50%
TM14	18	8+236	10.19	4 x 2	1.13	44%
TM15	19	8+600	9.52	4 x 2	1.17	42%
TM16	20	8+712	4.88	2 x 2	0.99	51%
TM17	21	8+920	4.54	4 x 2	1.19	40%
TM18	22	9+153	2.91	2 x 2	1.40	30%
TM19	23	9+293	1.52	2 x 2	1.61	19%
TM20	24	9+350	4.06	2 x 2	1.25	37%
TM21	25	9+535	6.10	4 x 2	1.61	20%
TM22	25bis	10+150	7.42	4 x 2	1.30	35%
TM23	26	10+744	8.08	4 x 2	1.25	37%
TM24	27	11+070	4.68	4 x 2	1.67	16%
TM25	28	11+391	6.01	4 x 2	1.39	31%
TM26	29	11+584	4.85	2 x 2	1.16	42%
TM27	30	11+714	6.54	2 x 2	0.98	51%
TM28	31	11+880	1.17	2 x 2	1.67	16%
TM29	32	12+120	4.11	2 x 2	1.25	38%

TM	OM	pk	Q 200 SCS- CN (mc/s)	Dim (m)	franco Q 200 (m)	GR
TM30	33	12+220	5.36	4 x 2	1.40	30%
TM31	34	12+726.3	3.89	4 x 2	1.71	14%
TM32	34bis	12+817	1.32	2 x 2	1.65	18%
TM33	34tris	12+950	4.33	2 x 2	1.22	39%
TM34	35	13+536	3.89	2 x 2	1.27	36%
TM35	36	13+925	3.84	2 x 2	1.28	36%
TM36	37	14+100	3.74	2 x 2	1.29	35%
TM37	38	14+350	3.74	2 x 2	1.29	36%
TM38	39	14+550	1.99	2 x 2	1.53	23%
TM39	40	14+720	3.62	2 x 2	1.31	35%
TM40	41	15+100	2.79	2 x 2	1.39	31%
TM41	42	15+450	2.76	2 x 2	1.35	32%
TM42	43	15+750	0.77	2 x 2	1.75	12%
TM43	44	15+940	0.77	2 x 2	1.75	12%
TM44	45	16+300	2.21	2 x 2	1.50	25%

Tabella 5: Tabella riassuntiva verifiche sugli scatolari di trasparenza

3.3.3 Analisi dell'invarianza idrologica e idraulica

La Regione Sicilia richiede l'applicazione del principio dell'Invarianza Idrologica ed Idraulica, attraverso l'applicazione della Direttiva DDG 102/2021 che ne costituisce il riferimento tecnico e normativo nell'ambito dei piani particolareggiati attuativi del Piano Urbanistico Generale (PUG) nonché dei regolamenti edilizi dei Comuni siciliani, nel quadro delle "Linee guida per gli standard di qualità urbana ed ambientale e per il sistema delle dotazioni territoriali" previste all'art. 51 della legge regionale 13 agosto 2020, n. 19.

Si riportano di seguito le definizioni riprese dalla Direttiva:

- **Invarianza idraulica:** principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione. Tecnicamente l'invarianza idraulica si ottiene, prevalentemente, con la laminazione (accumulo temporaneo) delle portate/volumi di piena.
- **Invarianza idrologica:** principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione. Tecnicamente l'invarianza idrologica si ottiene, prevalentemente, mediante sistemi di infiltrazione nel terreno.

Nel presente progetto, a valle dei presidi idraulici nei quali avviene il trattamento delle acque di prima pioggia (sedimentazione e disoleazione) e l'intercettazione di eventuali sversamenti accidentali, sono

state considerate 10 immissioni delle acque meteoriche di piattaforma di cui 2 in acque superficiali (fiume Sossio) ed i restanti 6 in bacini di infiltrazione in terra.

Tutto il tracciato si sviluppa essenzialmente in ambito extra urbano, i punti di recapito sono previsti in aree non urbanizzate e scarsamente antropizzate (principalmente in presenza di terreni agricoli e cave).

Si ritiene che venga rispettato il principio di invarianza idrologica per tutto lo sviluppo del tracciato per il quale si prevede l'immissione delle portate meteoriche nei bacini di dispersione (da pr. 4+775 a fine intervento).

Per quanto riguarda le immissioni nel fiume Sossio, si rileva che l'incremento delle superfici post intervento (0.07 kmq strade + 0.13 kmq aree esterne di versante) risulta pari allo 0.7% dell'area totale del bacino (26.8 kmq), pertanto da ritenersi trascurabile ai fini dell'invarianza delle caratteristiche di deflusso del corso d'acqua.

3.4 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DA SCAVO/DEMOLIZIONE AI FINI DEL RIUTILIZZO

3.4.1 Generalità

Al fine di definire le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni che saranno interessati dagli interventi e che si prevede di gestire come sottoprodotto nell'ambito del D.P.R. 120/2017, sono state progettate ed eseguite indagini ambientali sia lungo il tracciato che in corrispondenza delle aree di deposito intermedio e definitivo.

Le indagini progettate hanno preso inizio a Dicembre 2021 e terminate a Febbraio 2022, in accordo a quanto previsto dagli elaborati progettuali esecutivi.

La campagna di indagine geognostica-ambientale si è articolata attraverso l'esecuzione delle sotto elencate indagini:

- ❑ n. 8 sondaggi geognostico-ambientali verticali a carotaggio continuo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica, dei quali n. 3 condizionati con piezometro a tubo aperto da 2" e 3".
- ❑ n. 101 pozzetti esplorativi geognostici/ambientali spinti alla profondità max di 1.5 m dal p.c..
- ❑ n. 4 pozzetti esplorativi geognostici/ambientali spinti alla profondità max di 1.0 m dal p.c..
su cumuli

Nell'ottica di intraprendere un iter di gestione dei materiali di scavo in qualità di sottoprodotti ai sensi del D.P.R. 120/2017, le indagini eseguite lungo il tracciato nel corso della progettazione definitiva hanno rispettato il passo di 500m come indicato dall'Allegato 2 dello stesso decreto mentre per quelle realizzate nelle aree di deposito definitivo/deposito intermedio è stato utilizzato un criterio di tipo areale.

3.4.2 Prove geotecniche di laboratorio

Per la caratterizzazione geotecnica di terre e rocce interessate dal tracciato sono stati sottoposti a sperimentazione geotecnica campioni prelevati durante le campagne geognostiche del 2003, del 2012 e del 2021/22. Per le prove di laboratorio si è proceduto suddividendo i campioni prelevati nelle terre e quelli su spezzoni di roccia.

Durante le 2 campagne di indagini del 2003 e 2012, per il tratto in progetto, sono stati prelevati 13 campioni sulle terre di cui n° 11 campioni indisturbati e n° 2 rimaneggiati.

Durante la campagna del 2021/22 sono stati prelevati 29 campioni di cui n°15 indisturbati e n.° 14 rimaneggiati.

Le tipologie di analisi eseguite sono le seguenti:

- determinazione dei parametri fisici;
- analisi granulometriche;
- limiti di Atterberg;
- prova triassiale UU e CiU;
- prova di taglio diretto;
- prova ad espansione laterale libera ELL.

Per quanto riguarda i campioni litoidi, sono state eseguite, dove possibile:

- -determinazione dei parametri fisici;
- -analisi granulometriche;
- -prove a compressione semplice.

Durante la campagna di indagine geognostica del 2012, sono stati prelevati 8 spezzoni di roccia dalle pareti affioranti nelle aeree di cave e 6 di questi sono stati sottoposti a prove di compressione semplice come i campioni litoidi prelevati dai sondaggi.

Dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica le unità litologiche rilevate lungo il tracciato sono stati distinti in:

- i terreni coerenti ed incoerenti e coesivi
- le formazioni litoidi.

Nel sito in esame i materiali a incoerenti sono essenzialmente costituiti da depositi alluvionali recenti ed attuali e sabbie del Pleistocene.

I depositi alluvionali (**AR**) si rinvenivano nel fondo valle dell'area di progetto interessata dal Viadotto "Sossio" con spessori che raggiungono circa i 15 m. Tali terreni si attestano al di sopra delle argille di età

Pliocenica. Le alluvioni recenti presentano per la maggior parte una certa omogeneità e da un punto di vista granulometrico possono essere classificate come limi sabbioso-argillosi.

La stima delle caratteristiche fisiche e dei parametri di resistenza al taglio è stata effettuata a partire dai risultati della prove di laboratorio.

Le sabbie (**SA**) si rinvencono nella parte iniziale del tracciato e sono da poco a mediamente addensate con elementi biocalcarenitici e livelli debolmente cementati di spessori centimetrici. Il litotipo costituito dalle sabbie, mostra uno spessore compreso tra i 10m – 12m.

I parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci sono stati desunti a partire dalle prove penetrometriche dinamiche SPT.

Le terre coesive sono costituite da argille sabbiose e limose grigio azzurre di età Pliocenica (**AP**), a formare il substrato alla formazione delle 'Calcareniti di Marsala' e si riscontrano generalmente a profondità superiori ai 30m. Sono state intercettate dai sondaggi all'inizio del tracciato e nella valle del fiume Sossio.

Dalle analisi granulometriche emerge la quasi totalità della componente coesiva di questo terreno trattandosi di argilla con limo o limosa e solo in un caso di argilla con sabbia.

Per la caratterizzazione meccanica di questo litotipo sono state utilizzate sia le prove di laboratorio TxUU che le prove ad espansione laterale libera (ELL) che hanno permesso di stimare i parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate.

Le formazioni litoidi sono rappresentate dalle calcareniti, distinte in calcareniti compatte e calcareniti debolmente cementate.

Viene denominata calcarenite compatta (**CA1**) la parte più compatta, cementata e scarsamente fossilifera della Formazione definita "Calcareniti di Marsala". Si tratta di calcarenite organogena avana a granulometria prevalentemente grossolana, ben cementata e con aspetto litoide. Si riscontra sia lungo quasi tutto il tracciato sia in affioramento che a profondità maggiori di 10m, quasi sempre intervallata dalla parte meno cementata della stessa Formazione.

I materiali appartenenti alla formazione calcarenitica hanno caratteristiche fisico-meccaniche assimilabili a quelle di vere e proprie rocce. Attraverso l'applicazione della classificazione G.S.I, per le formazioni a carattere litoide strutturalmente complesse e attraverso l'uso dei parametri di resistenza che caratterizzano il modello di Hoek-Brown, si sono ricavati, attraverso interpolazione, gli intervalli equivalenti dei parametri di resistenza al taglio relativi al modello di Mohr-Coulomb. La stima è avvenuta a partire dai risultati delle prove ELL (espansione laterale libera) e dalle caratteristiche geologiche mediante il software RocLab.

Le calcareniti debolmente cementate, **(CA2)**, rappresentano la parte della "Formazione di Marsala" meno compatta che comprende anche intercalazioni argilloso-sabbiose di spessore decimetrico. E' presente lungo quasi tutto il tracciato in successione alla componente della Formazione più compatte. Localmente, verso la fine del tracciato risulta anche affiorante. Questo litotipo è stato caratterizzato come un terreno sciolto di natura granulare. Per la caratterizzazione meccanica di questo litotipo sono state utilizzate le prove penetrometriche dinamiche SPT effettuate nei fori di sondaggio.

Sulla base di quanto presentato e sopra discusso nella Tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici dei materiali interferenti con il tracciato

Parametri caratteristici					
	AR	SA	CA1	CA2	AP
γ_n (kN/m ³)	19	18,5	19	19	19
c_u (kPa)	36	-	-	-	120 10<z<20 150 z>20
c' (kPa)	-	0 - 5	100 - 200	10 - 20	20 - 30
ϕ' (°)	-	30° - 32°	36 - 38	32 - 34	23 - 25
k (cm/s)	-	$1 \cdot 10^{-3}$			$1 \cdot 10^{-6}$
v_s (m/s)	~ 200	-			200
G_0 (MPa)	~ 77	-			~77,5
E_0 (MPa)	~ 177				~177
$E_0/10$ (MPa)	~ 30 - 35	10 - 30	130	35 - 40	35 - 40

Tabella 6.2- Parametri geotecnici medi caratteristici

Simbologia

γ_n = peso di volume naturale;
 c_u = resistenza al taglio non drenata;
 c' = intercetta di coesione in termini di tensioni efficaci;
 ϕ' = angolo di attrito in termini di tensioni efficaci;
 k_v = coefficiente di permeabilità in direzione verticale;
 G_0 = Modulo di taglio a piccole deformazioni;
 E_0 = Modulo elastico a piccole deformazioni;
 $E_0/10$ = Modulo elastico operativo.

Nell'area interessata dal tracciato sono presenti inoltre numerose cave di calcareniti estratte sotto forma di conchi. I conchi calcarenitici estratti, noti localmente come "conchi di tufo", sono classificati come materiali lapidei di pregio, secondo quanto riportato anche nel "Piano dei Materiali di Cava e dei Materiali Lapidari di Pregio" redatto dal Dipartimento dell'Energia della Regione Siciliana.

L'estrazione dei conchi, normalmente effettuata con seghe circolari, e perdurante nell'area da oltre un secolo, ha prodotto una quantità rilevante di materiale di sfrido costituita da spezzoni di conchi di calcarenite (roccia lapidea tenera) e sabbia. Tale materiale è stato accumulato nei piazzali delle cave, sia attive che dismesse, ed in cumuli presenti lungo tutto il tracciato.

In particolare il tracciato di progetto interferisce con n° 4 cumuli, con un volume di scavo stimato in oltre 77.000 m³ in banco.

Tenuto conto della presenza di tali materiali, con intelligente intuizione, è stata presa in considerazione dai progettisti l'ipotesi di un virtuoso riciclo di tali materiali.

Gli stessi materiali sono stati quindi oggetto di sperimentazione geotecnica al fine della loro caratterizzazione come materiali stradali.

Le prove geotecniche di laboratorio per la Classificazione Stradale, UNI 10006, eseguite su alcuni campioni prelevati da questi cumuli, hanno permesso di ascrivere tali materiali al Gruppo A-1-b, dunque, assolutamente conformi per essere utilizzati come rilevati.

3.4.3 Analisi chimiche (terre, rocce e aggregati)

Nei campioni di terreno prelevati ai fini ambientali sono stati ricercati i parametri indicati nel D.P.R. 120/2017:

- Metalli (As, Cd, Co, Cr totale,
- Idrocarburi C<12
- Idrocarburi C>12
- Composti organici aromatici
- Idrocarburi policiclici aromatici
- Amianto

Le concentrazioni degli analiti sono state riferite tutte al peso secco del materiale.

Il laboratorio ha condotto tutte le analisi sulla base di metodiche standardizzate e ufficialmente riconosciute a livello internazionale.

In tabella nella pagina seguente sono riportati gli analiti, le unità di misura (UM), i metodi del laboratorio ed i limiti di quantificazione sia per le terre che per le acque.

Alcuni campioni di terreno tal quale sono stati sottoposti ad analisi chimico fisiche al fine determinare la loro pericolosità e la loro ammissibilità in discarica in conformità al D.Lgs.121/2020.

Sono riportati, nelle tabelle seguenti, i parametri analitici ricercati per la caratterizzazione del rifiuto tal quale con indicazione delle unità di misura (UM) e dei limiti di quantificazione (LQ).

Nell'ultima tabella sono riportati i parametri analitici ricercati sull'eluato per il test di cessione con indicazione delle unità di misura (UM) e dei limiti di quantificazione (LQ). Le attività di cessione sono state eseguite conformemente alla UNI EN 12457-2:2004.

I risultati ottenuti sono stati confrontati con i limiti di legge previsti dal D.L. 2 Settembre 2020 n.121, All.4 Tabella 2 e Tabella 5 e del D.M. 186/2006, Test di cessione.

Tutti i campioni prelevati nell'ambito della campagna di indagine hanno restituito una situazione di conformità ai limiti di cui alla Colonna A Tabella 1 Allegato V alla Parte quarta del Titolo V del D.lgs. 152/06, per la destinazione d'uso "verde pubblico, privato e residenziale", ad eccezione di n° 18 campioni. Tutti i campioni rispettano comunque i limiti di cui alla colonna B, Tabella 1, Allegato 5 alla Parte IV, Titolo V del D. Lgs. 152/2006.

Sono state altresì analizzate le acque di falda prelevate nei piezometri ambientali: non si osservano superamenti dei limiti imposti dal D.Lgs. 152/06 TAB.2 All.5 alla Parte IV.

Sono state effettuate inoltre analisi finalizzate all' eventuale gestione dei materiali scavati come rifiuti.

In particolare, a tale fine, sono state eseguite sui campioni prelevati, le seguenti analisi:

- verifica della pericolosità del rifiuto e assegnazione CER secondo l'Allegato D alla Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- valutazione dei criteri di ammissibilità in discarica ai sensi del D.M. 27/09/10, abrogato con DLgs 121/2020 (si precisa che sebbene il DLgs 121/2020 abbia abrogato il DM 27/09/10, i limiti previsti dalla relativa tab. 5, nota lettera a) dell'art. 6 continuano ad applicarsi fino al primo gennaio 2024;
- valutazione dei criteri di ammissibilità del rifiuto al recupero ai sensi del DM 5/2/1998 e s.m.i.

Sulla base di tali risultati, per i campioni analizzati è stato attribuito al rifiuto il codice CER 17 05 04 "terra e rocce diverse da quelle di cui alla voce 17.05.03".

3.5 RILIEVI DI TRAFFICO

Il progetto preliminare del 1° stralcio funzionale Marsala Sud-Mazara del Vallo, della Variante alla S.S. 115 "Sud- Occidentale Sicula" nel tratto Trapani – Mazara del Vallo, compreso tra lo svincolo "Birgi" e il collegamento alla S.S. 115 in corrispondenza di Mazara del Vallo comprende l'Analisi Trasportistica e l'Analisi Costi Benefici.

Visto il livello progettuale in cui si inserisce lo studio trasportistico, questo è finalizzato alla ricostruzione dei modelli di domanda/offerta di trasporto dell'area di progetto necessari alla stima dei traffici attesi dall'infrastruttura ammodernata. A partire dai traffici attesi, sono state effettuate le verifiche di funzionalità del progetto.

Lo studio trasportistico è volto a definire la capacità dell'infrastruttura di progetto a servire le reali esigenze della mobilità dell'area su cui insiste ed a verificare la funzionalità dell'infrastruttura rispetto al traffico atteso. Inoltre, sui tratti stradali che compongono l'infrastruttura di progetto, sono stati stimati i traffici attesi suddivisi in veicoli leggeri passeggeri e veicoli pesanti merci e ripartiti per la componente di traffico diurna e notturna, per fornire tutti i dati di input necessari alle analisi ambientali e di rumore.

Al 2028, anno di entrata in esercizio dell'infrastruttura, i risultati evidenziano volumi di traffico che si attestano attorno ai 14.000 veicoli totali bidirezionali nella tratta da Marsala (Svincolo per SSV Trapani – Marsala) allo svincolo per Petrosino, ed attorno ai 12.550 veicoli totali bidirezionali nella tratta dallo svincolo per Petrosino allo svincolo sulla SS115 per Mazara del Vallo, in entrambe le tratte i traffici totali evidenziano una componente poco rilevante di traffico pesante.

Nella tabella seguente sono riportati i flussi di traffico previsti nel 2028 (anno in cui si ipotizza l'entrata in esercizio del progetto) e nel 2038 (orizzonte temporale per la valutazione dell'intervento nel medio periodo).

Asse di progetto	Tratta	Direzione	TGM - giorno feriale medio			
			Veicoli leggeri	Veicoli pesanti (3 o più assi)	Veicoli totali	Veicoli equivalenti
Anno 2028	Marsala - Petrosino	SUD Mazara del Vallo	6.625	210	6.835	7.150
		NORD Marsala	6.920	267	7.187	7.588
		Bidirezionale	13.545	477	14.022	14.738
	Petrosino - Mazara del Vallo	SUD Mazara del Vallo	6.081	130	6.211	6.407
		NORD Marsala	6.174	169	6.344	6.597
		Bidirezionale	12.255	299	12.555	13.004
Anno 2038	Marsala - Petrosino	SUD Mazara del Vallo	7.917	256	8.173	8.557
		NORD Marsala	8.269	326	8.595	9.083
		Bidirezionale	16.186	582	16.768	17.641
	Petrosino - Mazara del Vallo	SUD Mazara del Vallo	7.267	159	7.426	7.684
		NORD Marsala	7.378	206	7.585	7.894
		Bidirezionale	14.645	365	15.010	15.558

Le verifiche di funzionalità sull'asse principale evidenziano un corretto dimensionamento dell'infrastruttura.

Nella valutazione degli effetti economici dell'investimento, l'ACB considera solamente gli aspetti differenziali ed incrementali dello stesso. L'analisi è dunque sviluppata sulla differenza tra benefici e costi incrementali del progetto (ipotesi "con intervento") e benefici e costi incrementali che si potrebbero altrimenti manifestare in assenza di intervento (ipotesi "senza intervento").

Essendo l'analisi costi-benefici uno strumento di valutazione della fattibilità di un investimento dal punto di vista della collettività, occorre considerare unicamente il costo effettivo per lo Stato. I valori utilizzati sono quindi "economici" (costo effettivo per lo Stato al netto delle tasse e dei trasferimenti allo stesso sotto altra forma) e non "finanziari" (spesa sostenuta per la realizzazione e gestione dell'intervento). La trasformazione dei costi da finanziari in economici avviene mediante l'applicazione di opportuni fattori di conversione.

3.6 STUDI PAESAGGISTICI ED AMBIENTALI

Il progetto delle opere mitigazione ambientale e di ottimizzazione dell'inserimento paesaggistico nel territorio del tracciato di progetto, muove dall'analisi del territorio attraversato dall'infrastruttura in termini di condizioni climatiche, assetti geomorfologici, caratterizzazione litologica e pedologica, struttura degli elementi di naturalità e della rete ecologica, struttura del sistema antropico, agricolo e degli elementi "tipicizzanti" dell'architettura locale, cromie delle coperture vegetali, delle terre e del costruito.

L'approfondimento di tali aspetti ha preso avvio dai contenuti del Progetto preliminare, ed è stato sviluppato attraverso l'aggiornamento del quadro di riferimento sia programmatico che analitico-conoscitivo (basato sulle indagini e studi disponibili, su specifici sopralluoghi e rilievi riferiti principalmente alle componenti vegetazione, flora, fauna, ecosistemi, e paesaggio); da tali studi sono derivati:

la caratterizzazione del territorio sotto il profilo vegetazionale, faunistico, ecosistemico e paesaggistico e verifica delle criticità potenzialmente indotte in funzione delle vulnerabilità individuate;

la definizione delle qualità ambientali locali imprescindibili dalla progettazione di dettaglio in coerenza con gli ambiti di interesse naturalistico-paesaggistico e individuazione degli indirizzi per la progettazione delle opere di mitigazione e inserimento paesaggistico.

Verificata la coerenza e validità delle informazioni di cui agli elaborati analitico-conoscitivi per gli aspetti ambientali (vegetazione, ecosistemi, fauna) e paesaggistici pervenuti dal Progetto preliminare dell'opera, sono stati in particolare ulteriormente reperiti e ove necessario aggiornati i dati relativi a:

- riferimenti normativi e vincolistici;
- mappatura di altri eventuali elementi paesaggistici;
- aggiornare e integrare le valutazioni in merito agli impatti;
- sviluppare le misure di mitigazione ed inserimento ambientali già previste ad un livello di dettaglio ed approfondimento coerente con la fase progettuale in corso.

Particolare attenzione è stata rivolta all'area Rete Natura 2000 "Sciare di Marsala" all'interno della quale sono stati effettuati specifici rilievi vegetazionali, fitosociologici e faunistici finalizzati alla redazione dello Studio di Incidenza Ambientale.

Inoltre, è stata condotta una campagna di riprese fotografiche al fine di ottenere dei punti di ripresa significativi per la successiva rappresentazione fotorealistica di alcune delle opere di progetto attraverso specifici render fotografici.

Tutti gli studi ambientali e paesaggistici effettuati hanno permesso di elaborare lo Studio di Impatto Ambientale a corredo del Progetto definitivo per la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi del D. Lgsvo 152/2006 e ss.mm.ii. e la Relazione paesaggistica per la richiesta di autorizzazione

paesaggistica ai sensi del D. Lgsvo 42/2004 e ss.mm.ii. Come già detto in precedenza, vista l'interferenza con il Sito di Rete Natura 2000 ZSC "Sciare di Marsala", lo Studio di Impatto Ambientale sarà corredato anche dello specifico Studio di Incidenza Ambientale.

3.7 STUDI ATMOSFERICI, ACUSTICI E VIBRAZIONALI

Nell'ambito del progetto in studio, a supporto delle valutazioni del clima acustico sono state condotte delle indagini fonometriche volte alla caratterizzazione acustica del territorio e tali da essere utilizzati nel processo di taratura del software di calcolo adottato.

Le indagini fonometriche sono state effettuate nel mese di marzo 2022 ed hanno interessato ricettori localizzati nei comuni di Marsala e Mazara del Vallo, in modo tale da fornire indicazioni accurate sul clima acustico dell'area. Nella seguente tabella si riporta l'elenco completo delle misure effettuate lungo il tracciato di progetto.

MISURE ACUSTICHE EFFETTUATE	
Totale misure	1 misura 24h 6 misure MAOG
Comune di Marsala	1 misure 24h 3 misure MAOG
Comune di Mazara del Vallo	3 misure MAOG

Tabella 6 - Quantità e tipologia delle misure acustiche effettuate.

Contemporaneamente sono stati rilevati i parametri meteo (temperatura, velocità del vento, umidità, precipitazioni) necessari affinché la misura possa essere ritenuta valida ai sensi di legge.

Per una corretta caratterizzazione della sorgente sonora sono stati inoltre rilevati i dati di traffico corrispondenti ai periodi di misura, ripartiti per tipologia di veicolo, velocità di percorrenza, corsia di marcia e rispettiva sezione considerata.

Nell'ambito dell'analisi acustica sono stati esaminati i seguenti scenari:

- Lo stato ante operam, cioè la situazione attuale, dove la S.S. 188 corre attualmente prevalentemente a raso e all'interno dei centri abitati ed è attualmente classificata strada extraurbana secondaria (cat. Cb) nella zona Nord dello scenario di studio, mentre nella zona centrale la S.P. 62 interseca con la S.P. 53 che taglia l'area, mentre la S.P. 62 prosegue lungo l'area di studio centrale, queste sono classificate strade di scorrimento extraurbano (Cat. Cb). Nell'area Sud, invece, scorre la S.S. 115 classificata anch'essa come strada extraurbana (Cat. Cb) e un tratto di Ferrovia che si suddivide in fascia A e fascia B.
- L'Opzione zero, cioè lo stato ante operam in cui si considerano i flussi di traffico stimati per l'anno 2038 che insistono sulle infrastrutture attuali, senza considerare l'infrastruttura di pro-getto.

- Lo stato di cantiere, cioè tutte le opere necessarie al cantiere di variante e ammodernamento dell'infrastruttura con e senza interventi di mitigazione temporanea.
- Lo stato post operam, dove l'infrastruttura è classificata come strada extraurbana secondaria (cat. C1), senza interventi di mitigazione;
- L'eventuale scenario post operam mitigato, cioè la situazione con l'infrastruttura di progetto, con l'inserimento di interventi di mitigazione acustica laddove necessari.

Per lo scenario acustico Post Operam, considerando i traffici al 2038 come scenario di medio-lungo termine, nei comuni attraversati dall'infrastruttura di progetto dei 1100 ricettori considerati nelle simulazioni, 10 ricettori a destinazione d'uso residenziale e 6 a destinazione d'uso ospedaliero risultano oltre le soglie normative.

Ciò ha determinato la necessità di progettare interventi di schermatura acustica per portare al di sotto dei limiti normativi in ambito esterno i ricettori che hanno presentato esuberanti rispetto allo scenario post operam, effettuando una verifica dei livelli acustici degli edifici per definire in maniera esaustiva il dimensionamento degli interventi (cfr. par. 12.3.). Per gli approfondimenti relativi allo Studio acustico si rimanda agli elaborati specialistici.

In merito al fattore 'Vibrazioni' relativamente alla fase di cantiere, si ritiene che le lavorazioni connesse alla realizzazione delle opere (ipotizzate nel solo periodo diurno) non comportino disturbo alla popolazione, in quanto i ricettori risultano entro i limiti di riferimento adottati.

Per quanto riguarda il fattore ambientale 'Aria e clima' nell'ambito del SIA, le valutazioni sono state incentrate sull'analisi delle eventuali modifiche alle concentrazioni degli inquinanti che l'Opera potrebbe apportare allo scenario attuale, modificando o meno le concentrazioni degli inquinanti che attualmente caratterizzano il territorio. A tal riguardo sono stati esaminati gli scenari seguenti:

- Opzione zero, dove i traffici implementati sono riferiti all'anno 2038 ed insistono sulle infrastrutture esistenti, non considerando l'infrastruttura di progetto;
- Scenario di progetto, dove sono stati considerati i traffici stimati per il 2038 sulla sola infrastruttura di progetto.

I livelli di concentrazione stimati nello Studio per lo scenario Post-Operam si attestano su valori nettamente inferiori ai limiti normativi vigenti (D.Lgs. 155/2010), sia per quanto riguarda le polveri sottili, nelle frazioni PM10 e PM2.5, che per quanto riguarda il Biossido di Azoto, pertanto, l'opera risulta pienamente compatibile con le indicazioni normative vigenti in materia di inquinamento atmosferico.

Anche relativamente alla fase di cantiere gli impatti correlati alla componente atmosfera non risultino tali da produrre scenari preoccupanti relativamente alle indicazioni normative vigenti, anche considerando le

precauzioni che verranno adottate per mitigare il più possibile le emissioni polverulente derivanti dalle attività cantieristiche.

4 IL PROGETTO STRADALE

4.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

L'asse principale del 1° stralcio funzionale inizia con il Km 0, coincidente con il Km 0+560 dell'asse "Scorrimento Veloce Trapani-Marsala".

Il tracciato si sviluppa nella sede della strada a scorrimento veloce per 150 m circa per poi proseguire su sede nuova in scavo. Il tracciato attraversa l'asse della S.S.188 in galleria (galleria artificiale "Ospedale") e dopo di essa prosegue in scavo fino al km 1+000.

Il tracciato passa su sezione in rilevato per tutta l'estensione dello svincolo a trombetta denominato "Marsala Sud" la cui manovra di diversione in direzione Mazara inizia al km 1+200 circa mentre quella in direzione Marsala al km 1+960 circa. Il centro dell'intersezione in cui è presente anche il cavalcavia dello svincolo (CV01) è posto al km 1+520. Il collegamento della nuova infrastruttura con il tessuto stradale esistente è ripristinato attraverso la rotatoria di svincolo, la rotatoria "Marsala-Ospedale" sulla S.S.188 nei pressi del polo ospedaliero e il ramo che le collega VL01 di categoria C (extraurbana secondaria) con sezione tipo C1 (D.M. 5.11.2001) extraurbane secondarie.

Dopo lo svincolo il tracciato ritorna in scavo fino al km 2+166 ove inizia l'unica opera di singolare importanza prevista nel presente progetto, rappresentata da un viadotto, denominato "Sossio", che termina al km 2+281 è presente. Dopo il viadotto il tracciato prosegue in scavo fino al km 2+800 e poi torna con sezione in rilevato per un tratto di estensione relativamente grande fino al km 6+150. Inoltre dal km 3+700 al km 4+250 circa il tracciato interessa l'attuale sedime esistente della S.P.62.

All'interno di questo tratto in rilevato è compreso lo svincolo di "Terrenove" (SV02) che si estende dal km 4+900 al km 5+575. Il centro dello svincolo si colloca al km 5+282 in cui si prevede di realizzare il sottopasso di svincolo (ST02).

Al Km 2+935 è stato previsto un cavalcavia (CV03) con la relativa viabilità (IN02), necessario sia per il rammaglio della viabilità trasversale, sia per il ripristino della continuità della S.P.62 Marsala-Ciavolo che risulterebbe poco più avanti interrotta dalla sovrapposizione della nuova infrastruttura.

Data l'interferenza con la S.P.62 esistente, si è resa necessaria l'eliminazione di numerosi accessi diretti presenti su questa strada e l'accorpamento degli stessi mediante due nuove viabilità secondarie (VL04 nord e VL04 sud) parallela all'asse principale che, sfruttando anche un nuovo sottovia (ST01) alla progressiva 4+950, rimette in comunicazione i precedenti accessi diretti sull'asse principale con il secondo svincolo "Terrenove".

Dopo il tratto in rilevato fino al km 6+150, il tracciato prosegue prima in scavo fino al km 7+370 e poi torna in rilevato praticamente fino al termine dell'intervento al km 16+670, ad eccezione di due brevi tratti in scavo di lieve entità tra i km 9+930 e 10+360 e tra i km 12+340 e 12+550.

Tra il km 8+940 e il km 9+500 è prevista la realizzazione dello svincolo "Petrosino" (SV03) che oltre a connettere la nuova strada con la rete rurale esistente, consente l'interscambio tra le cave di calcarenite arenaria (tufo) su un lato e sull'altro della nuova infrastruttura.

Il tracciato stradale da questo punto in avanti, rispetto alla prima parte, si sviluppa in un contesto con maggiore vocazione agricola in particolare con coltivazioni di viti. Pertanto il territorio attraversato presenta un susseguirsi di proprietà notevolmente frazionate delimitate da una fitta rete di viabilità poderali per le quali si prevede di realizzare interventi di ripristino della loro continuità per mezzo di viabilità a destinazione particolare anche di discreta estensione affiancate all'asse principale.

A seguito dello svincolo "Petrosino" non vi sono altre intersezioni con la rete stradale esistente ad eccezione della rotatoria finale di interconnessione al tracciato storico della S.S.115.

Il tracciato ha termine alla progr.16+670 con la rotatoria di fine intervento che si innesta sulla S.S.115 esistente.

Da un punto di vista altimetrico il contesto attraversato risulta decisamente pianeggiante. Il tracciato alla progressiva 0+000 presenta una quota di 76.37 m e alla progressiva 16+670 una quota di 20.47 m da cui si deduce una pendenza media pari allo 0.33%. La pendenza massima è invece pari al 2.88% presente in un tratto di circa 310 m dalla pk 0+242 e 0+551.

I raggi dei raccordi altimetrici sono ampi e ben al di sopra dei valori minimi per visibilità e comfort, compresi tra i 3'000 e 50'000 per le sacche e tra i 7'766 e i 30'000 m per i dossi.

In ottemperanza ai criteri del D.M. 5/11/2001 sono state previste piazzole di sosta, ubicate ad intervalli di circa 1000 m lungo ciascuno dei sensi di marcia, di dimensioni pari a quelle indicate dalla normativa e cioè lunghezza totale di 65 m. Alcune piazzole sono state previste oltre che per la sosta di emergenza, anche per accogliere le vasche di trattamento delle acque di prima pioggia: in queste circostanze si prevede di realizzare una parte di extra-banchina evidenziata con zebratura; la posizione della vasca viene ottimizzata per garantire una inclinazione delle barriere di sicurezza in uscita dalla piazzola, ove è più probabile un urto per svio del veicolo, il più possibile vicina a quella della piazzola ordinaria. Le strisce di delimitazione della piazzola verranno evidenziate con delineatori retroriflettenti (markers) per aumentarne la visibilità durante le ore notturne. Lo schema è rappresentato nella figura seguente.

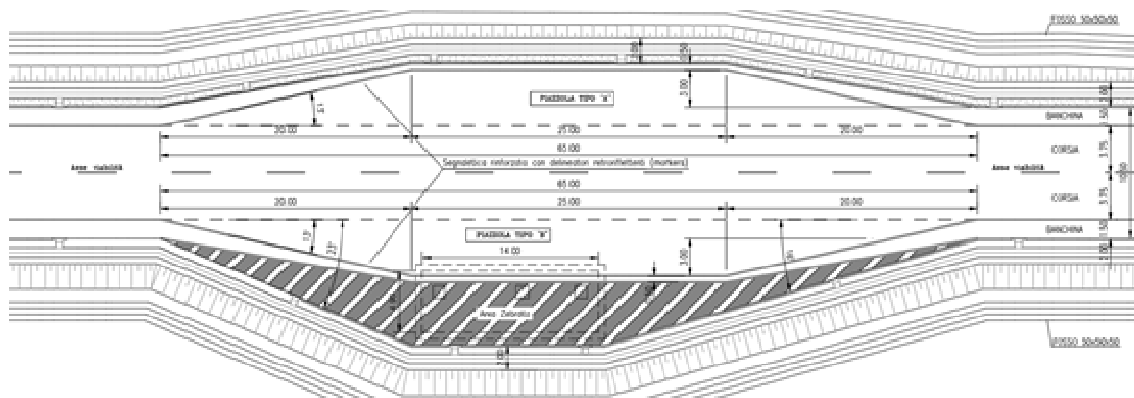


Figura 2 Piazzola di sosta allargata con vasche di trattamento acque

Come già accennato, il progetto prevede anche la ricucitura della viabilità locale costituita prevalentemente da strade interpoderali, classificabili quindi per la funzione svolta come "strade a destinazione particolare" ai sensi del D.M. 5/11/2001.

4.1.1 La sezione stradale

La sezione tipo adottata, in conformità alla tipologia "C1" del D.M. 5/11/01, presenta una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 10,50 m; in dettaglio la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in sinistra e destra da 1,50 m;
- due corsie, una per senso di marcia, da 3,75 m;
- arginello di larghezza totale pari a 2,40 m in rilevato;
- cunetta alla francese di 1,00 m in trincea con a tergo banca orizzontale da 1,00 m, scarpate 1/1. Per quanto attiene ai due tratti di approccio al viadotto (dal km 0+700 al km 0+770 e dal km 1+000 al km 1+250), le scarpate previste sono 1/1 per profondità di scavo fino a 2 m, per profondità maggiori il primo metro (in testa alla scarpata) e 1/5 sino a fondo scavo, frapponendo tra le due scarpe una banca della larghezza di 1 m.

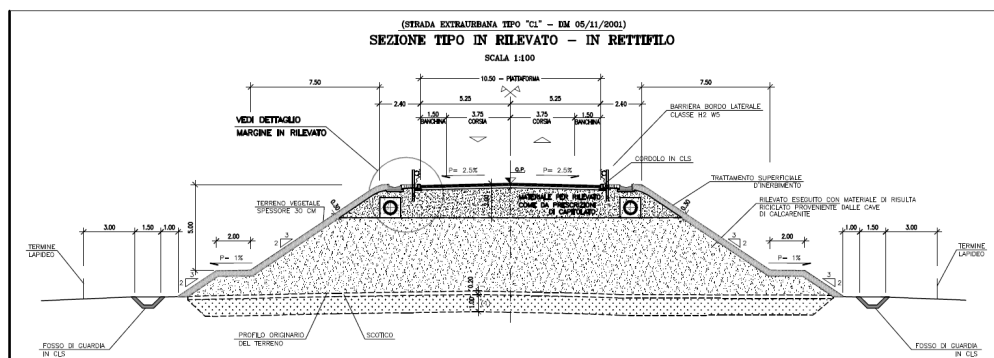


Figura 3 Sezione tipo dell'asse principale in rilevato

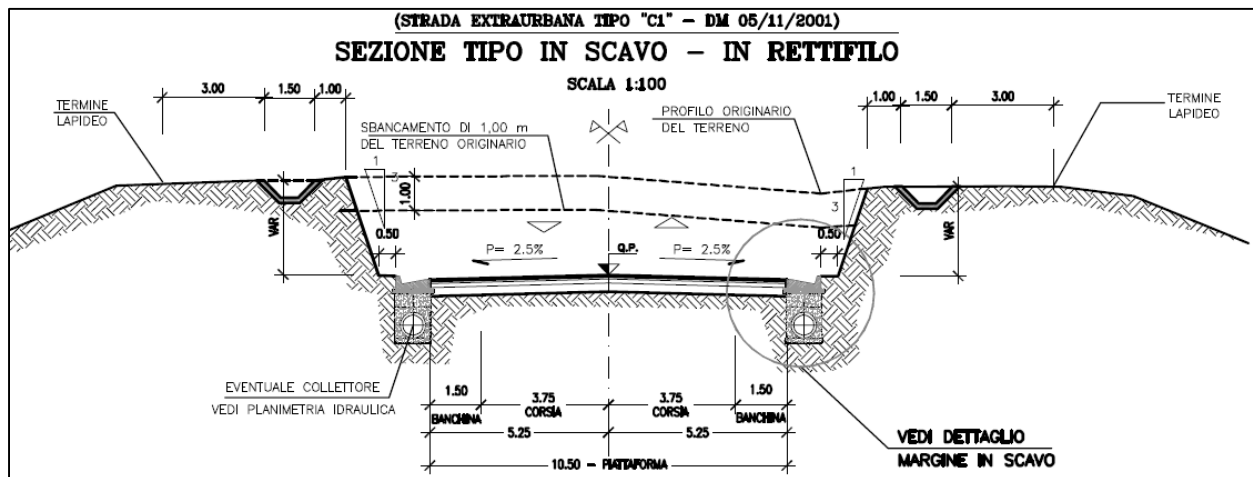


Figura 4 Sezione tipo dell'asse principale in trincea

Per l'unica galleria presente in progetto, galleria artificiale "Ospedale", è prevista una sezione con corsie e banchine della stessa larghezza dei tratti all'aperto. Sul margine è prevista l'installazione del profilo redirettivo come previsto dal D.M. 5/11/2001 per gallerie di sviluppo superiore a 20 m.

In viadotto è prevista una sezione con corsie e banchine con la stessa larghezza dei tratti in rilevato ed in trincea. Sul margine sono previsti cordoli in calcestruzzo armato di 75 cm di larghezza per consentire la corretta installazione dei dispositivi di ritenuta stradali. Ove l'asse principale attraversa strade secondarie è prevista anche l'installazione di rete di protezione a tergo della barriera di sicurezza.

4.1.2 Dispositivi di sicurezza e segnaletica

Per il progetto delle barriere di sicurezza stradali si è fatto riferimento alle indicazioni del D.M. 223/92 e s.m.i. di cui la più recente è il D.M. 21/06/2004.

Tutti i dispositivi da utilizzare in progetto dovranno esser dotati di regolare marcatura CE ai sensi del D.M. 28/06/2011 (pubblicato sulla G.U. n. 233 del 6-10-2011).

Ai sensi dell'Art.6 delle Istruzioni Tecniche del suddetto D.M. del 2004 per la determinazione delle classi minime di progetto è necessario conoscere la categoria di strada, il traffico in termini di TGM e percentuale dei mezzi pesanti e la destinazione della barriera di sicurezza (bordo laterale, bordo ponte o, ove previsto, spartitraffico).

La categoria della strada oggetto di intervento è la categoria C, "strada extraurbana secondaria" mentre in base ai dati di traffico illustrati al §0 si può notare che il TGM bidirezionale è sempre superiore a 1000 veicoli/giorno a tutti gli orizzonti temporali di progetto e che la %VP considerando il traffico bidirezionale è compresa tra il valore minimo di 2.4 e il 3.5%.

Il base ai punti precedenti il livello di traffico ai sensi del D.M. 21/06/2004 è sempre di tipo "I" per tutti gli orizzonti temporali di progetto (2025 e 2035) e le classi minime di progetto sono riportate nella Tabella 7 in cui è stata evidenziata la riga del caso in esame.

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere		
		Spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte (1)
Strade extraurbane secondarie(C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale				
(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista				

Tabella 7: Classi minime delle barriere in funzione della categoria di strada e del traffico (Tabella A – Art. 6)

Le classi minime previste dalla normativa attualmente in vigore sarebbero N2 per barriere da bordo laterale ed H2 per barriere bordo ponte. Tuttavia, il D.D. di aggiornamento della norma sulle barriere di sicurezza presentato, in Commissione Europea nel 2014, suggerirebbe un livello di traffico di progetto per strade extraurbane secondarie in funzione del numero di veicoli pesanti al giorno e non della loro percentuale nel TGM. Rispetto alla norma attualmente vigente si può notare che rimarrebbe invariata la classe minima da installare sul bordo dell'opera d'arte (H2) mentre la classe da bordo laterale diventerebbe H1. Dal momento che si ritiene opportuno in fase di progetto preliminare:

- considerare una condizione più cautelativa in termini di livello di traffico;
- considerare una condizione più cautelativa in termini di eventuali nuovi aggiornamenti della normativa in vigore;
- prevedere continuità strutturale tra le barriere bordo ponte e bordo laterale entrambe caratterizzate dalla presenza del profilo salva-motociclista;

le classi delle barriere di sicurezza previste in progetto sull'asse principale e sulle intersezioni a livelli sfalsati sono:

- H2 per barriere da bordo laterale;
- H2 per barriere bordo ponte.

Le viabilità interferite di categoria C (sezione C2) non comprese nello Studio di Traffico sono state assimilate per livello di traffico all'asse principale. Pertanto le classi minime di progetto sono H2 per bordo laterale ed H2 per bordo opera d'arte.

Per le viabilità interferite di categoria F (sezione F2) non comprese nello Studio di Traffico è stato ipotizzato un livello di traffico III poiché questo tipo di viabilità serve per collegare i due lati dell'asse

principale in cui sono presenti le cave di calcarenite ed in cui è probabile un volume significativo di veicoli pesanti. Pertanto le classi minime di progetto sono le stesse previste sulle viabilità interferite (H1 per bordo laterale, H2 per bordo opera d'arte). Per i tratti adiacenti ai cavalcavia è stato applicato il principio di uniformità delle barriere prolungando le barriere H2 da bordo laterale poste in adiacenza alle bordo ponte dell'opera fino a dove ritenuto necessario per la protezione del rilevato.

Per le strade a destinazione particolare non si prevede l'installazione di barriere di sicurezza in quanto non sono caratterizzabili dal parametro "velocità di progetto" e pertanto non rientrano nel campo di applicazione della norma. L'eventuale necessità di protezione, per esempio per l'attraversamento di tombini idraulici, viene assolta da barriere di classe minima N2.

Per maggiori dettagli sull'argomento barriere di sicurezza si rimanda allo specifico capitolo contenuto nella Relazione Tecnica Stradale (TOOPS00TRARE00).

4.1.3 La pavimentazione stradale

Per il progetto delle pavimentazioni dell'asse principale, delle rampe di svincolo e delle rotatorie di svincolo si è fatto riferimento al pacchetto definito nel Progetto Preliminare che era stato scelto tra quelli del Catalogo delle Pavimentazioni (CNR BU n° 178/95) in funzione della categoria di strada, del traffico e della portanza del sottofondo.

Nella presente fase di Progetto Definitivo il pacchetto è stato verificato con un metodo empirico-razionale utilizzando il software di modellazione del multistrato elastico "BISAR" e la metodologia di analisi dell'AASHTO - NCHRP 1-37A "Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures".

Il pacchetto della pavimentazione dell'asse principale è il seguente:

- 5 cm di strato usura in conglomerato bituminoso (CB) chiuso con bitume modificato "hard";
- 6 cm di strato di collegamento (binder) in CB chiuso con bitume modificato "hard";
- 14 cm di strato di base CB chiuso con bitume modificato "hard";
- 15 cm di misto granulare non legato.

La pavimentazione è risultata correttamente dimensionata in base agli indicatori di prestazione scelti per la verifica.

Per tutti i dettagli del progetto e della verifica delle pavimentazioni stradali si rimanda allo specifico elaborato di progetto Relazione di calcolo delle pavimentazioni stradali (TOOPS00TRARE02A).

4.2 LE INTERSEZIONI

In analogia con i criteri adottati per l'asse principale si è proceduto contestualmente all'adeguamento degli svincoli esistenti, nel rispetto delle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle

intersezioni stradali" emanate con il Decreto del 19 aprile 2006 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Una disamina più estesa in merito agli aspetti progettuali ed ai criteri adottati per la progettazione degli svincoli, è contenuta nell'elaborato "Relazione tecnica stradale".

Il progetto prevede la realizzazione di 3 svincoli e 5 rotonde, che partendo da Nord sono di seguito elencati:

- Rotatoria 1 Marsala Ospedale di collegamento con la S.S. 188;
- Svincolo Marsala Sud al km 1+200 nei pressi del polo ospedaliero e rotonda 2 (contrada San Silvestro);
- Rotatoria 3 in corrispondenza del Cavalcavia CV03 (S.P. 62);
- Svincolo Terrenove al km 5+282 e rotonda 4 (S.P. 62);
- Svincolo Petrosino tra il km 8+940 e il km 9+500;
- Rotatoria Fine Intervento (pk 16+670) sulla S.S. 115.

Tutte le intersezioni suddette sono accumulate dalla presenza le rampe di ingresso sono prive di corsie di accelerazione si attestano sull'asse principale con inclinazione superiore a 70° e con manovra di immissione regolata da stop. Le rampe di uscita sono invece precedute da un tratto con corsia specializzata di diversione opportunamente dimensionate in funzione della differenza di velocità tra l'asse principale e la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione verso l'altra strada.

4.2.1 La sezione trasversale

Le intersezioni previste in progetto lungo l'asse principale sono tutte a livelli sfalsati caratterizzate dalla presenza di rampe monodirezionali e tratti bidirezionali. Sono presenti in progetto anche intersezioni a rotonda nei seguenti punti:

- al termine dell'intervento ove il tratto oggetto di intervento si ricollega alla S.S.115 esistente;
- nei punti di confluenza delle rampe di svincolo ove si connettono alla viabilità locale;
- ove necessario al di fuori dell'asse principale e degli svincoli come ad esempio all'intersezione tra l'asse VL01 di progetto e la S.S.188 esistente (rotonda "Marsala Ospedale") e all'intersezione tra la IN02 (cavalcavia di progetto CV03) di progetto e al S.P.62.

Lo schema di intersezione a raso con stop è applicato solo in corrispondenza dello svincolo di Petrosino ove le rampe si collegano alla strada secondaria.

Le sezioni tipo prevedono quindi le seguenti soluzioni:

- per rampe monodirezionali una corsia da 4 m una banchina in sinistra di 1.0 m ed una in destra di 1.5 m. La maggiorazione sul lato destro rispetto a quanto prescritto dal D.M. 19/04/2006, ovvero banchina in destra da 1.0 m, serve per tener conto già in fase di progettazione della

sezione dell'allargamento necessario per la visibilità sull'interno curva e per mantenere una larghezza uniforme con le banchine previste nei tratti bidirezionali;

- per rampe bidirezionali la sezione prevede due corsie da 3.5 m e due banchine da 1.5 m. Dal momento che le rampe presentano raggi di curvatura molto stretti, è stato previsto di aumentare la larghezza delle corsie a 4.0 m nei tratti in curva come illustrato di seguito;

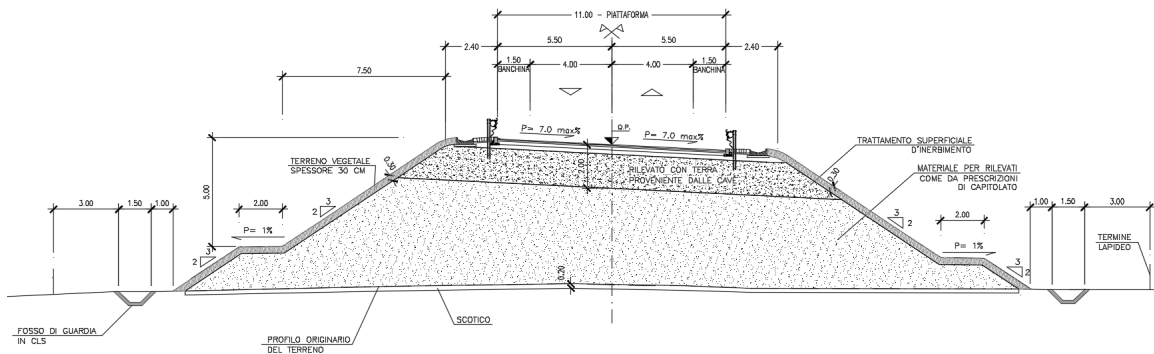


Figura 5: sezione tipo delle rampe di svincolo bidirezionali in curva in rilevato

- nei tratti bidirezionali dei cavalcavia di svincolo la sezione prevede due corsie da 3.5 m e due banchine da 1.5 m. La pavimentazione sui cavalcavia di svincolo prevede la stessa dei soli due strati superiori del pacchetto (usura e collegamento). Nella figura che segue è rappresentata la sezione del cavalcavia dello svincolo di Marsala Sud che è caratterizzato dalla particolarità della larghezza delle corsie di 4.0 m, dato che i tratti adiacenti sono in curva e non vi è spazio sufficiente per stringere gradualmente le corsie verso il modulo da 3.5 m;

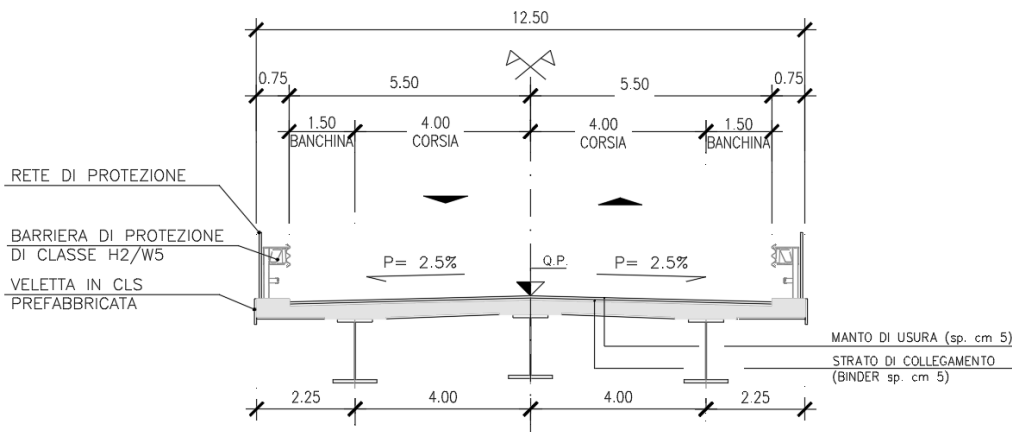


Figura 6: sezione tipo del cavalcavia di Svincolo di Marsala Sud

- per le sezioni in rotatoria, le quali sono caratterizzate da diametri esterni di 50 m ed eccezionalmente di 32 m per la rotatoria sulla S.P.62, è prevista una corsia dell'anello giratorio di 6 m nel caso di diametro da 50 m di 7 m nel caso di diametro da 32 m. La banchina interna è prevista di 0.5 m e quella esterna di 1.0 m. Sul margine esterno l'arginello è largo 1.5 m. La pendenza trasversale dell'anello giratorio è prevista del 2.0% verso l'esterno.

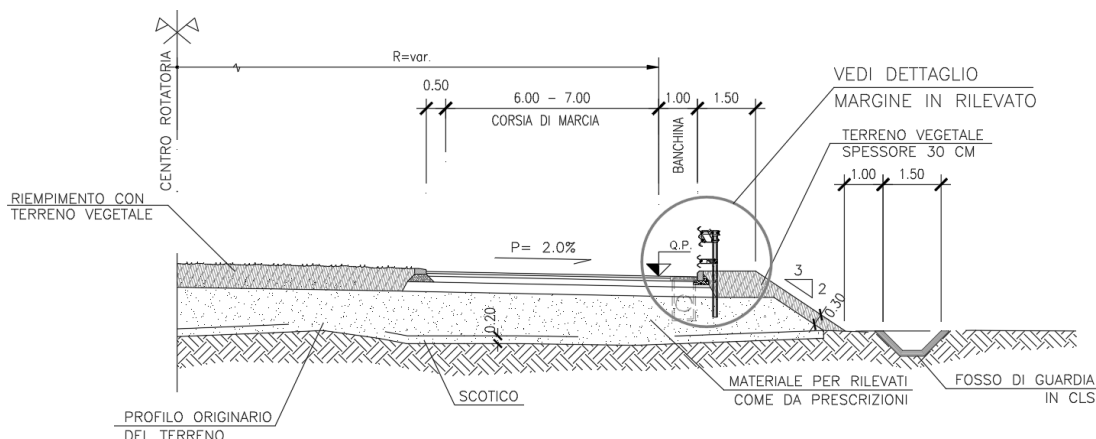


Figura 7: sezione tipo in rotatoria

4.2.2 Rotatoria 1 Marsala-Ospedale

Il collegamento della nuova infrastruttura con il tessuto stradale esistente è ripristinato attraverso la rotatoria di svincolo, la rotatoria "Marsala-Ospedale" sulla S.S.188 nei pressi del polo ospedaliero e il ramo che le collega VL01 di categoria C (extraurbana secondaria) con sezione tipo C1 (D.M. 5.11.2001) extraurbane secondarie.

La rotatoria Marsala Ospedale presenta un diametro esterno di 36 m e pertanto rientra nel campo delle "rotatorie compatte". Tale diametro è stato scelto in funzione dei vincoli locali e cercando di limitare il più possibile gli espropri. La rotatoria, infatti, viene realizzata lungo la S.S.188 esistente in una zona ai limiti del centro abitato di Marsala nei pressi dell'ospedale di Marsala.

Trattandosi di una rotatoria compatta è previsto un anello giretorio di 7 m di larghezza. Le corsie di entrata sono di 3.5 m mentre quelle di uscita di 4.5 m.



Figura 8 Planimetria della rotatoria Marsala Ospedale

4.2.1 Svincolo di Marsala Sud e Rotatoria 2

Lo Svincolo di Marsala Sud è un'intersezione a livelli sfalsati caratterizzata dalla presenza di 4 rampe di cui 2 dirette (uscita ed entrata in direzione Mazara Del Vallo), una semidiretta (uscita in direzione Marsala) e

1 indiretta (entrata in direzione Marsala). La rampa semidiretta ed indiretta si uniscono fino a formare il tratto bidirezionale che attraversa l'asse principale in cavalcavia.

Le sezioni delle rampe di svincolo monodirezionali presentano una larghezza complessiva di 6.5 m con una corsia da 4.0, un banchina in sinistra da 1.0 m e una banchina in destra da 1.5 m. La sezione delle rampe di svincolo bidirezionali prevede la configurazione ordinaria con due corsie da 3.5 m e due banchine da 1.5 m.

Le rampe dirette e il tratto bidirezionale confluiscono verso la rotatoria di svincolo, denominata Rotatoria 2, di diametro esterno 50 m (rotatoria ordinaria). Trattandosi di una rotatoria ordinaria è previsto un anello giratorio di 6 m di larghezza. Le corsie di entrata sono di 3.5 m mentre quelle di uscita di 4.5 m.

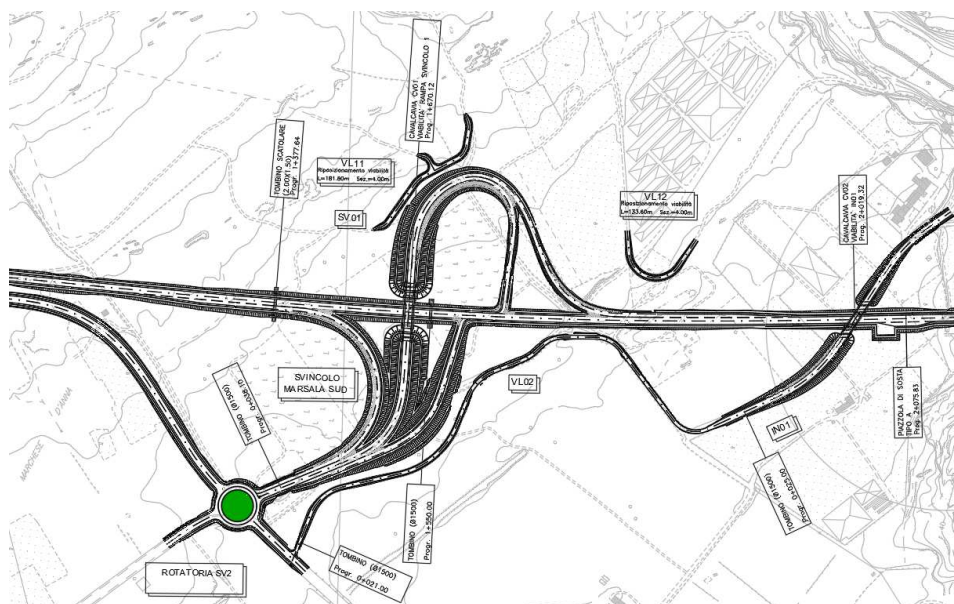


Figura 9: Planimetria dello svincolo di Marsala Sud e rotatoria 2

4.2.2 Rotatoria 3 in corrispondenza del Cavalcavia CV03 (S.P. 62)

Rotatoria 3 nei pressi del Cavalcavia CV03 (S.P. 62): si trova nel punto di connessione tra la viabilità locale IN02, comprendente il cavalcavia CV03, e la strada Provinciale S.P.62. Le viabilità confluenti nell'intersezione a rotatoria presentano tutte una sezione tipo F2 da D.M. 5/11/2001 con corsie da 3.25 m e banchine da 1.0 m.

La rotatoria presenta un diametro di 40 m e rientra nel campo delle "Rotatorie ordinarie". Trattandosi di una rotatoria ordinaria è previsto un anello giratorio di 6 m di larghezza. Le corsie di entrata sono di 3.5 m mentre quelle di uscita di 4.5 m.

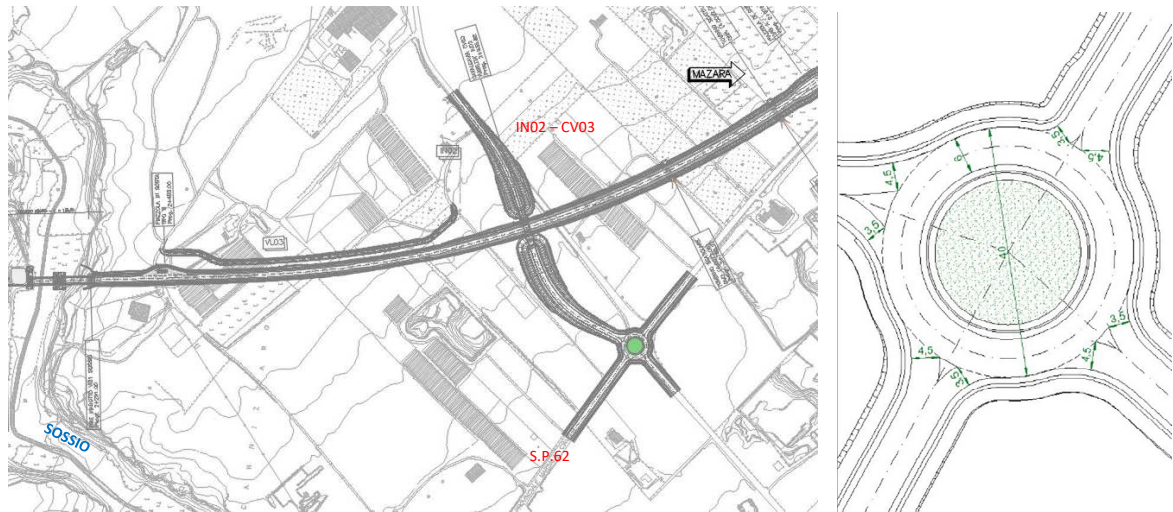


Figura 10: estratto planimetrico della Rotatoria 3 tra viabilità IN02 (CV03) e S.P.62

4.2.3 Svincolo di Terrenove

Lo Svincolo di Terrenove è un'intersezione a livelli sfalsati caratterizzata dalla presenza di 4 rampe di cui 2 dirette (uscita ed entrata in direzione Marsala), una semidiretta (uscita in direzione Mazara del Vallo) e 1 indiretta (entrata in direzione Mazara Del Vallo). La rampa semidiretta ed indiretta si uniscono fino a formare il tratto bidirezionale che attraversa l'asse principale in cavalcavia.

Le sezioni delle rampe di svincolo monodirezionali presentano una larghezza complessiva di 6.5 m con una corsia da 4.0, un banchina in sinistra da 1.0 m e una banchina in destra da 1.5 m. La sezione delle rampe di svincolo bidirezionali prevede la configurazione ordinaria con due corsie da 3.5 m e due banchine da 1.5 m.

Le rampe dirette e il tratto bidirezionale confluiscono verso la rotatoria di svincolo, denominata Rotatoria 4, di diametro esterno 50 m (rotatoria ordinaria). Trattandosi di una rotatoria ordinaria è previsto un anello giratorio di 6 m di larghezza. Le corsie di entrata sono di 3.5 m mentre quelle di uscita di 4.5 m.

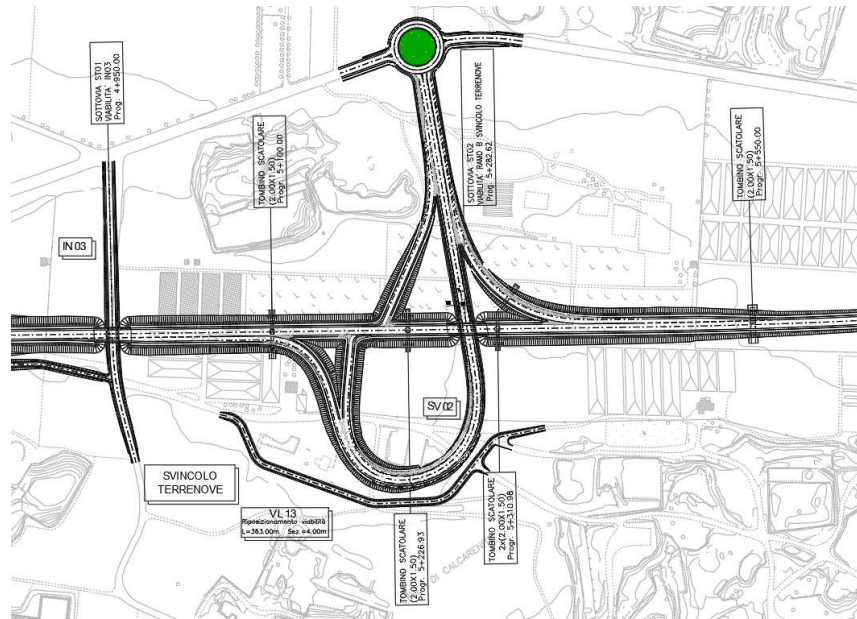


Figura 11: Planimetria dello svincolo di Terrenove e rotonda

4.2.4 Svincolo di Petrosino

Lo Svincolo di Petrosino è un'intersezione a livelli sfalsati caratterizzata dalla presenza di 4 rampe di cui 2 dirette (uscita in direzione Mazara del Vallo ed entrata in direzione Marsala) e 2 indirette (entrata in direzione Mazara Del Vallo ed uscita in direzione Marsala). Le rampe in ingresso ed in uscita si uniscono fino a formare tratti di rampe di svincolo bidirezionali fino all'intersezione con la viabilità locale IN05.

Le sezioni delle rampe di svincolo monodirezionali presentano una larghezza complessiva di 6.5 m con una corsia da 4.0, un banchina in sinistra da 1.0 m e una banchina in destra da 1.5 m. La sezione delle rampe di svincolo bidirezionali prevede la configurazione ordinaria con due corsie da 3.5 m e due banchine da 1.5 m.

Tutte e quattro le rampe si attestano sulla viabilità locale IN05, che è un tratto di strada di categoria F extraurbana e sezione tipo F2, mediante intersezioni lineari a raso.

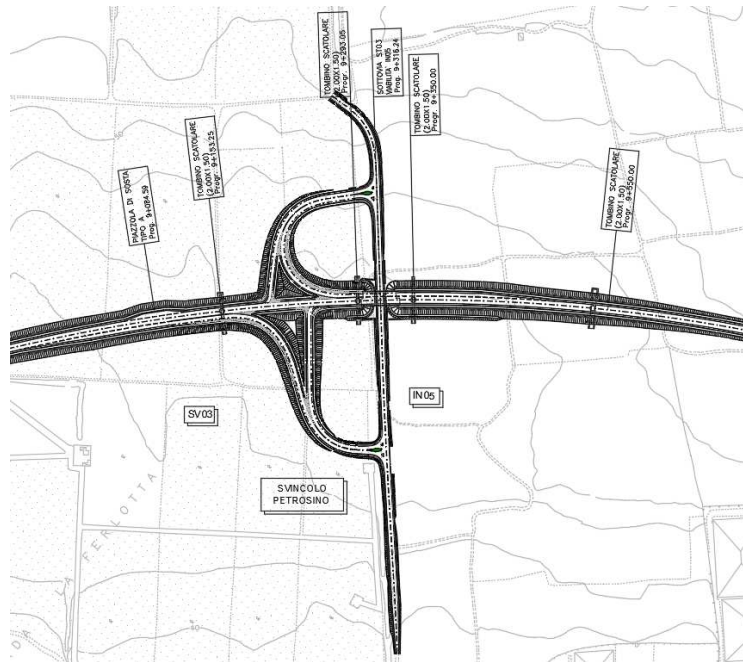


Figura 12: Planimetria dello Svincolo di Petrosino

4.2.5 Rotatoria Fine Intervento (pk 16+670) sulla S.S.115

La rotatoria collocata al termine dell'intervento alla progressiva chilometrica 16+670, con la quale si realizza il collegamento con la S.S.115 esistente nei pressi di Mazara Del Vallo. Le viabilità confluenti nell'intersezione a rotatoria presentano tutte una sezione tipo C1 da D.M. 5/11/2001 con corsie da 3.75 m e banchine da 1.0 m.

La rotatoria presenta un diametro esterno di 50 m e pertanto rientra nel campo delle "rotatorie ordinarie". Trattandosi di una rotatoria ordinaria è previsto un anello giratorio di 6 m di larghezza. Le corsie di entrata sono di 3.5 m mentre quelle di uscita sono larghe 4.5 m

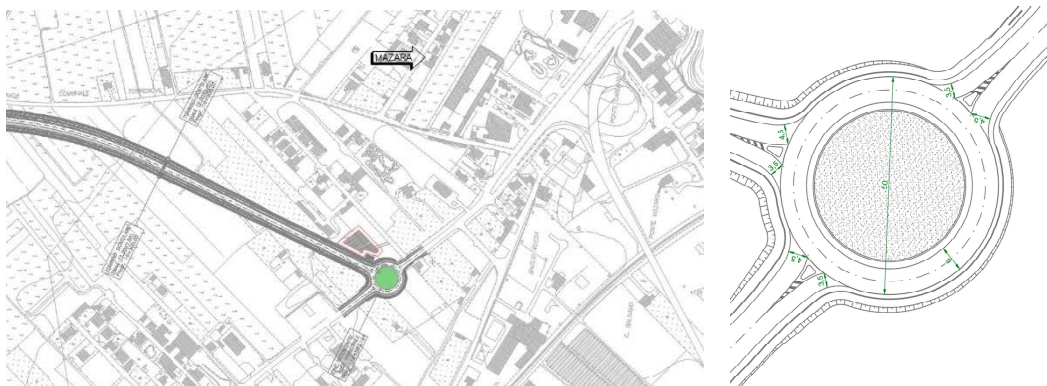


Figura 13: planimetria della rotatoria di fine intervento sulla S.S.115

4.3 LA VIABILITA' SECONDARIA

La viabilità secondaria interessata dall'intervento comprende strade di categoria C ed F extraurbane ai sensi dell'Art.2 del D.Lgs 285/92.

Le strade di categoria C sono tutte di sezione C2 ai sensi del D.M. 5/11/2001 e sono collocate ai punti di estremità del tracciato, ovvero:

- Viabilità VL01, Ramo Est e Ramo Ovest della rotatoria Marsala Ospedale. Questi assi stradali sono collocati nei pressi dello svincolo Marsala Sud e costituiscono il sistema infrastrutturale di collegamento tra la variante alla SS115, oggetto di intervento, e la SS188 esistente;
- Ramo est e ramo ovest della rotatoria con la SS115. Questi assi sono collocati nei pressi della rotatoria di fine intervento a Mazara Del Vallo e svolgono la funzione di collegamento alla SS115 esistente.

Le strade di categoria F extraurbana presentano tutte sezione tipo F2 da D.M. 5/11/2001. In due punti svolgono la funzione di ripristino del collegamento di strade provinciali, IN02 sulla S.P. 62 e IN04 sulla S.P. 53. In entrambi i casi gli assi stradali attraversano l'asse principale su cavalcavia.

Le rimanenti viabilità (IN01, IN05, IN06, IN07, IN08 ed IN09) svolgono invece la funzione di ricucitura delle viabilità locali interrotte dal passaggio dell'asse principale e non assimilabili a strade a destinazione particolare.

4.3.1 Viabilità locali interpoderali

All'interno di questa categoria ricadono le strade interpoderali sulle quali si interviene per il ripristino della continuità dei collegamenti.

Le viabilità locali interpoderali, ovvero a destinazione particolare, presenti in progetto sono le seguenti:

- VL02;
- VL03;
- VL04 nord;
- VL04 sud;
- VL11;
- VL12;
- VL13;
- VL14;
- VL15;
- VL16;
- VL17;
- VL18;
- VL19;
- VL20;
- VL21.

Queste viabilità sono soggette solo alla verifica del corretto dimensionamento della sezione e del tracciato in base ai veicoli previsti e alla verifica della segnaletica verticale ed orizzontale inserita per contenere le velocità praticate, ove necessario.

5 OPERE D'ARTE MAGGIORI

Lungo l'asse principale sono presenti due opere d'arte principale: il viadotto in corrispondenza della fiumara Sossio e una galleria artificiale di lunghezza circa 125 m, in prossimità dell'ospedale di Marsala, necessaria per attraversare la S.S. 188.

Per quanto attiene l'individuazione dell'azione sismica, è stata assunta una Vita nominale (V_N) pari a 50 anni, una Classe d'uso (C_U) pari a 2, che portano ad una Vita di riferimento ($V_N * C_U = V_R$) pari a 100 anni. Questa assunzione è coerente con quella presente in altri progetti predisposti sempre da ANAS per altri tratti della stessa strada statale. In merito si segnala di mantenere tale coerenza anche nelle successive fasi progettuali, evitando, di assumere valori diversi per la Vita nominale e per la Classe d'uso fra opere d'arte maggiori e minori.

5.1 VIADOTTO SOSSIO

Il viadotto Sossio è un viadotto a 3 campate di luci 45 m + 45 m + 45 m, per un totale di 135 m. La larghezza dell'impalcato è pari a 12,05 m e accoglie una piattaforma stradale di larghezza costante pari a 10,55 m e due cordoli laterali, ciascuno di larghezza 0,75 m.

La struttura è costituita da un impalcato a struttura mista acciaio-calcestruzzo composta da tre travi metalliche a doppio T di altezza 2.25 m e una soletta in c.a. di spessore 300 mm, con *predalles* da 50 mm. Il ponte presenta 2 pile centrali in c.a. e spalle in c.a. con muri laterali di risvolto.

Le sottofondazioni delle pile sono costituite da palificate di pali f1000 di lunghezza 40 m.

Le sottofondazioni delle spalle sono dirette. In corrispondenza di esse il terreno di fondazione, costituito da calcareniti debolmente cementate, è consolidato mediante micropali, non collegati strutturalmente alla spalla.

Il sistema di vincolo prevede un isolamento sismico del ponte realizzato attraverso isolatori elastomerici, pertanto, le azioni orizzontali trasversali e longitudinali vengono trasmesse a tutte le sottostrutture.

Gli isolatori elastomerici essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidità orizzontale garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura. Inoltre, i dispositivi sono dotati di una certa capacità dissipativa che è determinata dalla miscela elastomerica da cui sono costituiti e che è utile a ridurre gli spostamenti della struttura isolata.

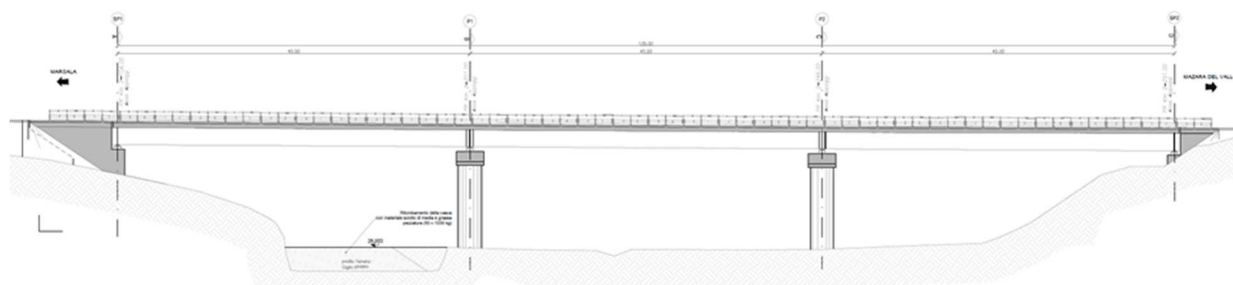


Figura 14 - Prospetto laterale del Viadotto Sossio

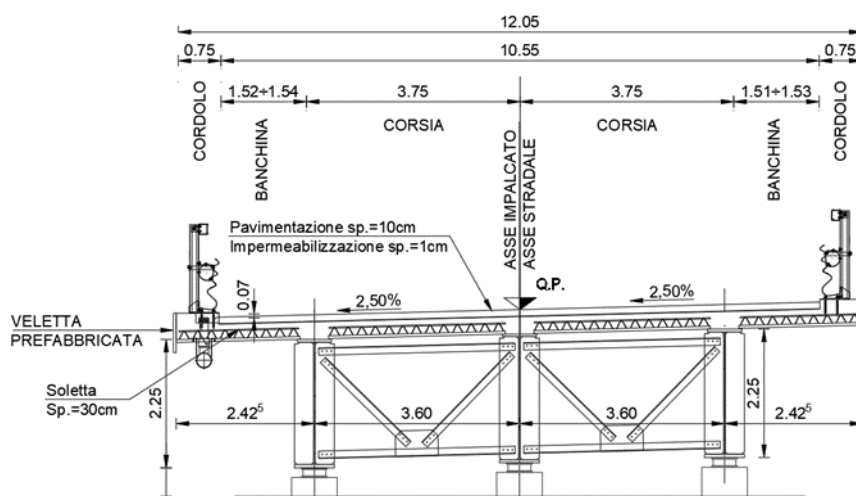


Figura 15: sezione tipo dell'asse principale in viadotto

5.2 GALLERIA ARTIFICIALE "OSPEDALE"

La galleria artificiale, comprese le opere di imbocco a nord e a sud, ha inizio alla progressiva 0+385,35 e termine alla progressiva 0+900,00.

L'imbocco nord, da progressiva 0+385,35 a progressiva 0+550,00, pertanto di estensione 164,65 m, è costituita da una paratia di pali secanti costituita da pali di diametro 1000 mm posti a interasse 0,80 m con cordolo di collegamento in sommità e soletta di fondo; nel tratto da progressiva 0+400 a 0+505 sono previsti puntoni temporanei in sommità (all'altezza del cordolo di testa), che potranno essere rimossi al completamento della soletta di fondazione; nel tratto successivo da progressiva 0+505 a +0+550 i puntoni diventano permanenti.

La galleria artificiale, da progressiva 0+550,00 a progressiva 0+674,80, pertanto di estensione 124,80 m, è realizzata in top down ed è costituita da due paratie di pali secanti, costruite in prima fase, da una soletta di copertura, eseguita in seconda fase, dal successivo scavo all'interno delle paratie di pali fino alla realizzazione della soletta inferiore.

L'imbocco sud, da progressiva 0+674,80 a progressiva 0+900,00, pertanto di estensione 225,20m, è costituito da muri di sostegno a U di spessore variabile lungo l'altezza e platea di fondazione di spessore

costante. Lungo lo sviluppo longitudinale del muro, l'altezza delle pareti è variabile: in un primo tratto si ha un'altezza massima dei paramenti di 10.20m e in un secondo tratto un'altezza massima di 5 m. In entrambi i casi i paramenti verticali hanno uno spessore in testa di 50 cm, che aumenta all'aumentare della profondità con una pendenza di 1:10 rispetto alla verticale fino all'attacco della fondazione. In tal modo i muri di altezza massima 10.2 m presentano pareti con spessore di circa 150 cm alla base, mentre quelli di altezza massima 5.0 m hanno uno spessore alla base di 100 cm.

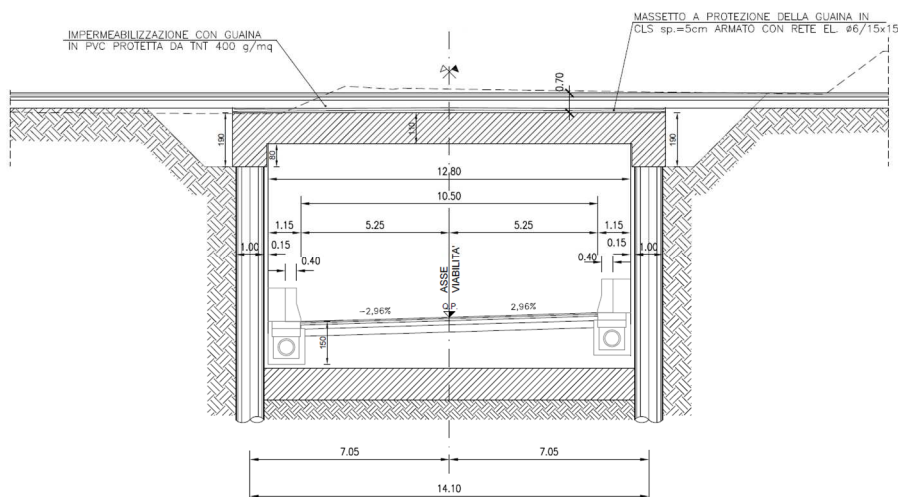


Figura 16: sezione tipo dell'asse principale in galleria

L'imbocco sud è costituito da muri di sostegno a U di spessore variabile lungo l'altezza e platea di fondazione di spessore costante. Lungo lo sviluppo longitudinale del muro, l'altezza delle pareti è variabile tra 5 e 10.20 m. I paramenti verticali hanno uno spessore in testa di 50 cm, che aumenta all'aumentare della profondità con una pendenza di 1:10 rispetto alla verticale fino all'attacco della fondazione. In tal modo i muri presentano pareti con spessore di circa 100-150 cm alla base a seconda dell'altezza massima.

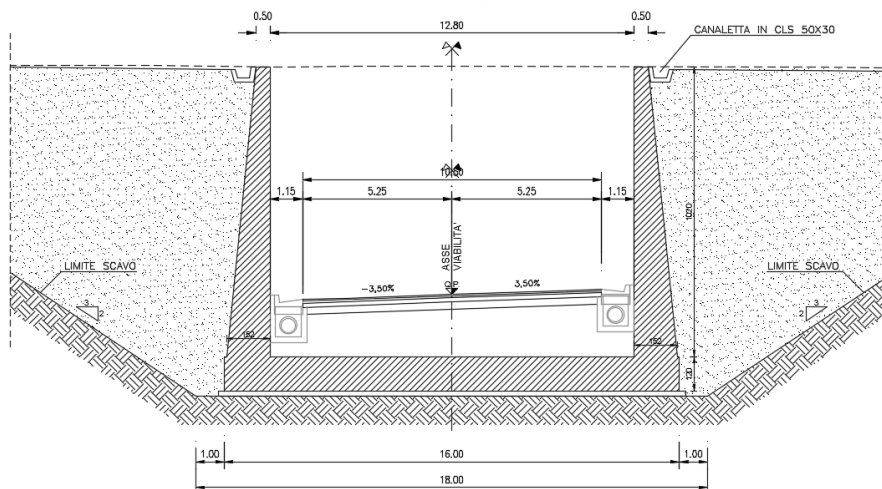


Figura 17: muri ad U dell'imbocco sud della Galleria Ospedale

L'imbocco nord è caratterizzato dalla stessa sezione della galleria senza la soletta superiore e ove necessario le paratie sono stabilizzate mediante puntoni.

6 OPERE D'ARTE MINORI

Lungo il tracciato sono previste le seguenti opere d'arte minori:

- n. 7 cavalcavia di nuova realizzazione, a singola campata isostatica realizzati in sistema misto acciaio-calcestruzzo;
- n. 5 sottovia stradali, realizzati con manufatti scatolari e muri di imbocco in c.a.;
- n. 44 tombini idraulici a sezione scatolare, realizzati con manufatti in c.a.;
- n. 10 vasche di trattamento delle acque di prima pioggia;
- varie opere di sostegno, in corrispondenza degli imbocchi della galleria e del rilevato stradale in prossimità dei sottovia. I muri in c.a. e le paratie presentano il paramento esterno verticale rivestito in pietra.

6.1 CAVALCAVIA

Le opere in scavalco dell'asse principale previste in progetto sono le seguenti:

- cavalcavia CV01 alla pk 1+524,479 in corrispondenza della rampa dello svincolo1;
- cavalcavia CV02 alla pk 2+019 dell'asse principale che interessa la strada interpodereale IN01;
- cavalcavia CV03 alla pk 2+935 sulla viabilità IN02, per il ripristino della continuità della S.P.62 Marsala-Ciavolo;
- cavalcavia CV04 alla pk 6+836 sulla viabilità IN04, per il ripristino della continuità della S.P.53;
- cavalcavia CV05 alla pk 10+247 dell'asse principale che interessa la strada interpodereale IN06;
- cavalcavia CV06 alla progr.13+391 dell'asse principale che interessa la strada interpodereale IN08;
- cavalcavia CV07 alla progr.14+810 dell'asse principale che interessa la strada interpodereale IN09.

I cavalcavia, situati alle diverse progressive sopra specificate, hanno tutti la medesima struttura e si differenziano tra loro per luce complessiva e larghezza d'impalcato, in dipendenza dalla tipologia di carreggiata stradale ospitata.

Tra i cavalcavia presenti lungo il tracciato si descrive brevemente il cavalcavia CV01 posizionato alla progressiva Pk 1+524.47 che rappresenta la struttura avente luce complessiva e larghezza di piattaforma maggiori. Esso ha luce complessiva di 56 m e la sua struttura è costituita da 4 stampelle longitudinali a forma di doppia V. Accoglie una carreggiata stradale di larghezza costante pari a 11.0 m e due cordoli laterali di 0.75 m ciascuno che ospitano una barriera di sicurezza stradale, una rete di protezione e una veletta in calcestruzzo armato. Di seguito si riportano piante e sezioni generali dell'opera.

L'impalcato appartiene alla tipologia di struttura mista acciaio-calcestruzzo. Sono presenti quattro travi longitudinali in acciaio con sezione a doppia T ed altezza variabile, collegate ad una soletta collaborante in calcestruzzo armato attraverso pioli in acciaio. Le travi longitudinali, in corrispondenza di alcune sezioni, sono state collegate a coppie per mezzo di irrigidimenti ad U.

L'appoggio a terra si esplica per mezzo di quattro stampelle metalliche a doppia V. Le stampelle sono caratterizzate da una sezione a doppio T che in corrispondenza della porzione centrale dell'impalcato si raccordano alle travi longitudinali.

Le fondazioni delle stampelle sono costituite da fondazioni dirette a plinto in cemento armato di dimensione 6.0x13.20 m.

Lateralmente sono presenti due spalle tradizionali in c.a. dotate di muri laterali di risvolto, non vincolate però all'impalcato, con funzione esclusiva di sorreggere un giunto in gomma armata e contenere il rilevato

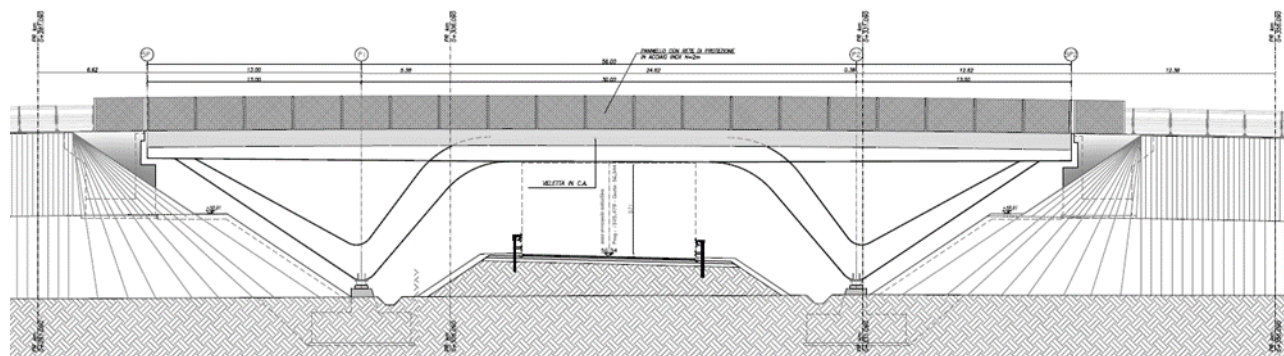


Figura 18 Vista laterale cavalcavia

6.2 SOTTOVIA

Lungo il tracciato in progetto sono previsti 5 sottovia stradali di nuova realizzazione, le cui dimensioni interne variano in funzione della viabilità interferita dall'asse stradale:

- sottovia ST02 alla pk 4+950 dell'asse principale che interessa la viabilità IN03. La classificazione della strada è tipo F extraurbano e la sezione è tipo F2 con due corsie da 3.25 m e due banchine da 1.0 m;
- sottovia ST03 alla pk 5+282 dell'asse principale che interessa la viabilità del ramo B dello svincolo SV02;
- sottovia ST04 alla pk 9+316 dell'asse principale che interessa viabilità IN05;
- sottovia ST05 alla pk 11+602 dell'asse principale che interessa la viabilità IN07. La classificazione della strada è a destinazione particolare (strada vicinale) con una carreggiata da 3 m e due cunette laterali da 0.5 m;

- sottovia ST06 alla pk 15+556 dell'asse principale che interessa la viabilità IN10. La classificazione della strada è a destinazione particolare (strada vicinale) con una carreggiata da 4 m e due cunette laterali da 1 m.

I sottovia sono costituiti da un manufatto scatolare in c.a. gettato in opera, con muri d'imbocco generalmente paralleli alla viabilità interferita; lo spessore degli elementi strutturali si differenzia in funzione delle dimensioni del manufatto e del ricoprimento al di sopra di esso. L'altezza del manufatto scatolare garantisce un franco verticale minimo di 5.0 m.

La soletta superiore è impermeabilizzata con doppia guaina bituminosa; al di sopra della soletta di copertura è prevista la realizzazione di un massetto delle pendenze, con inclinazione minima del 2%.

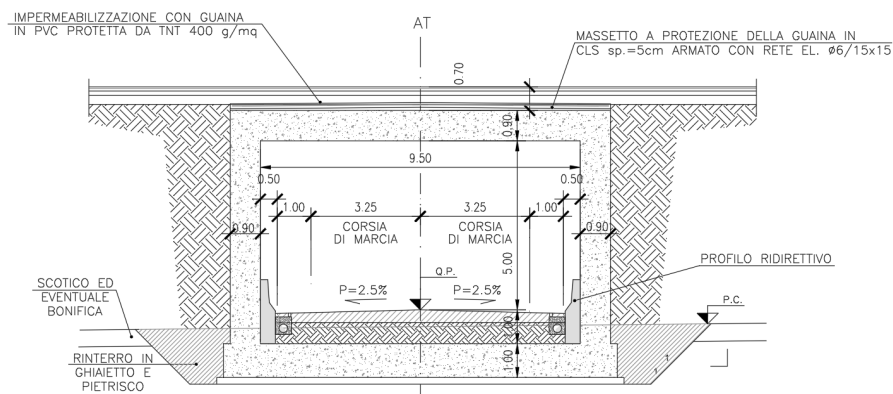


Figura 19: sezione di sottopasso per categoria di strada F e sezione F2

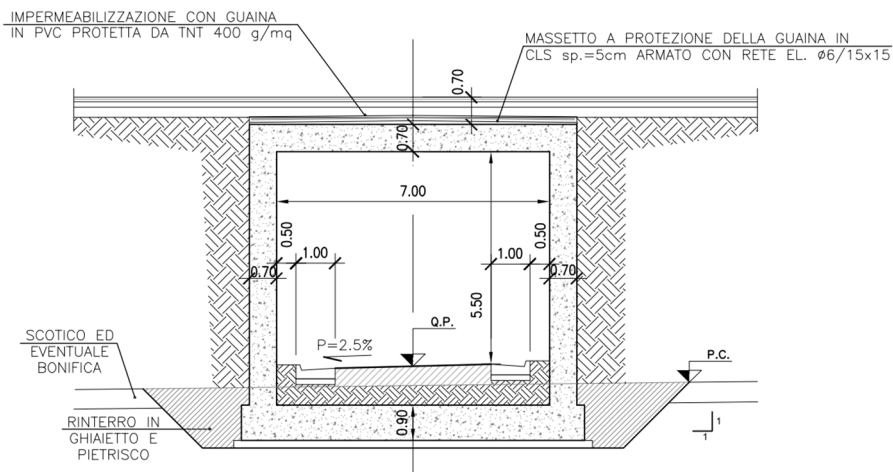


Figura 20: sezione di sottopasso per categoria di strada a destinazione particolare (strade vicinali)

6.3 MANUFATTI IDRAULICI

6.3.1 Tombini idraulici

I tombini idraulici principali (lungo l'asse principale e complanari) sono n. 44 e sono realizzati con manufatti scatolari a singolo fornice in c.a. di cui:

- N° 29 tombini scatolari di dimensione 2,00x2,00 m;

- N° 14 tombini scatoari di dimensione 4,00x2,00 m;
- N° 1 tombino scatoare di dimensione 2,00x1,50 m.

Le suddette opere sono state predisposte al fine di garantire la trasparenza del rilevato rispetto ad acque di dilavamento del versante, dal momento che l'infrastruttura in progetto si inserisce in un contesto privo di incisioni riconoscibili (a causa dell'elevata permeabilità del terreno ed in cui si segnala altresì la presenza di numerose cave).

pk	TAVOLA	dimensioni aggiornate	pk	TAVOLA	dimensioni aggiornate
1+377	TM01	2 x 2	10+744	TM23	4 x 2
1+550	TM02	2 x 1.5	11+069	TM24	4 x 2
3+160	TM03	4 x 2	11+400	TM25	4 x 2
3+340	TM04	4 x 2	11+584	TM26	2 x 2
3+784	TM05	2 x 2	11+734	TM27	2 x 2
4+260	TM06	2 x 2	11+880	TM28	2 x 2
4+408	TM07	2 x 2	12+120	TM29	2 x 2
4+775	TM08	2 x 2	12+200	TM30	4 x 2
5+100	TM09	2 x 2	12+726.3	TM31	4 x 2
5+226	TM10	2 x 2	12+817	TM32	2 x 2
5+310	TM11	2 x 2	12+950	TM33	2 x 2
5+550	TM12	4 x 2	13+536	TM34	2 x 2
7+733	TM13	4 x 2	13+925	TM35	2 x 2
8+236	TM14	4 x 2	14+100	TM36	2 x 2
8+600	TM15	4 x 2	14+350	TM37	2 x 2
8+711	TM16	2 x 2	14+550	TM38	2 x 2
8+920	TM17	4 x 2	14+720	TM39	2 x 2
9+153	TM18	2 x 2	15+100	TM40	2 x 2
9+293	TM19	2 x 2	15+450	TM41	2 x 2
9+350	TM20	2 x 2	15+750	TM42	2 x 2
9+550	TM21	4 x 2	15+940	TM43	2 x 2
10+200	TM22	4 x 2	16+300	TM44	2 x 2

Tabella 2. Tombini idraulici

I manufatti sono caratterizzati da due tipologie di imbocco, a seconda della necessità di prevedere o meno un salto di quota superiore a 0.5m:

- TIPO A - Imbocco con rivestimento in materassi metallici;
- TIPO B - Imbocco con vasca in ca, dove si renda necessario un salto di quota superiore a 0.5 m tra la quota di fondo scorrimento del fosso di guardia e la quota di imbocco del tombino.

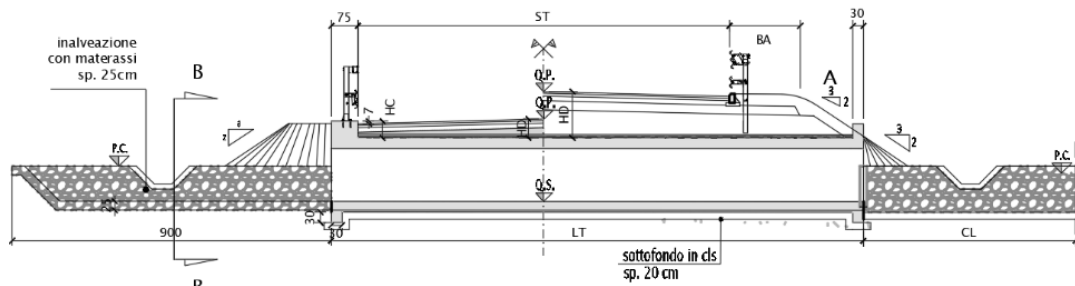


Figura 21 Sezione tombini

RELAZIONE GENERALE

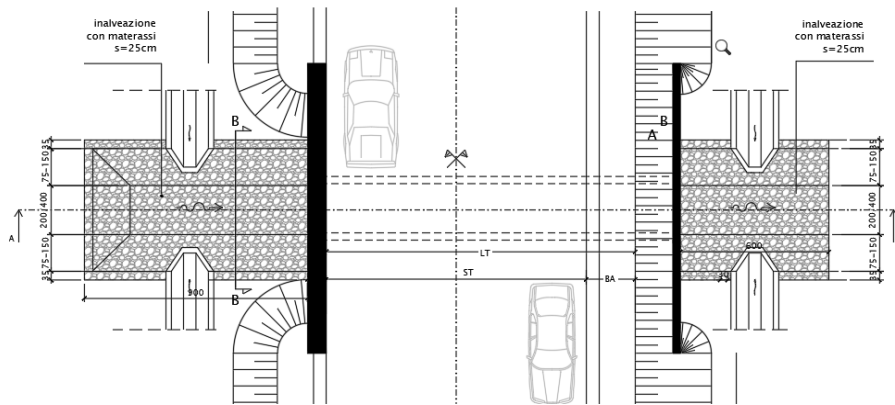


Figura 22 Planimetria imbocco A

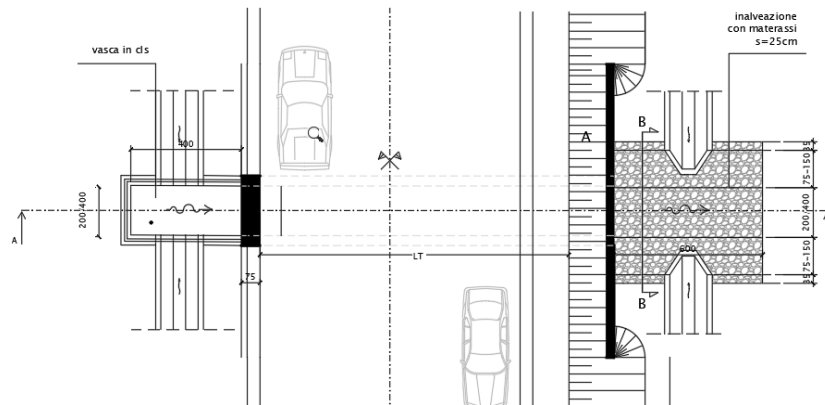


Figura 23 Planimetria imbocco B

In corrispondenza delle rampe di svincolo e viabilità secondarie sono previsti invece tombini circolari prefabbricati del diametro 800mm, 1000mm e 1500 mm:

DN (mm)	Pr.
1000	VL 01 - 0+735.00
1000	SV 02 - 0+069.00
800	VL 02 - 0+052.00
1500	SV 02 - 0+243.00
1000	IN 01 - 0+050.00
800	SV 03 - 0+043.00
800	SV 04 - 0+013.00

Tabella 3. Tombini idraulici svincoli e viabilità secondarie

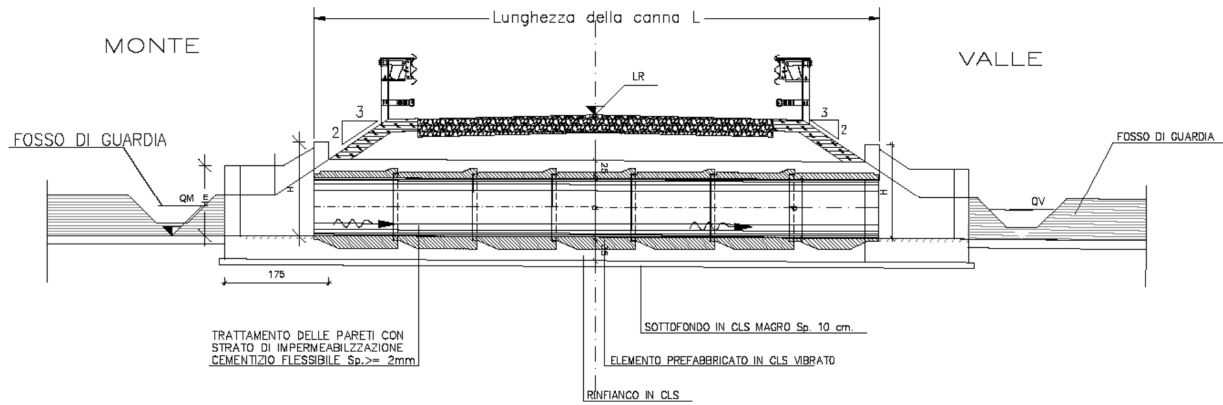


Figura 24 Sezione longitudinale

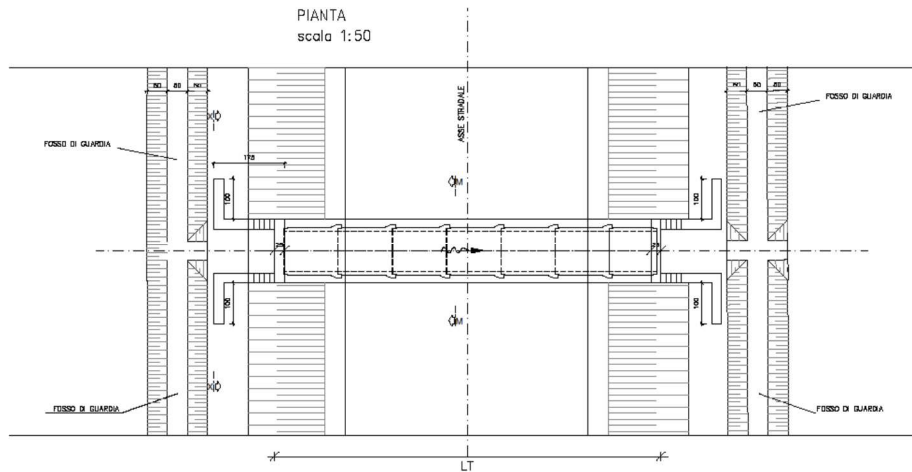


Figura 25 Pianta

6.3.2 Vasche di trattamento delle acque di prima pioggia

Nei punti terminali della rete di piattaforma è prevista la realizzazione di n. 10 vasche adibite al trattamento delle acque di prima pioggia (sedimentazione e disoleazione) ed alla trattenuta degli sversamenti accidentali (oli e/o carburanti).

Le vasche di trattamento sono conformi alle prescrizioni contenute nella norma UNI EN 858:1 e UNI EN 858:2.

Le vasche sono previste in cls gettato in opera, e soddisfano i seguenti requisiti:

- classe di resistenza alla compressione minima del calcestruzzo C 35/45 in conformità al punto 4.3.1 della EN 206-1:2001;
- Tutti i componenti di un impianto di separazione sono a tenuta d'acqua come da punto 6.3.2 della EN 206-1:2001;
- La resistenza chimica delle superfici interne;
- L'impianto di separazione è accessibile per la manutenzione e l'ispezione;

- I separatori uguali maggiori di NS 10 hanno un punto di accesso, come indicato in 7.3 della EN 124:1994.
- I sedimentatori come da punto 6.3.7 della EN 206-1:2001 sono costruiti con un dispositivo di controllo della portata in corrispondenza dell'entrata al fine di ridurre la velocità di ingresso e garantire una portata uniforme. Tale dispositivo è progettato in modo da consentire ai sedimenti di depositarsi;

Il trattamento delle acque di prima pioggia avviene in continuo senza necessità di sollevamenti. La quota di scarico è tale da scongiurare fenomeni di rigurgito. La vasca, oltre alla funzione di disoleazione, svolgerà anche la funzione di "trappola" degli sversamenti accidentali in quanto la sua geometria ed il suo sviluppo sono dimensionati per contenere l'intero volume accidentale (40 mc) sversato senza che avvenga il recapito al recettore naturale prima dell'intervento degli addetti.

La rappresentazione tipologica dell'opera è riportata nell'elaborato T00ID01IDRPC04A, mentre di seguito si riporta lo schema in pianta:

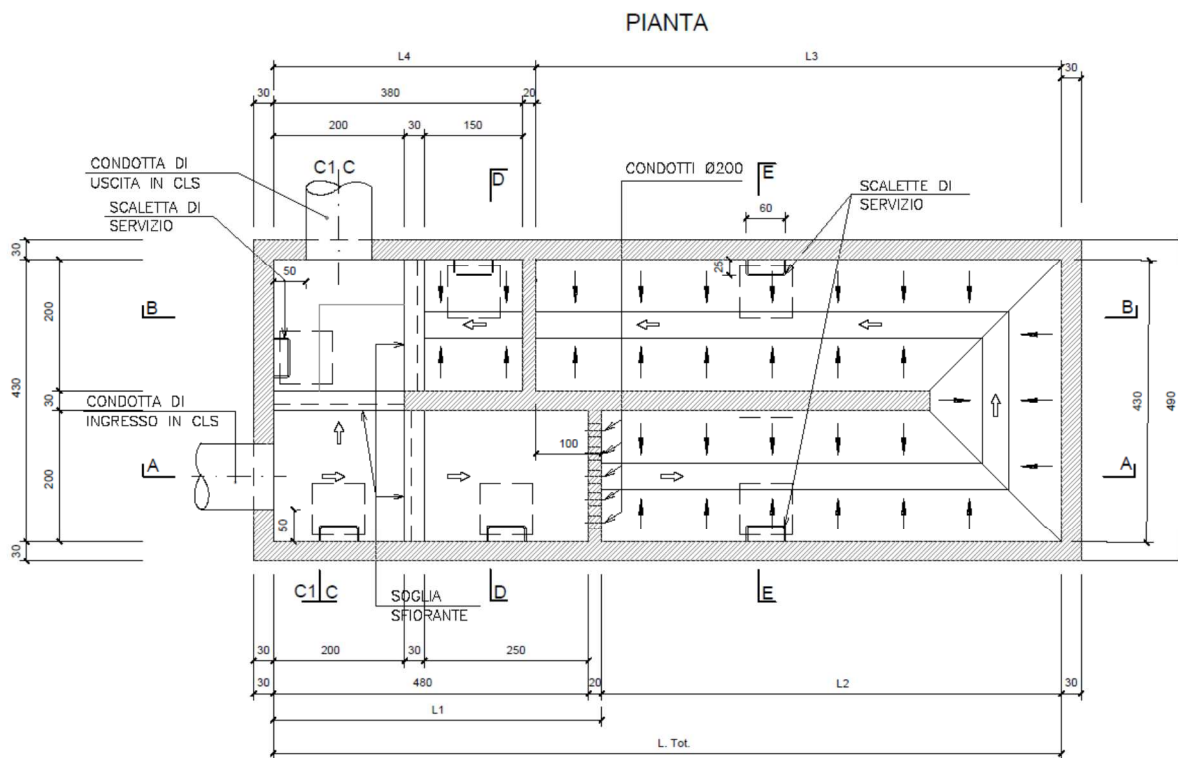


Figura 26 Vasca di prima pioggia

Il trattamento prevede 3 fasi distinte:

- Separare tramite un bypass-scolmatore interno le prime acque meteoriche, che risultano inquinate, dalle seconde.

- Accumulare temporaneamente le prime acque meteoriche molto inquinate dal dilavamento della strada e sue pertinenze, per permettere, durante il loro temporaneo stoccaggio, la sedimentazione delle sostanze solide;
- Stoccaggio della frazione oleosa nella parte superiore del volume di accumulo per il necessario prelevamento con idoneo mezzo aspirante.

Le vasche sono state posizionate in luoghi accessibili dalla sede carrabile per permettere le usuali operazioni di manutenzione ordinaria (pulizia periodica) e straordinaria (in caso di sversamenti accidentali di oli e/o carburanti).

I criteri a base della progettazione della vasca si possono riassumere in:

- limitare al minimo la necessità di manutenzione, consentendo interventi molto diluiti nel tempo;
- fare transitare nella vasca le acque di prima pioggia (considerati i primi 5 mm);
- "catturare" gli eventuali sversamenti;
- far assumere al flusso in entrata una velocità tale da consentire la risalita in superficie degli oli e la sedimentazione dei solidi in sospensione;
- mantenere all'interno della vasca gli oli in superficie.

Di seguito si riporta una tabella con l'ubicazione delle vasche, relative dimensioni ed indicazione del recapito finale:

Vasca	pk vasca	lato	V (m ³)	L1	L2	L3	L4	L tot	Ubicazione	recapito
1	2+060	DX	40.30	5,00	6,00	7,00	4,00	11,00	Piazzola su strada	Fiume Sossio
2	2+420	SX	46.50	5,00	7,50	8,50	4,00	12,50	Piazzola su strada	Fiume Sossio
3	5+260	DX	40.30	5,00	6,00	7,00	4,00	11,00	Area esterna	bacino disperdente
4	5+810	DX	40.30	5,00	6,00	7,00	4,00	11,00	Piazzola su strada	bacino disperdente
5	8+131	DX	49.60	5,00	7,50	8,50	4,00	12,50	Piazzola su strada	bacino disperdente
6	10+150	DX	40.30	5,00	6,00	7,00	4,00	11,00	Area esterna	bacino disperdente
7	11+520	SX	40.30	5,00	6,00	7,00	4,00	11,00	Piazzola su strada	bacino disperdente
8	12+750	DX	40.30	5,00	6,00	7,00	4,00	11,00	Piazzola su strada	bacino disperdente
9	13+320	DX	46.50	5,00	7,00	8,00	4,00	12,00	Area esterna	bacino disperdente
10	16+650	DX	40.30	5,00	6,00	7,00	4,00	11,00	Area esterna	bacino disperdente

Tabella 6 – ubicazione e dimensioni presidi idraulici previsti nel presente progetto

6.4 OPERE DI SOSTEGNO

Lungo il tracciato in progetto sono previste diverse opere di sostegno, suddivise nelle seguenti tipologie:

- muri di sostegno del rilevato stradale in prossimità dei sottovia, realizzati con muri ad "U" e muri a mensola di imbocco/sbocco in c.a.;

- paratie di pali secanti di grande diametro, all'imbocco nord della galleria "Ospedale";
- muri ad "U" all'imbocco sud della galleria "Ospedale";
- cordoli in c.a. per il sostegno delle barriere acustiche.

6.4.1 Muri di sostegno del rilevato stradale in prossimità dei sottovia

I muri ad "U" di sostegno del rilevato stradale in prossimità dei sottovia, si trovano alle seguenti progressive:

- da progr. 4+933.20 a progr. 4+944.90 e da progr. 4+956.20 a progr. 4+967.90 (in prossimità della viabilità interferita IN03)
- da progr. 5+262.95 a progr. 5+274.45 e da progr. 5+290.80 a progr. 5+302.30 (in prossimità dello svincolo SV03);
- da progr. 9+296.50 a progr. 9+310.60 e da progr. 9+321.90 a progr. 9+336.00 (in prossimità della viabilità interferita IN05);
- da progr. 15+542.41 a progr. 15+553.11 e da progr. 15+559.71 a progr. 15+570.41 (in prossimità della viabilità interferita IN10).

I muri a mensola di imbocco/sbocco in prossimità dei sottovia, si trovano da progr. 11+592.99 a progr. 11+600.09, da progr. 11+593.19 a progr. 11+600.22, da progr. 11+605.23 a progr. 11+612.33 e da progr. 11+605.09 a progr. 11+612.34 (in prossimità della viabilità interferita IN07).

Tutti i muri in c.a. presentano il paramento esterno verticale realizzato con pannelli prefabbricati con rivestimento in pietra locale.

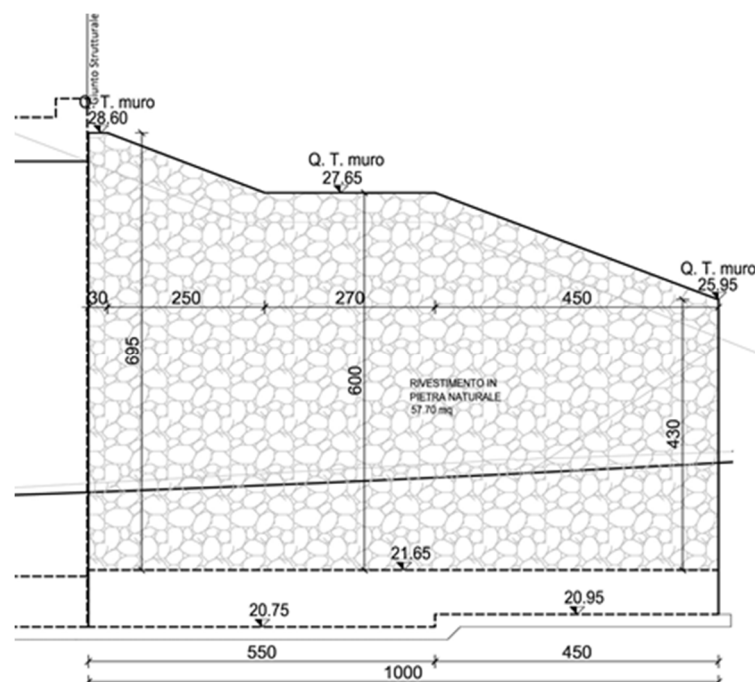


Figura 27 Prospetto muri a mensola

6.4.2 Imbocco nord e sud della galleria artificiale

Come già indicato al par. 5.2, l'imbocco nord della galleria artificiale è costituito da una paratia di pali secanti costituita da pali di diametro 1000 mm posti a interasse 0,80 m con cordolo di collegamento in sommità e soletta di fondo; nel tratto da progressiva 0+400 a 0+505 sono previsti puntoni temporanei in sommità (all'altezza del cordolo di testa), che potranno essere rimossi al completamento della soletta di fondazione; nel tratto successivo da progressiva 0+505 a +0+550 i puntoni diventano permanenti. Il pannello di rivestimento in pietra locale poggia su un cordolo in c.a. appositamente realizzato.

L'imbocco sud è costituito da muri di sostegno a "U" di spessore variabile lungo l'altezza e platea di fondazione di spessore costante. Lungo lo sviluppo longitudinale del muro, l'altezza delle pareti è variabile tra 5 e 10.20 m. I paramenti verticali hanno uno spessore in testa di 50 cm, che aumenta all'aumentare della profondità con una pendenza di 1:10 rispetto alla verticale fino all'attacco della fondazione. In tal modo i muri presentano pareti con spessore di circa 100-150 cm alla base a seconda dell'altezza massima.

7 SISTEMI DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE E PRESIDIO IDRAULICO DELLA PIATTAFORMA STRADALE

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma, è previsto un sistema di drenaggio controllato, di tipo chiuso, lungo tutto l'asse principale. Per le strade secondarie e le rampe di svincolo è previsto il sistema aperto.

Nei tratti in cui il corpo stradale si sviluppa in rilevato, sul ramo principale, le acque meteoriche vengono canalizzate ed allontanate dalla sede stradale mediante embrici con interasse variabile, che recapitano le acque in una canaletta rettangolare. La canaletta, larga 1 m e profonda 30 cm, ha lo scopo di convogliare le acque meteoriche con assegnato tempo di ritorno (25 anni), evitando nei limiti del possibile l'uso dei collettori, che si dimostrano spesso fonte di problemi per la stabilità del rilevato (eventuali perdite d'acqua, difficoltà di compattazione ecc). La profondità della canaletta è stata contenuta per non interferire con il comportamento della barriera.

E' prevista la presenza del collettore sottostante la canaletta qualora la tubazione provenga da un tratto in trincea, oppure quando la canaletta non è più in grado di smaltire le portate meteoriche per le quali è dimensionata. In questi casi viene adottata una canaletta di dimensioni inferiori pari a 70x20 cm, con caditoie ad interasse massimo 25.0m.

Per le tratte in trincea, lungo le viabilità principali e le rampe di svincolo, il sistema prevede che la raccolta avvenga tramite una cunetta alla "francese", e l'acqua venga dunque convogliata nell'apposito tubo sottostante per mezzo di pozzetti grigliati ad interasse massimo 25 m disposti lungo lo sviluppo della cunetta, per poi essere recapitate alle vasche di trattamento.

I collettori sono previsti in PEAD SN8. Le acque raccolte attraverso i collettori vengono convogliate verso le vasche di trattamento delle acque di prima pioggia (n. 10), che svolgono la doppia funzione di consentire la sedimentazione e disoleazione delle acque meteoriche di prima pioggia, e di intrappolamento di sversamenti accidentali di oli e/o carburanti in caso di incidente. Si prevedono n.10 sistemi di trattamento distribuiti lungo l'asse principale (cfr. par. 6.4).

Non esistendo, al di fuori della fiumara Sossio, dei ricettori idraulici superficiali ai quali conferire le portate di drenaggio a valle dei presidi idraulici, si sono predisposti dei bacini di dispersione (n. 8 in totale) in cui viene accumulata l'acqua preventivamente transitata entro le vasche di prima pioggia e successivamente dispersa nel terreno sottostante in funzione della permeabilità presente. A tale scopo sono state eseguite delle prove Lefranc per caratterizzare puntualmente i valori di permeabilità dei terreni.

Il sistema di raccolta chiuso svolge altresì la funzione di sistema di protezione nella zona di interferenza col campo pozzi di Petrosino, integrato da un sistema di fossi di guardia rivestiti in c.a. che si estendono al di fuori della zona di rispetto.

8 IMPIANTI

Il presente intervento comprende vari interventi disgiunti tra loro che risultano localizzati sia in corrispondenza degli svincoli che lungo l'itinerare stradale.

In particolare gli interventi previsti possono essere così sommariamente riassunti:

- Impianto di illuminazione rampe di accelerazione e decelerazione degli svincoli con adduzione elettrica indipendente;
- Impianto di illuminazione permanente e di rinforzo della galleria artificiale di lunghezza di circa 125 m;
- Predisposizione di impianti in itinere per futura installazione di apparati Smart Road (tubazioni, pozzetti e plinti di fondazione per pali).

8.1 IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE

Sono stati previsti gli impianti di illuminazione in corrispondenza dei seguenti svicoli ed opere d'arte:

- Svincolo Marsala Sud: composto da n.1 rotatoria e n.5 rampe denominate Rampa 1/2/3/4/5;
- Svincolo Terrenove: composto da n.1 rotatoria e n.4 rampe denominate Rampa 6/7/8/9;
- Svincolo Petrosino: composto da n.4 rampe denominate Rampa A/B/C/D.
- Rotatoria di Ponte Carmine: composto da n.1 rotatoria;
- Rotatoria Marsala-Ospedale: composto da n.1 rotatoria;
- Galleria "Ospedale": composto da n.1 galleria artificiale di circa 125 m;
- Rotatoria Marsala-Ciavolo: composto da n. 1 rotatoria.

Gli impianti tecnologici previsti per l'illuminazione degli svincoli sono i seguenti:

- impianto di illuminazione del tratto stradale relativo alle corsie di accelerazione e decelerazione delle rampe di ingresso/uscita all'asse stradale principale e delle rotatorie;
- installazione di armadi in vetroresina di tipo stradale, all'interno del quale saranno alloggiati il contatore di energia elettrica (fornito a cura ed onere dell'Ente distributore) ed il quadro elettrico di alimentazione dei vari impianti previsti nel singolo intervento;
- predisposizione ed installazione di cavidotti per impianti.

Per ogni svincolo, rotatoria isolata e sottovia, è previsto un unico punto di consegna dell'energia elettrica per l'alimentazione di tutte le apparecchiature elettriche presenti nello svincolo in oggetto. L'effettivo posizionamento di detti quadri sarà valutato in sede di progettazione esecutiva. La fornitura di energia elettrica dovrà avvenire in bassa tensione a 230/400 V, frequenza 50 Hz, sistema TT trifase + neutro con potenza adeguata al carico installato.

L'impianto di distribuzione a valle del quadro elettrico generale è previsto con circuiti indipendenti ciascuno destinato a una zona dello svincolo.

Il sistema di regolazione flusso luminoso sarà del tipo wireless e sarà installato all'interno dei singoli quadri per ogni circuito di alimentazione in uscita.

Gli Impianti di illuminazione eseguiti con armature stradali su sostegni con sbraccio, del tipo a LED, 230 V, classe II, IP66, fascio luminoso con ottica asimmetrica, driver integrato, da installare su pali in acciaio zincato aventi altezza fuori terra pari a 10 metri f.t. con sbraccio di 2m.

Per quanto riguarda i cavi di alimentazione delle suddette linee, la tipologia utilizzata è costituita da cavi unipolari flessibili in alluminio con isolamento in HEPR di qualità G16, guaina termoplastica qualità R16, non propagante l'incendio a norme CEI 20-22.

La posa avverrà entro tubazioni PVC interrate in cavidotto, le cui caratteristiche di realizzazione sono di seguito riportate od entro tubazioni correnti a bordo cavalcavia o sottovia.

L'adduzione fra il quadro elettrico di distribuzione e gli impianti del tratto stradale sarà eseguita tramite tubazioni flessibili corrugate a doppio strato (interno liscio esterno corrugato) avente adeguato diametro ed installate all'interno di apposito scavo. Lungo la percorrenza delle tubazioni dovranno essere installati appositi pozzetti in cemento armato completi di chiusino in cemento.

8.2 ILLUMINAZIONE GALLERIA ARTIFICIALE

L'illuminazione della galleria artificiale segue quanto indicato nella Norma UNI 11095:2021, che costituisce il riferimento per l'illuminazione delle gallerie stradali e ne specifica i requisiti illuminotecnici dell'impianto di illuminazione, al fine di assicurare al conducente di un veicolo, sia di giorno sia di notte, l'entrata, l'attraversamento e l'uscita dal tratto coperto a velocità locale in condizioni adeguate di comfort visivo, con un grado di sicurezza non inferiore a quello presente nei tratti di strada di cui fa parte la galleria.

I requisiti sono espressi in livelli ed uniformità di luminanza della carreggiata, delle pareti e di eventuali altre superfici che costituiscono la galleria.

L'impianto di illuminazione della galleria (lunghezza 125 m), deve prevedere le seguenti tipologie di illuminazione:

- Illuminazione permanente: parte dell'illuminazione a luminanza media costante, che si estende dalla sezione di entrata alla sezione di uscita;
- Illuminazione di rinforzo: parte dell'illuminazione che integra l'illuminazione permanente, garantendo l'adattamento dell'occhio tra luminanze di diverso livello (esclusivamente nelle ore diurne).

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione tecnica impianti.

8.3 PREDISPOSIZIONE SMART ROAD

All'interno del presente intervento sono previste tutte le predisposizioni edili (tubazioni, pozzetti e plinti) inerenti la futura realizzazione di un impianto Smart Road.

Pertanto, per detta tipologia di impianto è prevista l'installazione sul lato sinistro della carreggiata, secondo progressive crescenti di progetto, di:

- sistema di tubazioni costituite da n.2 tubi diametro 110 mm o 125 mm;
- n.1 tritubo da 50mm;
- n. 1 Micro-Bundle HDPE Fibra Ottica con 7 microtubi;
- pozzetti rompitratta [60 x 60 cm] per infilaggio cavi (ca ogni 150 m) o in corrispondenza delle postazioni polifunzionali, per facilitare la successiva posa del cavo del cavo di alimentazione;
- pozzetti rompitratta [80 x 80 cm] in corrispondenza delle postazioni polifunzionali, o in caso di importanti cambi di direzione, per facilitare la successiva posa del cavo ottico;
- pozzetti per muffola di linea/derivazione/spillamento [125 x 80 cm] in corrispondenza delle sedi da collegare (o comunque in posizione baricentrica rispetto ad un certo numero di sedi vicine da collegare) e in corrispondenza dei giunti di linea/derivazione;
- Plinti per postazioni polifunzionali con annesso pozzetto tecnologico (le cui dimensioni sono da studiare in base al tipo di cabinet/cubo tecnologico utilizzato per l'alloggiamento degli apparati attivi), posizionati ad una interdistanza massima di 300 m lungo la stessa carreggiata.

La realizzazione della parte impiantistica della Smart Road è esclusa dal presente appalto.

8.4 IMPIANTI DI TRATTAMENTO

I sistemi di trattamento dei drenaggi di prima pioggia non richiedono alimentazione elettrica.

9 SICUREZZA

Contestualmente allo sviluppo progettuale dell'opera in oggetto si è provveduto alla redazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento (in seguito PSC) dell'opera, il tutto secondo le indicazioni del Coordinatore per la Progettazione - ex art. 91 D.Lgs. 81/08. Il PSC è stato sviluppato in aderenza alle disposizioni dell'art. 100 D.Lgs. 81/08, con i contenuti minimi indicati e nell'allegato XV allo stesso decreto, mentre il secondo documento si richiama ai contenuti minimi individuati nell'allegato XVI.

Il PSC è stato strutturato poi in diversi capitoli, attingendo pedissequamente alla struttura metodologica del già citato all. XV, onde consentire ai fruitori (Committente- CSE-Affidatari- Subappaltatori- etc) una facile lettura e interpretazione, al fine di meglio intraprendere le attività di coordinamento posti alla base di una politica attiva di prevenzione e cooperazione tra la parti interessate. Come previsto dalla normativa vigente si è provveduto al preventivo studio dell'ambiente in cui si andrà a contestualizzare l'opera, analizzando con attenzione i possibili elementi di criticità legati all'allestimento del cantiere, ossia insiti nell'area di intervento (rischi interni), inducibili dall'ambiente esterno (rischi importabili) o dal cantiere (rischi esportabili). In tale fase si sono anche individuate le opportune misure preventive e protettive attuabili per minimizzare al massimo il livello di rischio durante le fasi operative dei lavori, in particolare il rischio interferenziale.

In questa analisi preliminare si sono eseguiti sopralluoghi, sia per quanto attiene le aree in cui si svolgeranno i lavori, che nel contesto territoriale di riferimento al fine di poter contestualizzare gli allestimenti di cantiere. In particolare si sono approfondite le problematiche inerenti la rete viaria coinvolta al fine di poter rispondere alle esigenze di mobilità del territorio, note le caratteristiche della viabilità coinvolta (tipo di strada, traffico supportato, ecc.), i percorsi alternativi possibili (tipologia di strade, entità della deviazione, ecc.) e l'urbanizzazione coinvolta.

Tali valutazioni sono state tradotte negli elaborati componenti il PSC in un'analisi preliminare dei luoghi e nelle successive scelte progettuali sia inerenti gli accantieramenti che le deviazioni temporanee e lo stesso crono programma (ad esempio nella scelta di sfasare nel tempo la realizzazione di alcune opere).

Successivamente si è analizzata l'organizzazione del cantiere in riferimento sia al territorio e alle sue caratteristiche che alle lavorazioni individuate per la realizzazione dell'opera. In tal modo si sono, già nell'attuale fase progettuale, definite le prescrizioni utili a contenere i rischi legati alla cantierizzazione imponendo tipologie di apprestamenti, procedure operative e coordinamenti atti a minimizzare l'interferenza connessa con l'intervento.

Da un continuo e costante scambio di approfondimenti con i progettisti dell'opera e gli specialisti interessati e coinvolti, si è potuto analizzare ogni rischio derivante dalle scelte tecniche ed operative,

sviluppando un documento della sicurezza aderente alle varie soluzioni, coniugando la produttività con la minimizzazione dei rischi specifici ed interferenziali.

Si sono prodotti, di conseguenza, degli elaborati descrittivi e grafici che illustrano lo sviluppo del cantiere spazialmente e temporalmente con l'individuazione delle diverse aree cantierabili in cui può essere suddivisa l'opera in ragione dell'estensione territoriale e con la definizione delle prescrizioni inerenti lo sviluppo del programma dei lavori.

La complessità dell'opera è stata infatti scissa in fasi successive di intervento all'interno delle quali si sono individuate le tipologie di lavorazioni affini ovvero gli interventi similari. Il risultato dell'operazione descritta è l'individuazione di tratti omogenei di intervento che vengono ampiamente descritti nella relazione di cantierizzazione.

Particolare attenzione è stata rivolta alla gestione dei cantieri stradali e all'esecuzione delle opere edili e di ingegneria civile. Nel primo caso si è cercato di rispondere alle esigenze sia della normale utenza limitando disagi e rischi che alle problematiche influenti sugli addetti del cantiere esposti inevitabilmente ai rischi di investimento ed esposti agli inquinanti sia acustici che volatili.

Sezioni particolari sono state anche dedicate all'esecuzione di lavorazioni specifiche quali ad esempio la realizzazione delle opere idrauliche o la posa delle barriere.

Per quanto attiene le opere di ingegneria civile si è invece puntata l'attenzione soprattutto sulle lavorazioni rischiose, implicanti frequentemente il rischio di caduta dall'alto, imponendo modalità operative e opere provvisorie da attuarsi. In tal senso è stata anche contestualizzata la presenza di interferenze potenzialmente pericolose (linee elettriche aeree- sottoservizi- etc). Si sono anche individuati gli specifici accantieramenti necessari alla realizzazione delle opere d'arte principali siano sovrappassi o opere in linea in modo tale da verificare la realizzabilità in sicurezza degli stessi pur nel contesto dello sviluppo longitudinale dell'opera nella sua interezza.

Rimane, infatti, inteso che il PSC analizza e prevede la gestione della cantierizzazione per tutta l'opera nella sua complessità e specificità, in modo tale da fornire per le successive fasi sia progettuale che operativa indicazioni prescrittive che consentano di coordinare al meglio l'interferenza sia con l'ambiente circostante che tra le lavorazioni o le aree cantierabili previste, ovvero tra le diverse imprese presenti anche non contemporaneamente.

All'interno del PSC sono, infine, stati stimati gli oneri della sicurezza in riferimento ai costi per i rischi individuati nella redazione del PSC, trascurando quelli "ex lege" dell'impresa. Ci si rifà quindi al D.Lgs.81/08 allegato XV con una valutazione impostata secondo i punti del comma 4.1.1. A tal proposito si ricorda che dove si parla di d.p.i. e formazione si contengono le misure considerate per i rischi interferenziali e le situazioni contingenti analizzati nel PSC e, per tanto, diversi dai costi "ex lege".

10 CANTIERIZZAZIONE

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di una serie di aree di cantiere, che sono state selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- utilizzare aree di scarso valore sia dal punto di vista ambientale che antropico
- necessità di limitare al minimo indispensabile gli spostamenti di materiale sulla viabilità locale e quindi preferenza per aree vicine alle aree di lavoro ed agli assi viari principali.

Per l'individuazione delle aree da adibire a cantiere, in linea generale, si è tenuto conto dei seguenti fattori:

- dimensioni areali sufficientemente vaste;
- prossimità a vie di comunicazioni importanti e/o con sedi stradali adeguate al transito pesante;
- preesistenza di strade minori per gli accessi, onde evitare il più possibile la realizzazione di nuova viabilità di servizio;
- buona disponibilità idrica ed energetica;
- lontananza da zone residenziali significative e da ricettori sensibili (scuole, ospedali, ecc.);
- adiacenza alle opere da realizzare;
- morfologia (evitando, per quanto possibile, pendii o luoghi eccessivamente acclivi in cui si rendano necessari consistenti lavori di sbancamento o riporto);
- esclusione di aree di rilevante interesse ambientale;
- vicinanza ai siti di approvvigionamento di inerti e di smaltimento dei materiali di scavo.

Al termine dei lavori si prevede la dismissione di tutti i siti di cantiere e delle strutture, che verranno demolite e/o smontate e la conseguente sistemazione e ripristino allo stato ante operam delle aree o delle mitigazioni previste dal progetto. Per la riqualificazione delle aree utilizzate nella fase di cantiere si rimanda al paragrafo relativo alle misure di mitigazione.

Le aree di cantiere individuate per lo sviluppo delle attività si distinguono in:

- Cantiere Base;
- Cantiere Operativo;
- Aree tecniche;
- Aree di deposito temporaneo.

Per la realizzazione delle opere di progetto, sono state previste le aree di cantiere che vengono di seguito indicate, distribuite lungo il tracciato in modo che ci sia:

- un unico cantiere base;
- 1 cantiere operativo;

- 2 aree tecniche per opere maggiori;
- 3 aree tecniche per gli svincoli;
- 7 aree tecniche per i cavalcavia;
- 3 area di deposito temporaneo.

Nell'area, lungo il tracciato sono presenti cumuli di terreno, che sono stati campionati e destinati al riutilizzo per i rilevati di altezza maggiore di 2.5 m. Si tratta di 4 aree organizzate come depositi temporanei.

Per la descrizione approfondita degli elementi trattati nel presente capitolo si rimanda agli elaborati progettuali specifici della cantierizzazione.

10.1 AREE DI CANTIERE

I dati principali delle singole aree sono sintetizzati nelle tabelle seguenti:

CANTIERE	SUPERFICIE (mq)	ATTIVITA'	APPRESTAMENTI
Cantiere Base (CB01)	112.700	Logistica operativa	baraccamenti
Deposito Temporaneo	33.500 (DEP_01)	<ul style="list-style-type: none"> • Movimento terre • Deposito materiali 	<ul style="list-style-type: none"> • Escavatori • Autocarri • Autogrù • Compattatore
	19.000 (DEP_02)		
	38.300 (DEP_03)		
Cantiere Operativo CO.01	21.000	<ul style="list-style-type: none"> • Allestimenti logistici • Deposito fresato di asfalto • Impianto mobile per riciclaggio a freddo • Deposito materiali • Taglio ferri • Preparazione casseforme • Lavaggio e riparazione mezzi 	<ul style="list-style-type: none"> • Escavatori • Autocarri • Autogrù • Asfaltatrice • Sega circolare • Piegaferrì • Betoniere • asfaltatrice

AREE TECNICHE	SUPERFICIE (mq)	ATTIVITA'	APPRESTAMENTI
AT-GA01 Galleria Artificiale	3.400	<ul style="list-style-type: none"> • Allestimenti logistici • Deposito materiali • Taglio ferri • Preparazione casseforme • Getti in cls • Varo e posa in opera impalcati 	<ul style="list-style-type: none"> • Escavatori • Autocarri • Autogrù • Sega circolare • Piegaferrì • Betoniere • Asfaltatrice • Trapani • Macchine per pali • trivelle
AT-VI01. Viadotto VI01	3.500		
AT-CV01 Cavalcavia CV01	800		
AT-CV02 Cavalcavia CV02	600		
AT-CV03 Cavalcavia CV03	600		
AT-CV04 Cavalcavia CV04	600		
AT-CV05 Cavalcavia CV05	600		

AT-CV06 Cavalcavia CV06	600		
AT-CV07 Cavalcavia CV07	600		
AT-SV01 Svincolo SV01 Marsala Sud	11.800 (2.300+660+9.140 +2.700)	<ul style="list-style-type: none"> • Allestimenti logistici • Deposito materiali • Taglio ferri • Preparazione casseforme • Getti in cls • Varo e posa in opera impalcati 	<ul style="list-style-type: none"> • scavatori • Autocarri • Autogrù • Sega circolare • Piegaferrì • Betoniere • Asfaltatrice • Trapani • Macchine per pali • trivelle
AT-SV02 Svincolo SV02 Terrenove	12.360 (10.000+1.850+510)		
AT-SV03 Svincolo SV03 Petrosino	12.000 (5.000+7.000)		

Nell'area, lungo il tracciato sono presenti cumuli di terreno, che sono stati campionati e destinati al riutilizzo per i rilevati di altezza maggiore di 2.5 m

Si tratta di 4 aree organizzate come depositi temporanei:

DEP-CU01	610 mq	1.021 mc	Movimento terre	<ul style="list-style-type: none"> • Escavatori • Autocarri • Autogrù • Compattatore
DEP-CU012	10.204 mq	42.208 mc		
DEP-CU03	5.300 mq	19.209 mc		
DEP-CU04	5.000 mq	14.649 mc		

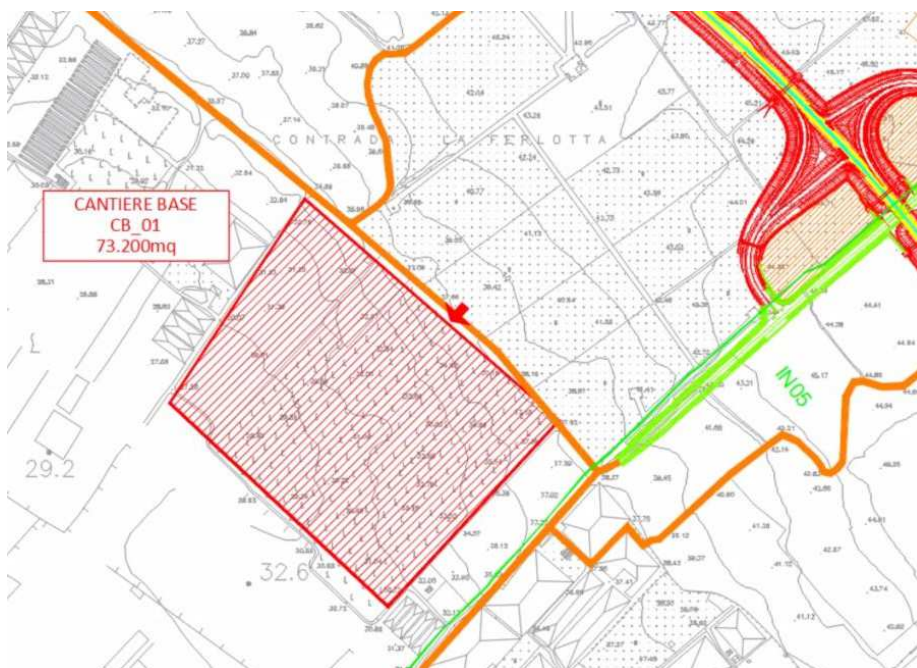
10.1.1 Cantiere base

Il Cantiere Base è posizionato in prossimità dello svincolo 3 in corrispondenza del km 9+050 del nuovo tracciato.

Il cantiere è accessibile dalla viabilità esistente stessa ed occupa un'area a seminativo

Nell'ambito di tale cantiere è prevista la localizzazione degli

allestimenti logistici destinati ai servizi per il personale addetto all'esecuzione dei lavori (dormitori, mensa, primo soccorso, servizi igienici, ecc.), ma anche di zone destinate ad ospitare alcune attrezzature necessarie alla esecuzione del lavoro, quali l'officina, l'impianto di frantumazione, oltre che allo stoccaggio dei materiali.



CANTIERE BASE CB01

COMUNE	Marsala
LOCALIZZAZIONE	Al km 9+050 con accesso su viabilità locale
COMPETENZA	Cantiere base per le lavorazioni dell'intero intervento, costituito da un'area logistica e da un'area operativa
STATO DI FATTO	Area a seminativo
DESTINAZIONE PUC	Aree agricole semplici
VINCOLI	nessuno
AREA INTERESSATA	73.200 mq circa

10.1.2 Cantiere operativo

Il cantiere operativo CO01, posto all'inizio del tracciato, servirà come area logistica di supporto a quella presente nel cantiere base, al fine di evitare che le maestranze percorrano diversi chilometri a fine turno.

Ospiterà anche aree di deposito temporaneo e di stoccaggio a supporto di quelle individuate lungo il tracciato.



CANTIERE OPERATIVO CO01

COMUNE	Marsala
LOCALIZZAZIONE	Accesso da Contrada San Silvestro, al km 1+050 del nuovo tracciato
COMPETENZA	Cantiere operativo
STATO DI FATTO	Area libera e incolta, accessibile tramite viabilità esistente
DESTINAZIONE PUC	Zona E1 – aree a verde agricolo elevato Zona E2 – aree agricole semplici
VINCOLI	nessuno
AREA INTERESSATA	21.000 mq circa

10.1.3 Aree tecniche

Si definiscono aree tecniche i cantieri che hanno caratteristiche esclusivamente esecutive, come l'esecuzione degli inalveamenti, delle opere di consolidamento, le gallerie artificiali e i viadotti.

Tali aree fanno capo per la sede direttiva nei cantieri operativi e mantengono il minimo dell'attrezzatura ed impianti logistici per garantire le necessarie funzioni di ricovero ed igienico sanitarie.

Nello specifico sono previste lungo il tracciato 12 Aree Tecniche funzionali alla realizzazione delle principali opere distribuite lungo il tracciato, per:

- AT-GA01 Galleria Artificiale
- AT-VI01. Viadotto VI01
- AT-CV01 Cavalcavia CV01
- AT-CV02 Cavalcavia CV02

- AT-CV03 Cavalcavia CV03
- AT-CV04 Cavalcavia CV04
- AT-CV05 Cavalcavia CV05
- AT-CV06 Cavalcavia CV06
- AT-CV07 Cavalcavia CV07
- AT-SV01 Svincolo SV01 Marsala Sud
- AT-SV02 Svincolo SV02 Terrenove
- AT-SV03 Svincolo SV03 Petrosino

Le aree tecniche suddette sono tutte ubicate nelle immediate vicinanze delle opere di cui sono al servizio, accessibili prevalentemente da viabilità locali e qualcuna da piste di cantiere appositamente realizzate, in corrispondenza delle aree di difficile accessibilità, ma prossime alle opere.

10.2 VIABILITÀ DI CANTIERE

In fase di cantierizzazione si è proceduto ad uno studio della viabilità destinata al trasporto dei mezzi di cantiere

Il sistema della **viabilità di servizio** impiegabile dai mezzi pesanti per la cantierizzazione è stato differenziato in:

- **Viabilità di cantiere esistente:** tratti di viabilità secondaria principale, locale, rurale ed interpodereale esistente e percorribile dai mezzi pesanti di cantiere a meno di qualche ridotto intervento locale di adeguamento/allargamento.
- **Nuove piste di cantiere, interne all'area di cantiere corrispondente al sedime del tracciato,** ad uso esclusivo dei mezzi pesanti e per il tempo necessario alle lavorazioni.
- **Viabilità di cantiere in aree non coincidenti con il sedime di progetto,** deviazioni provvisorie

10.3 FASI ESECUTIVE

La realizzazione del tracciato stradale prevede quasi totalmente tratti in variante. Ciononostante, il corpo stradale, per lo più in rilevato costituisce una vera e propria frattura nella continuità della rete interpodereale, ripristinata attraverso l'inserimento di numerosi cavalcavia e degli svincoli.

Si rende necessario quindi, prevedere come prima operazione, quella della realizzazione di tutte le opere e di tutte le viabilità secondarie necessarie per non interrompere il collegamento interpodereale durante l'esecuzione dei lavori.

Una volta garantita la continuità della rete stradale, si può procedere con la realizzazione degli svincoli e del corpo stradale.

Si prevedono quindi 2 fasi di esecuzione dei lavori, più una fase preliminare di accantieramento e una finale di ripristino e sistemazioni ambientali:

FASE 0 - Accantieramento

FASE 1 - Realizzazione opere e viabilità propedeutiche ai lavori

FASE 2 - Realizzazione Opere Maggiori, svincoli e corpo stradale

FASE 3 - Smobilitazione delle aree di cantiere e ripristini

Per la descrizione di ciascuna fase si rimanda agli elaborati specifici di Cantierizzazione.

11 PIANO DI GESTIONE DELLE MATERIE

Per la realizzazione dell'opera in progetto è prevista la movimentazione dei materiali derivanti essenzialmente dagli scavi e solo in piccola parte dalla fresatura di parte del manto stradale esistente.

Come ampiamente descritto nella Relazione geologica il territorio compreso tra gli abitati di Marsala e Mazara del Vallo è geologicamente poco articolato. Non sono presenti elementi tettonici significativi e l'intero tracciato si sviluppa sulla formazione delle Calcareniti di Marsala (Pleistocene Inferiore – Emiliano-Siciliano). Uniche eccezioni sono la valle del fiume Sossio, caratterizzata da un substrato riferibile alla Formazione Marnoso Arenacea della Valle del Belice su cui poggiano le alluvioni recenti del fiume (Olocene), ed i primi 700 metri del tracciato, caratterizzato dalla presenza di sabbie biocalcarenitiche giallastre Pleistoceniche poggiante in contatto erosivo sulla sopracitata formazione del Belice.

Nell'area interessata dal tracciato sono presenti inoltre numerose cave di calcareniti estratte sotto forma di conchi. I conchi calcarenitici estratti, noti localmente come "conchi di tufo", sono classificati come materiali lapidei di pregio, secondo quanto riportato anche nel "Piano dei Materiali di Cava e dei Materiali Lapedei di Pregio" redatto dal Dipartimento dell'Energia della Regione Siciliana.

L'estrazione dei conchi, normalmente effettuata con seghe circolari, e perdurante nell'area da oltre un secolo, ha prodotto una quantità rilevante di materiale di sfrido costituita da spezzoni di conchi di calcarenite (roccia lapidea tenera) e sabbia. Tale materiale è stato accumulato nei piazzali delle cave, sia attive che dismesse, ed in cumuli presenti lungo tutto il tracciato.

In particolare il tracciato di progetto interferisce con n° 4 cumuli, con un volume di scavo stimato in oltre 77.000 m³ in banco.

Tenuto conto della presenza di tali materiali, con intelligente intuizione, è stata presa in considerazione dai progettisti l'ipotesi di un virtuoso riciclo di tali materiali.

Gli stessi materiali sono stati quindi oggetto di sperimentazione geotecnica al fine della loro caratterizzazione come materiali stradali. Le prove geotecniche di laboratorio per la Classificazione Stradale, UNI 10006, eseguite su alcuni campioni prelevati da questi cumuli, hanno permesso di ascrivere tali materiali al Gruppo A-1-b, dunque, assolutamente conformi per essere utilizzati come rilevati.

11.1 FABBISOGNI

Le diverse lavorazioni che presentano un fabbisogno di materiale, sono le seguenti:

❑ **Formazione Rilevati**

Per quanto concerne i rilevati stradali, sono state previste sezioni miste, costituite sia da materiale per rilevato che da materiale calcarenitico secondo lo schema seguente:

- ❑ Rilevati fino a 2 metri di altezza interamente costituiti da materiale per rilevato;

- ❑ Rilevati superiori ai 2 metri di altezza, costituiti per i primi due metri da materiale da rilevato e per il restante spessore da materiale calcarenitico.
- ❑ Fondazione stradale
- ❑ Messa in opera terreno vegetale
- ❑ Riempimento cava esistente

Tali volumi sopra evidenziati ammontano ad una quantità di 1.430.732 in banco , pari a 1.667.027 mc allo stato smosso e sono dettagliati nella seguente tabella.

FABBISOGNO MATERIALI INERTI					
		<i>Volume (in banco)</i>		<i>Coefficiente correttivo</i>	<i>Volume (smosso)</i>
<u>Terreno vegetale</u>		88.881		1,05	106.657
<u>Rilevati</u>	0<H≤2	1.185.123	554.007	1,20	664.808
	H>2		631.116	1,15	725.783
<u>Riempimento cava esistente</u>		99.278		1,15	114.170
<u>Fondazione stradale (cassonetto)</u>		57.450		1,20	68.940
Totali		1.430.732			1.667.027

A tale necessità di materiale andrà aggiunto il fabbisogno di conglomerato bituminoso per gli strati di usura, binder, base della pavimentazione e gli inerti per il calcestruzzo.

11.2 ANALISI DELLE RISORSE

Il bilancio materie elaborato ha previsto di massimizzare il riuso di materiali provenienti dagli scavi sulla base di una attenta analisi delle caratteristiche ambientali dei terreni di scavo.

In questo modo è stato possibile:

- ❑ ridurre il ricorso a cave di prestito;
- ❑ ridurre i materiali da destinare a deposito, con indubbi vantaggi in termini economici per la corrispondente riduzione dei costi diretti; mitigare l'impatto nell'utilizzo di risorse naturali di cava, e mitigare quello conseguente alla
- ❑ movimentazione e trasporto dei materiali in corso d'opera.

11.2.1 Materiali provenienti dall'esecuzione di scavi e sbancamento

Il quadro litologico su cui si sviluppa il tracciato è relativamente poco complesso. Il substrato è infatti costituito quasi esclusivamente dai terreni afferenti alla formazione geologica della Calcarenite di Marsala, ed in particolare, alla "Facies CA1", ovvero quella più competente e con caratteristiche litotecniche migliori, come ampiamente descritto nella Relazione Geologica. Al di sopra di questo substrato, è possibile trovare uno strato di suolo il cui spessore varia in funzione all'attività svolta sul territorio.

Laddove è presente un'area coltivata, lo spessore di suolo è stato valutato, mediante saggi in sito, mediamente pari ad un metro, mentre ove il terreno si trova in condizioni naturali, lo spessore di suolo è mediamente circa 20 cm. In alcune aree è anche possibile trovare substrato calcarenitico affiorante (comunemente detto "sciare").

Peculiare è la presenza sul territorio, essenzialmente nel comune di Marsala, di numerose aree di cava. La calcarenite di Marsala, storicamente utilizzata come materiale da costruzione, è stata oggetto sin dall'antichità di una intensa attività estrattiva che, ad oggi, si esplica con la presenza di numerose cave a cielo aperto sia attive sia abbandonate, nonché da numerosi cumuli di materiale derivante dagli scarti di lavorazione, vecchi e nuovi, delle attività estrattive.

Per maggiori dettagli sul modello geologico di riferimento si rimanda alla relazione geologica (cod. elab. T00GE00GEORE01_A).

I blocchi calcarenitici estratti sono noti come "conci di tufo" e sono classificati come materiali lapidei di pregio, secondo quanto riportato anche nel "Piano dei Materiali di Cava e dei Materiali Lapidari di Pregio" redatto (settembre 2010) dal Dipartimento dell'Energia della Regione Siciliana (Allegato 1a – Individuazione e caratterizzazione delle aree di piano di primo livello – materiali lapidei di pregio).

I cumuli sono costituiti sia da "conci di tufo", blocchi lavorati di calcarenite di forma rettangolare, sia da blocchi irregolari e presentano una scarsa matrice sabbiosa giallastra derivante dalla disgregazione degli stessi blocchetti. Sono di solito situati a ridosso delle attività estrattive, sia in superficie che all'interno delle stesse cave, ed i più vecchi presentano una colorazione grigiastra per alterazione da weathering nonché, presenza di vegetazione spontanea in superficie.

Il tracciato di progetto interferirà direttamente solo con alcuni di questi cumuli, ma la quantità di tale materiale nelle immediate vicinanze dell'intervento è notevole, molto probabilmente superiore al milione di metri cubi.

Per tale motivo, sin dallo studio per il Progetto Preliminare del 2003, si è presa in considerazione la possibilità di utilizzare tali materiali per la realizzazione dei rilevati stradali. Tale ipotesi è stata poi

avvalorata dai risultati delle prove geotecniche di laboratorio per la Classificazione Stradale, UNI 10006, eseguite su alcuni campioni prelevati da questi cumuli, che hanno identificato tali materiali appartenenti al Gruppo A-1-b, dunque, assolutamente conformi per essere utilizzati come rilevati.

Ulteriori analisi granulometriche su questi materiali, finalizzate alla Classificazione delle terre (UNI 10006), sono state eseguite nell'ambito dei lavori per il "Raccordo tra la S.S. 115 ed il porto di Mazara del Vallo", nel dicembre del 2012. Anche i risultati di tali prove (Allegato 3) identificano tali materiali come appartenenti al Gruppo A-1-b, confermando, come nel 2003, l'idoneità di tali materiali al riutilizzo per la costruzione dei rilevati stradali.

La scelta di utilizzare la calcarenite di scarto delle lavorazioni di cava comporterà notevoli benefici sia dal punto di vista paesaggistico sia ambientale, nonché tecnico-economico.

Tale attività permetterà, infatti, una bonifica del territorio interessato dal nuovo tracciato, che risultano particolarmente degradate dal punto di vista paesaggistico. La ridotta distanza fra tali materiali e l'asse stradale minimizzerà inoltre le distanze di trasporto con indubbio vantaggio dal punto di vista della viabilità esistente durante le fasi di costruzione.

A maggiore supporto dell'importanza, sia economica che ambientale, del riutilizzo dei materiali di scarto delle cave, si riporta quanto esplicitato nel Piano di Gestione dei rifiuti in Sicilia (Ufficio del Commissario Delegato per l'emergenza rifiuti e per la tutela delle acque in Sicilia, 2002), in cui si parla degli scarti dell'attività estrattiva dei materiali lapidei di pregio. Nel Capitolo 14 si fa specifico riferimento al comparto marmifero di Custonaci, sempre in Provincia di Trapani, dove viene prodotto il caratteristico Perlato di Sicilia, ma, trattandosi sempre di materiali lapidei di pregio, questa linea guida può essere trasposta anche al caso delle calcarenite di Marsala.

In particolare, il Piano esorta ad *"...incrementare in modo significativo la quota di materia prima che può essere sostituita da materiale riciclato proveniente da scarti di cava. È necessario pertanto incentivare preferenzialmente questa modalità di recupero, che consente il contemporaneo risparmio di preziose risorse minerarie..."*. Tra le possibili forme di recupero si cita, esplicitamente, anche l'utilizzo per la realizzazione di rilevati e sottofondi stradali, ferroviari e aeroportuali, nonché per recuperi ambientali, fatti salvi i test geotecnic ed ambientali previsti sul materiale stesso, previsti dalla normativa vigente.

Al fine di una corretta gestione delle terre e rocce da scavo per il loro riutilizzo all'interno o all'esterno del cantiere, saranno eseguite opportune indagini di caratterizzazione ambientale con prelievo di campioni da sondaggio e pozzetto ed analisi di laboratorio.

L'eventuale conferimento in impianto di recupero/discarda del materiale di scavo, classificato come rifiuto, dovrà essere valutato ai fini della classificazione di pericolosità e sarà identificato con il relativo Codice Europeo dei Rifiuti (CER).

11.2.2 Materiali da demolizione

Questa categoria di materiali inerti risulta essere caratterizzata da elementi di diversa natura.

La possibilità di dover gestire questi materiali è legata alla demolizione, in alcuni tratti, di piccole opere stradali e di qualche manufatto o muretto di contenimento esistenti, realizzati in muratura, calcestruzzo e/o cemento armato. Pertanto nella categoria materiali da demolizioni possono rientrare varie tipologie di inerti quali ad esempio: calcestruzzo, cemento armato, ceramiche, laterizi ecc. Essi potrebbero essere inviati al recupero in procedura semplificata (D. M. del 5 aprile 2006 n. 186) oppure gestiti come rifiuti nel rispetto di quanto indicato nella parte IV del D.Lgs. 152/06. Sulla base di esperienze pregresse maturate in lavori simili i codici CER, che possono essere attribuiti a questi materiali sono i seguenti:

- 17 01 01 cemento;
- 17 01 02 mattoni;
- 17 01 03 mattonelle e ceramiche;
- 17 01 07 miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da quelle di cui alla voce 17 01 06;
- 170904 rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 170901* - 170902* e 170903*.

Inoltre In alcuni tratti del tracciato è previsto il rifacimento del manto stradale. Il fresato prodotto dalla scarifica verrà conferito in impianto di recupero/discarica per le quantità eventualmente non riutilizzate nell'ambito della formazione del nuovo bitume. Il codice che può essere attribuito a questa tipologia di rifiuto, previa verifica della pericolosità, potrà essere il CER 17 03 02 miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 17 03 01.

11.2.3 Scarti ferrosi

La produzione di materiali ferrosi deriva dalla possibile rimozione di manufatti metallici come recinzioni, cartellonistica ecc. A questi materiali, non riutilizzabili nell'ambito dello stesso intervento, possono essere attribuiti i codici CER 170405 ferro e acciaio o CER 170407 metalli misti e potranno essere destinati a recupero in idonei impianti.

11.3 BILANCIO DELLE MATERIE

Nelle seguenti Tabelle è stata riportata in modo sintetico la stima dei volumi degli scavi, degli approvvigionamenti e le modalità di utilizzo. Il bilancio materie, effettuato solo sui materiali naturali, ha tenuto anche conto dell'effetto del rigonfiamento e della compattazione del terreno in seguito alle lavorazioni, pertanto è stato applicato un coefficiente correttivo, per tener conto sia del rigonfiamento per effetto dello scavo sia della compattazione per la messa in opera, pari a 1,05 per le terre, 1,15 per la calcarenite e 1,2 per il misto granulare della fondazione stradale e per il materiale da rilevato.

	Scavo (volume in banco)	Volume in riferimento alla tipologia di materiale scavato	Materiale scavato	Coefficiente correttivo	Scavo (smosso)
Scotico (asse principale e viabilità secondaria)	80.350	80.350	terreno	1,05	84.368
Bonifica (asse principale e viabilità secondaria)	292.522	292.522	Terreno + Calcarenite alterata	1,05	307.148
Sterro	196.271	68.695	calcarenite	1,15	78.999
		127.576	terreno	1,05	133.955
Vasche	111.429	83.572	calcarenite	1,15	96.108
		27.857	terreno	1,05	29.250
Cumuli	77.087		calcarenite	1,15	88.650
Tombini	27.026	20.270	calcarenite	1,15	23.310
		6.757	terreno	1,05	7.094
Pali e micropali	15.000	15.000	sabbie	1.15	17.250
Totali	799.685				859.037

Tabella 9 - Riepilogo delle quantità di materiale escavato

La stima del volume totale di materiale movimentato dagli scavi è di circa 799.685 m³ (in banco) e circa 859.037 m³ allo stato smosso, di cui circa 249.624 m³ (in banco), pari a 287.068 m³ (smosso), costituiti da materiale calcarenitico.

STIMA DEI VOLUMI DEI FABBISOGNI		QUANTITÀ (m ³ BANCO)		COEFFICIENTE CORRETTIVO	QUANTITÀ (m ³ SMOSSO)
TERRENO VEGETALE		88.881		1,05	93.325
MISTO GRANULARE STABILIZZATO		57.450		1,2	68.940
RILEVATO	0 < H ≤ 2	1.185.123	554.007	1,2	664.808
	H > 2		631.116	1.15	725.783
CAVA		99.278		1,15	114.170
TOTALE		1.430.732			1.667.026

Tabella 10 - Riepilogo delle quantità dei fabbisogni

Il fabbisogno dei materiali naturali complessivo è stimato in circa 1.430.732 m³ in banco pari a 1.667.026 m³ smossi.

Parlando in termini di volumi smossi, il fabbisogno relativo al terreno vegetale, 93.325 m³, verrà soddisfatto mediante il riutilizzo delle terre provenienti dallo scotico, 84.368 m³, e parte degli scavi della

bonifica, 8.957 m³; il restante volume proveniente dalla bonifica 298.191 m³, così pure 133.955 m³ e i 28.412 m³ provenienti rispettivamente dal materiale non calcarenitico degli scavi per le vasche di raccolta di piattaforma e degli sterri, potranno essere utilizzati per eventuali rimodellamenti o conferiti a discarica e/o sito di deposito.

Il misto granulare stabilizzato necessario per la fondazione stradale, 68.940 m³, verrà soddisfatto da cava. Per quanto concerne i rilevati stradali, sebbene le indagini di laboratorio abbiano indicato il materiale calcarenitico come idoneo alla loro costituzione, si è ritenuto opportuno, in questa fase progettuale, adottare un approccio cautelativo prevedendo sezioni miste, costituite sia da materiale per rilevato che da materiale calcarenitico secondo lo schema seguente:

- Rilevati fino a 2 m di altezza interamente costituiti da materiale per rilevato;
- Rilevati superiori ai 2 m di altezza, costituiti per i primi 2 m da materiale da rilevato e per il restante spessore da materiale calcarenitico.

Il volume complessivo necessario alla formazione dei rilevati è pari a 1.390.592 m³, di cui 554.007 m³ (rilevato con altezza fino a 2 m) verranno soddisfatti con l'acquisto di materiale da cava, mentre i restanti 631.116 m³ possono essere costituiti da materiale calcarenitico di risulta.

Attualmente però la disponibilità di materiale di natura calcarenitica disponibile direttamente in cantiere è pari a 259.375 m³ e quindi non sufficiente a coprire il fabbisogno. Sarà dunque necessario provvedere a colmare i restanti 371.741 m³ con l'acquisto di materiale da cava.

Anche il volume necessario a riempire la cava interferente con il tracciato posta alla progressiva 7000 circa, 99.278 m³, dovrà essere acquistato, sebbene anch'esso possa essere costituito da materiale calcarenitico.

Complessivamente, dunque, su un volume complessivo di scavo pari a 813.257 m³, circa 352.700 m³ verranno riutilizzati in cantiere, mentre i restanti 460.558 m³ dovranno essere conferiti a discarica e/o sito di deposito.

Per quanto concerne i fabbisogni, invece, su un totale di circa 1.667.026 m³, 352.700 m³ saranno soddisfatti da materiale proveniente dal cantiere, mentre 1.314.326 m³ saranno soddisfatti, in questa fase progettuale, interamente con l'acquisto da cava.

Come già ampiamente descritto nel capitolo 4, il volume del materiale di risulta delle lavorazioni della calcarenite, presente nelle aree limitrofe al tracciato di progetto, sia a piano campagna che all'interno delle cave, potrebbe coprire tutto il fabbisogno di questo lotto.

Si ritiene opportuno, nelle successive fasi progettuali, intraprendere un percorso di condivisione con gli enti locali che stabilisca gli aspetti tecnico-procedurali per il più ampio riutilizzo di questa risorsa presente sul territorio che eviti o riduca allo stretto indispensabile il ricorso a materiali non rinnovabili.

12 INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO -AMBIENTALE

12.1 ASPETTI GENERALI

Dopo aver analizzato la struttura del paesaggio, in stretta relazione con la presenza delle comunità vegetazionali presenti sul territorio e le interferenze prodotte su di esse dal progetto in esame, sono stati individuati una serie di interventi atti ad eliminare o ridurre le interferenze suddette.

La matrice che caratterizza l'ecomosaico in cui si colloca l'ambito di intervento e il territorio circostante ha un'evidente connotazione antropica. Ciò riguarda anche gli ambiti naturali o meglio ancora l'origine delle formazioni vegetazionali presenti in tali ambiti che complessivamente hanno una natura secondaria. Ciò emerge chiaramente prendendo in considerazione e comparando la vegetazione potenziale (la vegetazione ipotizzata sulla base delle conoscenze geomorfologiche e climatiche di un territorio e che rappresenta la vegetazione che si sarebbe evoluta nello stesso ambiente in assenza del disturbo provocato dall'uomo direttamente o indirettamente) con quella reale (la vegetazione che realmente insiste nel territorio esaminato).

Gli interventi di inserimento paesaggistico-ambientale hanno come obiettivo quello di realizzare un sistema di interventi a verde che si integrano con il paesaggio naturale presente, riducendo le interferenze dell'opera sulle condizioni ambientali attuali.

Le linee guida del progetto d'inserimento paesistico-ambientale si basano su interventi di recupero in coerenza con il paesaggio vegetale circostante e con le dinamiche di colonizzazione del ciclo evolutivo della vegetazione, in modo da individuare le specie più adatte e in grado di adattarsi meglio alle condizioni climatiche e pedologiche del luogo.

Gli interventi individuati per le mitigazioni ambientali hanno come obiettivo principale quello di proporre opere atte a garantire il corretto inserimento del progetto in esame nel contesto ambientale preesistente, ricostituendo e riqualificando la vegetazione e gli habitat presenti nell'intorno dell'opera.

Nella definizione degli interventi da adottare si è tenuto conto della compagine naturalistica esistente e delle presenze antropiche. Il filo conduttore degli interventi di inserimento ambientale è rappresentato dalle opere a verde che svolgono complessivamente varie funzioni: la ricucitura con le formazioni vegetali di tipo naturale esistente, la riqualificazione ecologico-funzionale delle aree di intervento e l'inserimento ambientale dell'opera.

L'obiettivo perseguito nella progettazione degli interventi è quello di intervenire innescando processi evolutivi naturali che nel tempo divengano autonomi, valorizzando le potenzialità del sistema naturale stesso, agevolato da azioni tendenti a superare la fase di recupero iniziale, solitamente più lenta e complessa.

In questo senso gli interventi proposti favoriscono il recupero della flora e della fauna o meglio ancora delle fitocenosi e zoocenosi autoctone, ai fini del mantenimento di un equilibrio il più possibile prossimo a quello naturale.

Partendo da queste brevi considerazioni, gli elementi essenziali presi in considerazione per l'area in questione, sono sostanzialmente rappresentati dall'interpretazione e la definizione delle caratteristiche ambientali del territorio analizzato (prevalentemente i caratteri bioclimatici e geomorfologici) e dall'analisi del paesaggio vegetale esistente.

Il criterio di utilizzare specie autoctone, tipiche della vegetazione potenziale delle aree interessate dal progetto, è ormai ampiamente adottato nelle opere di ripristino e mitigazione ambientale.

La scelta delle specie da impiantare è stata fatta in base alle caratteristiche bio-ecologiche delle specie, a quelle fisionomico-strutturali in relazione alla funzione richiesta (consolidamento, schermo visivo, ricostruzione ecosistemica, ecc.) e al tipo e allo stadio della cenosi che si intende reimpiantare. In ultima analisi, la scelta viene operata quindi in base alle forme biologiche e ai corotipi delle specie, poiché solamente dall'integrazione tra queste componenti (caratteristiche biotecniche, forme biologiche, corotipi) la scelta delle specie può essere indirizzata verso una equilibrata proporzione tra le specie erbacee, arboree, arbustive ed eventualmente rampicanti.

Si riporta di seguito l'elenco delle specie utilizzate per gli impianti, riferibili alla macchia mediterranea:

- *Cistus incanus*
- *Cistus salvifolius*
- *Teucrium fruticans*
- *Rhamnus oleoides*
- *Pistacia lentiscus*
- *Rhamnus alaternus*
- *Phyllirea angustifolia*
- *Quercus ilex*
- *Phragmites australis*

12.2 CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE

Le misure di inserimento ambientale dell'infrastruttura sono state definite in relazione alle diverse tipologie del progetto stradale. Gli interventi sono previsti all'interno di un'area definibile come "area di occupazione", che in alcuni casi sono state estese laddove si è ravvisata la necessità di operare ulteriori interventi tesi al riequilibrio ambientale o che necessitano di particolari adeguamenti. Il dimensionamento

delle aree di intervento è stato stabilito in relazione alla destinazione dei suoli direttamente connessi alle aree di lavorazione.

Di seguito è riportato uno schema esplicativo degli interventi di mitigazione vegetazionale e gli ambiti di interventi nei quali sono suggeriti:

Macrointerventi	Interventi	Opere a verde
I1 Scarpate dei rilevati	M1	a - inerbimento con Idrosemina
	M2	a - inerbimento con Idrosemina
		b – Cenosi arbustive di tipo "Basso" sulle scarpate dei rilevati
	M3	a - inerbimento con Idrosemina
		b – cenosi arbustive di tipo "Basso" sulle scarpate dei rilevati
c – cenosi arbustive di tipo "Alto" sulle scarpate dei rilevati		
I2 Scarpate delle trincee	M4	a - inerbimento con Idrosemina
I3 Aree intercluse	M7	a bis – Inerbimento a spaglio
	M8	f - cenosi arbustive di tipo "Basso" nelle aree intercluse
I5 Continuità ecologica dei corsi d'acqua	M9	i - fragmiteto

Tabella 12-1 Schema esplicativo degli interventi di mitigazione vegetazionale

Inerbimento delle scarpate di rilevato e di trincea. L'inerbimento delle scarpate dei rilevati e delle trincee è previsto fin ad un massimo di 2m dal ciglio stradale. Tale misura si rende necessaria al fine di limitare i fenomeni di erosione superficiale, di migliorare l'inserimento delle nuove superfici nel paesaggio e nell'ambiente e di ridurre il rischio di proliferazione di specie infestanti.

Creazione cenosi arbustive sulle scarpate dei rilevati "bassi". L'intervento è previsto in corrispondenza delle scarpate dei rilevati oltre ai 2 m dal ciglio stradale in cui è previsto l'inerbimento e fino ad un massimo di ulteriori 4 m. Tale intervento riveste importanza soprattutto nei tratti in cui il tracciato attraversa ambiti per l'area in esame di una certa valenza ambientale.

L'impianto di formazioni di tipo naturale e l'inerbimento di tali aree evita il diffondersi di specie vegetali infestanti che tendono ad insediarsi in corrispondenza dei nuovi spazi a disposizione, contribuisce alla mitigazione di altri impatti (rumore ed inquinamento da polveri e chimico) e all'inserimento dell'opera nel contesto naturale esistente, e nel complesso determina la costituzione di una sorta di nuovi corridoi ecologici lungo l'asse stradale.

Creazione cenosi arbustive sulle scarpate dei rilevati "alti". L'intervento, per il quale valgono le considerazioni effettuate per l'intervento precedente, è previsto per le scarpate dei rilevati oltre i 6 m dal ciglio stradale.

Inerbimento per le aree intercluse. Come nel caso delle scarpate di rilevato e di trincea per le aree intercluse di modeste dimensioni si prevede un inerbimento, ma a differenza del caso precedente mediante una tipologia di semina a spaglio.

Creazione di un fragmiteto in corrispondenza del fiume Sossio. L'intervento prevede la costituzione di fitocenosi a carattere igrofilo in prossimità del corso del Sossio, intercettato dal tracciato ed in cui è prevista la realizzazione di un nuovo viadotto, lavori che causeranno alterazione parziali o totale della vegetazione riparia esistente, seppure esigua.

Esso ha lo scopo di ispessire la fascia di vegetazione riparia interessata da alterazioni determinate dal progetto. Ciò allo scopo di conservare per quanto possibile l'integrità e la funzionalità dell'habitat ripario anche in qualità di corridoio ecologico, realizzando cenosi ecologicamente funzionali e strutturate, in successione dinamica con quelle esistenti. Mediante la realizzazione di questa mitigazione si cercherà di creare sistemi ecologicamente funzionali in grado di assolvere il ruolo di stepping-stones per la fauna e di completare la funzione di corridoio ecologico del corso d'acqua.

12.3 BARRIERE ANTIRUMORE

Le analisi acustiche mediante software di simulazione hanno definito il dimensionamento degli interventi di mitigazione acustica che riguardano l'installazione di barriere antirumore lungo tutto il percorso stradale studiato. L'inserimento di barriere acusticamente isolanti lungo il tracciato in esame ha permesso di ridurre il numero di ricettori impattati.

Le schermature sono previste con modalità di realizzazione integrata in ragione della disposizione rispetto ai dispositivi di ritenuta. Cioè, al fine di scongiurare qualsiasi interazione tra il sistema veicolo/barriera ed eventuali ostacoli non cedibili, come ad esempio una barriera antirumore, è necessario che questi siano collocati oltre ad una distanza minima funzione della tipologia del sistema di ritenuta.

Le barriere antirumore previste avranno altezza pari a 3,0 m e saranno di tipologia integrata. Le prestazioni acustiche e caratteristiche della barriera integrata prevista sono le seguenti:

- categoria assorbimento acustico A3
- categoria isolamento acustico B3
- materiale: pannelli in acciaio zincati e verniciati.

Nella tabella seguente si riporta il dettaglio degli interventi progettati con identificativo, lunghezza, altezza e posizione rispetto alla chilometrica stradale.

BARRIERA	INTERVENTO ELEMENTARE	TIPOLOGICO	LUNGHEZZA	ALTEZZA	PK INIZIO	PK FINE
			(m)	(m)		
BA01-MAR	BA01a-MAR	Integrata	54,0	3	0+92	0+155
BA02-MAR	BA02a-MAR	Integrata	165,0	5	0+386	0+550
BA03-MAR	BA03a-MAR	Integrata	50,0	4	0+500	0+550
BA04-MAR	BA04a-MAR	Integrata	65,0	3	6+096	6+161
BA01-MAZ	BA01a-MAZ	Integrata	90,0	4	13+615	13+705
BA02-MAZ	BA02a-MAZ	Integrata	54,0	4	13+835	13+873
BA03-MAZ	BA03a-MAZ	Integrata	71,0	4	14+978	15+050
BA04-MAZ	BA04a-MAZ	Integrata	75,0	3	15+835	15+872
BA04-MAZ	BA05a-MAZ	Integrata	106,0	4	16+520	16+627

Tabella 12-2 – Dimensionamento degli interventi di mitigazione acustica.

Dopo l’inserimento degli interventi di mitigazione acustica, dei 16 edifici che presentavano un livello acustico superiore ai limiti normativi, sono stati mitigati i 10 edifici a destinazione d’uso residenziale. I restanti ricettori a destinazione d’uso sensibile, in particolare ospedale, necessita di ulteriori valutazione acustiche.

Di seguito si riportano i valori di simulazione acustica sui ricettori sensibili oggetto di intervento che non rientrano nei limiti normativi, confrontando i valori risultanti in post mitigazione rispetto allo stato post operam.

N° Ricett ore	Comune	Dest. d’uso	Limiti acustici [dB(A)]	Limiti acustici [dB(A)]	Valori di simulazione Post Operam[dB(A)]				Valori di simulazione Post Mitigazione [dB(A)]			
			D	N	D	N	Sup. D	Sup. N	D	N	Sup. D	Sup. N
334	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	46,6	43,0	-	6,0	45,7	42,1	-	5,1
352	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	45,9	42,4	-	5,4	43,5	39,9	-	2,9
354	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	49,7	45,9	2,7	8,9	47,9	44,2	0,9	7,2
366	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	45,0	42,0	-	5,0	45,0	42,0	-	5,0
367	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	51,7	46,5	4,7	9,5	50,3	45,0	3,3	8,0
368	Marsala	Ospedale e casa di cura	47	37	47,9	44,9	0,9	7,9	46,9	43,8	-	6,8

Tabella 12-3 – Sintesi dei valori di simulazione sui ricettori sensibili fuori limite nello scenario post mitigazione.

Gli interventi di mitigazione, in generale, consentono un deciso miglioramento del clima acustico.

In particolare, l’inserimento di barriere antirumore determina una notevole riduzione del livello di rumore in facciata sui ricettori sensibili tra la fase post operam e post mitigazione, come mostrato nella tabella precedente.

Ciò nondimeno permangono situazioni di impatto residuo in facciata che determina la valutazione di interventi diretti.

Per questo scenario sono state elaborate anche le mappe acustiche ad altezza 4 m dal suolo per i periodi diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00).

VALUTAZIONE DEI LIVELLI ALL'INTERNO DEI FABBRICATI

La verifica dell'efficacia acustica degli interventi di mitigazione riguarda anche gli interventi diretti al ricettore.

Nella presente progettazione, nonostante l'applicazione di interventi di mitigazione, risulta permanere il superamento in facciata del ricettore a destinazione d'uso sensibile, in particolare, ospedale.

Il D.P.R. n. 142/04 al comma 2 definisce: "2. Qualora i valori limite per le infrastrutture di cui al comma 1, ed i valori limite al di fuori della fascia di pertinenza, stabiliti nella tabella C del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- a) 35 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- b) 40 dB(A) Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;
- c) 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

Inoltre, al comma 3 dello stesso decreto indica che questi valori devono essere valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 m dal pavimento.

Sulla base di misure analoghe si stima che l'isolamento acustico di facciata minimo sia pari a 20,0 dB per un generico edificio con basse prestazioni acustiche.

Di conseguenza, considerando un abbattimento tra esterno e interno edificio pari a 20,0 dB, dal confronto con il valore residuo del risultato della simulazione sulla facciata del ricettore rispetto al limite acustico interno secondo il D.P.R. n. 142/04, è possibile stimare o meno la necessità di ulteriori indagini per la realizzazione di interventi diretti sui ricettori.

Di conseguenza, per il ricettore con impatto residuo si ha:

N° Ricettore	Dest. d'uso	Valore di simulazione Diurno [dB(A)]	Valore di simulazione Notturno [dB(A)]	Isol. acustico facciata	Diff. Val. Simulazione e isol. Acustico facciata Diurno [dB(A)]	Diff. Val. Simulazione e isol. Acustico facciata Notturno [dB(A)]	Valore Limite interno	Interv. diretto
				[dB(A)]			D.P.R. n. 142/04	
							[dB(A)]	
334	Ospedale e casa di cura	45,7	42,1	20	25,7	22,1	35	NO
352	Ospedale e casa di cura	43,5	39,9	20	23,5	19,9	35	NO

N° Ricettore	Dest. d'uso	Valore di simulazione Diurno [dB(A)]	Valore di simulazione Notturno [dB(A)]	Isol. acustico facciata	Diff. Val. Simulazione e isol. Acustico facciata Diurno [dB(A)]	Diff. Val. Simulazione e isol. Acustico facciata Notturno [dB(A)]	Valore Limite interno	Interv. diretto
				[dB(A)]			D.P.R. n. 142/04	
							[dB(A)]	
354	Ospedale e casa di cura	47,9	44,2	20	27,9	22,2	35	NO
366	Ospedale e casa di cura	45,0	42,0	20	25,0	22,0	35	NO
367	Ospedale e casa di cura	50,3	45,0	20	30,3	25,0	35	NO
368	Ospedale e casa di cura	46,9	43,8	20	26,9	23,8	35	NO

Tabella 12-4 – Valutazione intervento diretto ricettori sensibili fuori limite.

Come riportato nella precedente tabella, emerge che il ricettore che presenta un impatto residuo in facciata, non necessita di ulteriori interventi di mitigazione.

Sarà comunque necessario prevedere di eseguire, con l'insediamento di progetto in esercizio, misure acustiche all'interno dell'edificio a finestre chiuse, per la valutazione di eventuali interventi di mitigazione diretta sul recettore che risultano oltre i limiti previsti in facciata.

Infatti, come indicato all'Articolo 6 "Interventi per il rispetto dei limiti" comma 4 del sopra citato D.P.R. n. 142/04: *"per i recettori inclusi nella fascia di pertinenza acustica [...], devono essere individuate ed adottate opere di mitigazione sulla sorgente, lungo la via di propagazione del rumore e direttamente sul ricettore, per ridurre l'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura, con l'adozione delle migliori tecnologie disponibili, tenuto conto delle implicazioni di carattere tecnico-economico"*.

Nelle criticità riscontrate si ritiene che il rispetto dei limiti tramite ulteriori interventi sulla sorgente e lungo la via di propagazione, considerando anche la conformazione del territorio, non sia tecnicamente conseguibile/economicamente ragionevole.

13 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il Piano di Monitoraggio Ambientale implementato persegue i seguenti obiettivi generali:

- verificare la conformità alle previsioni di impatto ambientale individuate nel SIA e negli Studi Monografici Rumore, Vibrazioni e Atmosfera per le fasi di costruzione e di esercizio;
- correlare gli stati ante operam, in corso d'opera e post operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione ambientale;
- garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale, al fine di rilevare per tempo eventuali situazioni critiche e di predisporre ed attuare tempestivamente le necessarie azioni correttive;
- verificare l'efficacia delle misure di mitigazione adottate al fine di poter intervenire nella risoluzione di impatti residui;
- fornire gli elementi di verifica necessari per la corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio.

I criteri che hanno condotto alla stesura del PMA hanno seguito i passi procedurali indicati dalle Linee Guida del Ministero dell'Ambiente (aggiornamento pubblicato nel 2018) e, in particolare, sono riassumibili in:

- analisi degli interventi previsti;
- individuazione dei principali aspetti ambientali;
- fase ricognitiva dei dati preesistenti;
- definizione dei riferimenti normativi e bibliografici: sia per la definizione delle metodiche di monitoraggio sia per la determinazione dei valori di riferimento, rispetto ai quali effettuare le valutazioni ambientali;
- scelta delle componenti ambientali;
- scelta delle aree da monitorare: dedotte a seguito di un attento esame della sensibilità alle azioni previste;
- programmazione delle attività.

Nel PMA sono state affrontate le seguenti tematiche:

- Quadro normativo di riferimento;
- Descrizione del progetto;
- Articolazione del Piano di Monitoraggio Ambientale;
- Analisi delle componenti da monitorare e metodologia di misura;
- Modalità di misura e frequenza per ogni componente.

Dalle precedenti premesse ne consegue che il Progetto di Monitoraggio redatto ha lo scopo di esaminare le eventuali variazioni perturbative che intervengono nell'ambiente durante la costruzione dell'opera o immediatamente dopo la sua entrata in esercizio, risalendone alle cause e fornendo i parametri di input al Sistema di Gestione Ambientale (SGA) per l'attuazione delle dei sistemi correttivi che meglio possano ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni sostenibili.

La conoscenza approfondita del territorio attraversato dall'infrastruttura e l'identificazione dei ricettori ambientali più sensibili alle varie fasi di lavoro sono stati la base per l'impostazione metodologica del Piano e conseguentemente per l'ubicazione delle stazioni di monitoraggio e per la definizione della frequenza e del numero delle campagne di misura.

Tra i concetti principali che hanno governato la stesura del presente PMA vi è quello della flessibilità in quanto la complessità delle opere e del territorio interessato nonché il naturale sviluppo dei fenomeni ambientali non permettono di gestire un monitoraggio ambientale con strumenti rigidi e statici. La possibilità di adeguare lo sviluppo delle attività di monitoraggio con quello delle attività di cantiere e dei fenomeni che si verranno a verificare è un aspetto caratteristico del PMA e, ancora di più, dell'organizzazione della struttura operativa che dovrà gestire ed eseguire le indicazioni in esso contenute.

Il PMA, per come è stato previsto, potrà quindi essere adeguato in funzione di varie eventualità che potrebbero verificarsi e che si possono così riassumere:

- evoluzione dei fenomeni monitorati;
- rilievo di fenomeni imprevisti;
- segnalazione di eventi inattesi (Non Conformità);
- verifica dell'efficienza di eventuali opere / interventi di minimizzazione / mitigazione di eventuali impatti.

Naturalmente, l'elenco sopra riportato non esaurisce le motivazioni che possono indurre variazioni nel contenuto del Piano ma sono indicative della volontà di predisporre un documento di lavoro flessibile ed operativo.

13.1 IDENTIFICAZIONE DELLE COMPONENTI AMBIENTALI DA MONITORARE

Un aspetto importante nella predisposizione di un Piano di Monitoraggio Ambientale consiste nell'identificazione delle componenti e degli indicatori ambientali più appropriati per descrivere compiutamente ed efficacemente gli effetti sul territorio delle attività di cantiere.

Tale analisi deve fare riferimento a due aspetti principali:

- le tipologie delle opere e delle attività di costruzione delle stesse;
- la situazione territoriale ed ambientale presente nell'area di intervento.

In tale quadro di riferimento è stata operata una scelta che ha portato a concentrare l'attenzione delle attività di monitoraggio su quelle componenti e su quegli indicatori ambientali che, anche alla luce delle risultanze della documentazione di carattere ambientale e agli studi pregressi per l'intero lotto sono da ritenersi tra quelle maggiormente impattate dalle attività di progetto.

Si è quindi tenuto conto della presenza di:

- ricettori sensibili;
- aree sensibili nel contesto ambientale e territoriale attraversato;
- punti e aree rappresentative delle aree potenzialmente interferite in CO e PO.

Nell'ubicazione esatta delle stazioni si tiene conto della presenza di altre stazioni di monitoraggio afferenti a reti di monitoraggio pubbliche/private che permettano un'efficace correlazione dei dati.

Alla luce del contesto territoriale attraversato e della tipologia di lavorazioni da effettuare per la costruzione dell'infrastruttura stradale in oggetto, le componenti ed i fattori ambientali che si ritiene significativo monitorare sono:

- Qualità dell'aria - in corrispondenza di aree critiche o sensibili, e consente la verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione e delle misure di controllo preventive della dispersione delle polveri aerodisperse;
- Rumore - garantisce l'adeguata conoscenza e il controllo del clima acustico e delle potenziali variazioni indotte dalla realizzazione delle lavorazioni. Il monitoraggio si pone l'obiettivo di valutare l'evoluzione della prestazione di abbattimento del rumore;
- Vibrazioni- controllare il disturbo provocato dalle vibrazioni prodotte nella fase costruttiva sugli edifici più esposti;
- Acque superficiali - controlla la qualità delle acque superficiali che in qualche maniera possono essere interferite o interferire con le lavorazioni, vengono inoltre analizzati per i corsi principali interferiti i fattori biotici e abiotici presenti nell'ecosistema acquatico ed in quello terrestre afferente;
- Acque sotterranee - controlla la qualità delle acque di falda che possono essere interferite con le lavorazioni;
- Suolo – inteso sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame ed anche come risorsa non rinnovabile;
- Vegetazione – verifica gli effetti delle attività sulla vegetazione esistente e controllo dell'evoluzione degli espianti/trapianti previsti dagli interventi di inserimento ambientale del progetto;
- Fauna – verifica gli effetti delle attività sulla fauna esistente;

- Paesaggio – seleziona le aree che per entità e tipologia comportano maggiore rischio di alterazione dell'integrità e della qualità del paesaggio e gli ambiti ritenuti sensibili sul piano della percezione visiva significativi per effettuare valutazioni sulle trasformazioni indotte dall'opera.

13.2 ARTICOLAZIONE TEMPORALE

Il presente PMA si articola secondo le seguenti Fasi temporali:

- Monitoraggio Ante - Operam (AO), che si conclude prima dell'inizio di attività interferenti con la componente ambientale;
- Monitoraggio in Corso d'Opera (CO), che comprende tutto il periodo di realizzazione, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento e al ripristino dei siti;
- Monitoraggio Post - Operam (PO), comprendente le fasi di pre-esercizio ed esercizio.

Le finalità di ciascuna di esse sono così distinte:

A) Monitoraggio AO:

- definisce le caratteristiche dell'ambiente relative a ciascuna componente naturale ed antropica, esistenti prima dell'inizio delle attività;
- fungere da base per la previsione delle variazioni che potranno intervenire durante la costruzione, proponendo le eventuali contromisure. Tali dati dovranno essere rappresentativi delle diverse stagionalità;
- costituire, per quanto possibile, il livello iniziale di riferimento cui rapportare gli esiti delle campagne di misura effettuate in CO.

Per il MAO sono previsti 12 mesi di monitoraggio.

B) Monitoraggio CO:

- analizza l'evoluzione di quegli indicatori ambientali, rilevati nello stato iniziale (Ante Operam), rappresentativi di fenomeni soggetti a modifiche indotte dalla realizzazione dell'Opera, direttamente o indirettamente (es.: allestimento del cantiere);
- controlla situazioni specifiche, al fine di adeguare la conduzione dei lavori a particolari esigenze ambientali;
- identifica le criticità ambientali, non individuate nella fase AO, affinché sia possibile intervenire nei modi e nelle forme più opportune, con azioni correttive e mitigative, per evitare che si producano eventi irreversibili e gravemente compromissivi della qualità dell'ambiente.

Il MCO si svolgerà durante tutta la durata della fase di costruzione e fino alla conclusione delle relative attività. Il cronoprogramma lavori indica una durata del cantiere di 3 anni.

C) Monitoraggio PO

- ha la finalità di verificare nel primo periodo d'esercizio, a nuovo assetto infrastrutturale, che le eventuali alterazioni temporanee intervenute durante la costruzione, rientrino nei valori normali e che le eventuali modificazioni permanenti siano compatibili e coerenti con l'ambiente preesistente, nonché di verificare l'efficacia, sul piano ambientale degli interventi di mitigazione realizzati;
- verifica le ricadute ambientali positive, a seguito dell'aumento di servizio del trasporto pubblico.

Per il MPO sono previsti 12 mesi di monitoraggio.

La struttura con cui sono modulate le proposte d'attuazione dei rilevamenti per le singole componenti ambientali è impostata tenendo in considerazione principalmente l'obiettivo di adottare un PMA il flessibile e ridefinibile in corso d'opera, in grado di soddisfare le esigenze di approfondimenti in itinere, non definibili a priori, stante la durata e la complessità del progetto in programma e la complessa articolazione temporale delle diverse opere e delle relative attività di cantiere.

In particolare, ciò implica che la frequenza e la localizzazione effettiva dei punti di rilevamento potranno essere rimodulate in funzione delle esigenze riscontrate in fase di cantiere.

Laddove dovessero rilevarsi situazioni di non conformità normativa dei livelli di impatto ambientale rilevati, si provvederà a darne pronta comunicazione alla Direzione Lavori e alla Committenza in modo da poter provvedere all'eventuale integrazione degli interventi di mitigazione (interventi diretti e/o indiretti).

13.3 SINTESI DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Di seguito si riporta la sintesi del PMA per ciascuna fase progettuale.

Tabella 13-1. Sintesi del programma di monitoraggio per la fase ante operam

Componente ambientale	Tipologia di indagine	Numero punti e/o prelievi	Frequenza prelievo	Durata complessiva del monitoraggio	N complessivo
Atmosfera	Monitoraggio in continuo di durata pari a 30 giorni	3	semestrale	1 anno	2
	Monitoraggio in continuo di durata pari a 14 giorni	-	-	-	-
Rumore	Misura settimanale	4	semestrale	1 anno	2
	Misura di 24 ore	-	-	-	-

RELAZIONE GENERALE

Acque superficiali	Misure di portata e analisi di parametri chimico-fisici in situ	2	trimestrale	1 anno	8
	Analisi chimiche di laboratorio	2	trimestrale	1 anno	8
	Parametri definiti dalla tab. 3 All.5 parte III del D.Lgs 152/06	-	-	-	-
Acque sotterranee	Rilevamento della profondità del livello di falda	2	trimestrale	1 anno	8
	Rilievo dei parametri chimico-fisici in situ	2	trimestrale	1 anno	8
	Analisi chimiche di laboratorio	2	trimestrale	1 anno	8
	Allestimento piezometri	2	/	/	2
Suolo e sottosuolo	Analisi parametri agronomici, pedologici	2	1 volta	1 anno	2
	Analisi chimico-fisiche	2	1 volta	1 anno	4
Vegetazione, flora, fauna, ecosistemi	A - Mosaici di fitocenosi direttamente consumati dalle attività di cantiere e di lavorazione	7	trimestrale	1 anno	28
	B - Monitoraggio dello stato fitosanitario di singoli individui vegetali di pregio nell'intorno delle aree di cantiere e di lavorazione	7	trimestrale	1 anno	28
	C - Analisi floristica per fasce campione	7	trimestrale	1 anno	28
	D - Analisi delle comunità vegetali	7	trimestrale	1 anno	28
	Fauna mobile terrestre	7	trimestrale	1 anno	28
	Comunità ornitiche	7	trimestrale	1 anno	28
Paesaggio	Rilievo aerofotogrammetrico	6	semestrale	1 anno	12
	Rilievo a terra con punti di ripresa fotografici	6	semestrale	1 anno	12

Tabella 13-2 Sintesi del programma di monitoraggio per la fase corso d'opera

Componente ambientale	Tipologia di indagine	Numero punti e/o prelievi	Frequenza prelievo	Durata complessiva del monitoraggio*	N complessivo
Atmosfera	Monitoraggio in continuo di durata pari a 30 giorni	-	-	-	-
	Monitoraggio in continuo di durata pari a 14 giorni	3	Trimestrale	16 mesi	5
Rumore	Misura settimanale	-	-	-	-
	Misura di 24 ore	4	Trimestrale	16 mesi	5
Acque superficiali	Misure di portata e analisi di parametri chimico-fisici in situ	2	trimestrale	210 gg	6
	Analisi chimiche di laboratorio	2	trimestrale	210 gg	6
	Parametri definiti dalla tab. 3 All.5 parte III del D.Lgs 152/06	-	-	-	-
Acque sotterranee	Rilevamento della profondità del livello di falda	2	trimestrale	210 gg	6
	Rilievo dei parametri chimico-fisici in situ	2	trimestrale	210 gg	6
	Analisi chimiche di laboratorio	2	trimestrale	210 gg	6
	Allestimento piezometri	-	-	-	-
Suolo e sottosuolo	Analisi parametri agronomici, pedologici	-	-	-	-
	Analisi chimico-fisiche	-	-	-	-
Vegetazione, flora, fauna, ecosistemi	A - Mosaici di fitocenosi direttamente consumati dalle attività di cantiere e di lavorazione	7	trimestrale	3 anni	84
	B - Monitoraggio dello stato fitosanitario di singoli individui vegetali di pregio nell'intorno delle aree di cantiere e di lavorazione	7	trimestrale	3 anni	84
	C - Analisi floristica per fasce campione	7	trimestrale	3 anni	84
	D - Analisi delle comunità vegetali	7	trimestrale	3 anni	84
	Fauna mobile terrestre	7	trimestrale	Variabile da 58 a 400 gg	22

	Comunità ornitiche	7	trimestrale	Variabile da 58 a 400 gg	22
Paesaggio	Rilievo aerofotogrammetrico	6	semestrale	Variabile da 58 a 300 gg	11
	Rilievo a terra con punti di ripresa fotografici	6	semestrale	Variabile da 58 a 300 gg	11

(**) Per la componente Rumore e Atmosfera la durata delle lavorazioni svolte nei pressi dei punti di monitoraggio individuati è pari a 16 mesi

Tabella 13-3 Sintesi del programma di monitoraggio per la fase post operam

Componente ambientale	Tipologia di indagine	Numero punti e/o prelievi	Frequenza prelievo	Durata complessiva del monitoraggio	N complessivo
Atmosfera	Monitoraggio in continuo di durata pari a 30 giorni	3	semestrale	1 anno	2
	Monitoraggio in continuo di durata pari a 14 giorni	-	-	-	-
Rumore	Misura settimanale	4	Semestrale	1 anno	2
	Misura di 24 ore	-	-	-	-
Acque superficiali	Misure di portata e analisi di parametri chimico-fisici in situ	2	trimestrale	1 anno	8
	Analisi chimiche di laboratorio	2	trimestrale	1 anno	8
	Parametri definiti dalla tab. 3 All.5 parte III del D.Lgs 152/06	8	1 volta	-	8
Acque sotterranee	Rilevamento della profondità del livello di falda	2	trimestrale	1 anno	8
	Rilievo dei parametri chimico-fisici in situ	2	trimestrale	1 anno	8
	Analisi chimiche di laboratorio	2	trimestrale	1 anno	8
	Allestimento piezometri	-	-	-	-
Suolo e sottosuolo	Analisi parametri agronomici, pedologici	2	1 volta	-	2
	Analisi chimico-fisiche	2	1 volta	-	4

Vegetazione, flora, fauna, ecosistemi	A - Mosaici di fitocenosi direttamente consumati dalle attività di cantiere e di lavorazione	7	trimestrale	1 anno	28
	B - Monitoraggio dello stato fitosanitario di singoli individui vegetali di pregio nell'intorno delle aree di cantiere e di lavorazione	7	trimestrale	1 anno	28
	C - Analisi floristica per fasce campione	7	trimestrale	1 anno	28
	D - Analisi delle comunità vegetali	7	trimestrale	1 anno	28
	Fauna mobile terrestre	7	trimestrale	1 anno	28
	Comunità ornitiche	7	trimestrale	1 anno	28
Paesaggio	Rilievo aerofotogrammetrico	6	1 volta	1 volta	12
	Rilievo a terra con punti di ripresa fotografici	6	1 volta	1 volta	12

Le attività di monitoraggio ambientale ante e post operam sono in capo alla stazione appaltante.

L'attività, invece, di monitoraggio ambientale in corso d'opera è a carico dell'appaltatore.

14 PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO

Sulla base delle ipotesi progettuali, delle metodologie di realizzazione dell'opera e del contesto geologico e geomorfologico, si è deciso di prevedere un piano di monitoraggio geotecnico e strutturale.

Tale piano di monitoraggio si concentra sul controllo di tre ambiti principali:

- Monitoraggio dei rilevati;
- Monitoraggio della galleria artificiale;
- Monitoraggio del viadotto.

Il piano di monitoraggio geotecnico-strutturale prevede la messa in opera di strumentazione in grado di seguire l'evoluzione del comportamento statico e dinamico delle opere nel tempo.

Si prevedono quindi misure di fenomeni quali: cedimenti, rotazioni e deformazioni. Su alcune opere è prevista inoltre la misura delle caratteristiche modali (monitoraggio dinamico) al fine, tra l'altro, di confrontare le previsioni teoriche previste da progetto con il reale comportamento dinamico della struttura in esercizio.

Gli strumenti installati saranno remotizzati tramite collegamento a delle Unità di Acquisizione Dati (UAD), che avverrà o mediante cablaggio o mediante tecnologia Wi-Fi. I dati saranno poi trasmessi in continuo al server remoto dove saranno processati.

In sede di progettazione esecutiva, saranno fissate delle soglie di allerta che faranno scattare, al loro raggiungimento, due differenti procedure di gestione, a seconda che si raggiunga la soglia di attenzione (situazione a più bassa gravità) o la soglia di allarme (situazione di maggior gravità).

Le misure effettuate saranno rese disponibili mediante una piattaforma WebGIS dedicata e attiva 24h/365gg, e le cui credenziali di accesso saranno fornite ad ANAS.

La Direzione Lavori si riserva di effettuare delle misure di controllo della strumentazione installata, al fine di verificare la corretta gestione del monitoraggio geotecnico e strutturale da parte dell'impresa.

Per tale motivo, i costi del monitoraggio saranno suddivisi tra costi dei lavori e somme a disposizione della DL.

Tutte le attività di monitoraggio previste (dalle installazioni, alle centralizzazioni, alle misure), saranno eseguite in ottemperanza al "CSA - Norme Tecniche_IT.PRL.05.10 – RILIEVI, INDAGINI E MONITORAGGIO" e alle "Linee Guida ANAS sul Monitoraggio Geotecnico" in vigore.

15 ARCHEOLOGIA

Il Rischio Archeologico relativo rispetto all'opera in progetto costituisce l'effettivo rischio da considerarsi al momento dell'esecuzione dell'opera; per la sua valutazione risulta necessario considerare il grado di Rischio Archeologico assoluto dell'area che essa va ad interessare, la tipologia dell'opera stessa e le relative quote di progetto. Il progetto prevede opere di scavo (trincea, rilevato, ponte/viadotto) che andranno ad intaccare direttamente la superficie; il Rischio Archeologico Relativo, quindi, deve essere considerato pari al grado di Rischio Archeologico Assoluto delle aree che le opere andranno ad interessare, definito alto, medio o basso.

- Da 0+000.00 a 0+150.00: rischio basso
- Da 0+150.00 a 0+450.00 : rischio alto
- Da 0+450.00 a 2+075.00 : rischio basso
- Da 2+075.00 a 2+425.00: rischio medio
- Da 2+425.00 a 16+090.00: rischio basso
- Da 16+090.00 a 16+410.00: rischio alto
- Da 16+410.00 a 16+680.00: rischio basso

Nell'ambito del progetto di fattibilità tecnico economica 2020, a seguito di studio da fonti bibliografiche, d'archivio, ricognizioni autoptiche e fotointerpretazione, ANAS ha redatto specifico Studio Archeologico ai fini della Verifica Preventiva dell'Interesse Archeologico ai sensi dell'art. 25 del D.Lgs. 50/2016, allo scopo di verificare l'eventuale impatto dell'opera in progetto.

La documentazione è stata trasmessa con nota prot. n. CDG-0273335-P del 03.06.2020 richiedendo contestualmente l'avvio della procedura.

La Soprintendenza per i Beni Culturali e Ambientali di Trapani - S20.4 Sezione per i Beni Archeologici, verificati gli elaborati, ha trasmesso con nota n. 7973/4a del 26.06.2020 il parere di competenza, autorizzando il progetto e prescrivendo l'esecuzione "*...di saggi archeologici preventivi (...), anche contestualmente ad indagini geofisiche...*", in località Terrenove (sito 22).

In accordo con la Soprintendenza di competenza, durante la campagna indagini geognostiche e ambientali eseguite nel mese di febbraio 2022, con la supervisione del Funzionario archeologo responsabile del territorio in argomento, i pozzetti ricadenti in località Terrenove (da prog. 16+210 ca. a prog. 16+275 ca. dell'intervento) sono stati sottoposti a sorveglianza archeologica.

La Soprintendenza Beni Culturali e Ambientali di Trapani - S20.4 Sezione per i Beni Archeologici con nota prot. 4892 del 24.03.2022 ha confermato che "i saggi archeologici preventivi hanno avuto esito negativo".

La documentazione relativa agli esiti della sorveglianza archeologica alle indagini geognostiche e ambientali è stata trasmessa in data 12.04.2022 con nota prot. ANAS n. CDG-0235382-U.

Contestualmente, in attesa del parere finale, sono state previste nel Quadro Economico del presente Progetto Definitivo, sotto la voce "b16 Attività di sorveglianza e indagini archeologiche", adeguate Somme a Disposizione (SaD), per le attività inerenti la sorveglianza archeologica in corso d'opera ed eventuali ulteriori indagini che possono rendersi necessarie.

16 ESPROPRI

Le aree necessarie alla realizzazione dell'opera pubblica in questione ricadono nei comuni di Marsala, Petrosino e Mazara del Vallo. Le stesse verranno acquisite in via ablativa con l'istituto dell'espropriazione per Pubblica Utilità, secondo i dettami normativi del Nuovo Testo Unico di cui al D.P.R. 08/06/2001 n. 327 e s.m.i.

I beni immobili interessati dalla costruzione dell'opera nel complesso dei suoi interventi (asta principale, svincoli, deviazioni, interferenze, mitigazioni, stoccaggi, cantieri) da sottoporre a procedura espropriativa riguardano principalmente terreni in prevalenza coltivati in cui viene praticata l'attività agricola e frutticola con eccezione di alcune porzioni normate dagli strumenti urbanistici locali, che sono state sottoposte ad una valutazione dedicata.

Lo stato dei beni da espropriare è variegato, motivo per cui ai fini indennitari si è ritenuto di raggrupparli in ambiti omogenei di esproprio che presentano caratteristiche assimilabili per ubicazione e conformazione degli immobili, natura ed utilizzo dei terreni.

Nel Capo VI del titolo II del DPR 327/2001 e s.m.i. sono contenute le disposizioni specifiche per la determinazione delle indennità delle aree edificate (art. 38), per le aree inedificabili (art. 37) e per le aree non edificabili (art. 40). Da un lato, dunque, vi sono le aree edificate, ove il manufatto realizzato legittimamente ha una prevalenza in termini di determinazione dell'indennità dovuta, e dall'altro vi sono le aree inedificate, a loro volta distinte tra aree inedificabili e edificabili, per quest'ultime è stata presa in considerazione la programmazione urbanistica imposta dal territorio.

I criteri di stima dell'indennità per le fattispecie su esposte sono stati i seguenti:

TERRENI AGRICOLI

Si è preso in esame preliminarmente i più recenti atti di compravendita di terreni ricadenti nei comuni interessati alla procedura espropriativa.

I dati di mercato desunti dagli atti di compravendita sono stati affiancati a due importanti banche dati dei valori dei terreni agricoli, la banca dati del CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria) e la banca dati Exeo che è una editrice specializzata nel settore e abbastanza apprezzata.

Non si è ritenuto opportuno il riferimento ai Valori Agricoli Medi ex art. 16 L. 865/1971 non fosse altro perché le relative tabelle non sono state più pubblicate se non per alcune province.

Questi valori sono stati revisionati in funzione delle specifiche caratteristiche dei terreni espropriandi.

I FABBRICATI RURALI

La realizzazione dell'opera comporterà l'espropriazione di alcune costruzioni adibite alla residenza e/o strumentali alla coltivazione dei fondi.

Per la stima di questo tipo di beni soccorre la banca dati OMI curata dall'Agenzia del Territorio e che è sempre più utilizzata ai fini estimativi.

Quanto alle specifiche valorizzazioni, si è ritenuto congruo applicare sistematicamente i valori medi per la specifica categoria catastale.

IMPIANTI SPECIALI.

Fra i beni espropriandi figurano anche impianti speciali (distributori di carburanti) per i quali sono state determinate in maniera forfettaria l'ammontare delle somme in accantonamento per eventuali indennizzi.

TERRENI EDIFICABILI

I terreni edificabili sono stati individuati prendendo in considerazione la programmazione urbanistica dei vari comuni interessati, per questi immobili sono state fatte delle stime dedicate per ogni singolo comune tenendo conto della reale suscettibilità edificatoria del terreno.

In definitiva sono stati prodotti tre tipologie di elaborati progettuali, la prima definisce le aree da occupare a vario titolo nel suo complesso; la seconda le nuove e maggiori aree da occupare rispetto a quelle previste nel progetto definitivo; la terza le aree che ricadono al di fuori della fascia di rispetto definita nel progetto definitivo.

Le attività di esproprio non sono attività in capo all'appaltatore, in quanto attività propedeutiche all'inizio dei lavori e a cura della stazione appaltante.

17 INTERFERENZE

La progettazione ha previsto l'individuazione e il censimento delle interferenze fra il tracciato stradale in progetto e le infrastrutture di servizio esistenti

Il censimento è stato finalizzato alla determinazione delle interferenze necessitanti di risoluzione, alla conseguente ipotesi di risoluzione e alla relativa quantificazione economica.

Il lavoro di individuazione e caratterizzazione delle infrastrutture interferenti ha visto le seguenti fasi:

- Analisi della cartografia disponibile (rilievo aerofotogrammetrico scala 1:5000, scala 1:10.000 – fotopiano e foto aeree – fogli catastali);
- La consultazione di carte tematiche esistenti;
- Visite di sopralluogo;
- Individuazione dei probabili Enti proprietari e/o gestori delle infrastrutture;
- Invio comunicazione (con allegate planimetrie del tracciato in progetto) a tutti gli Enti pubblici e privati con possibili infrastrutture interessate dal tracciato;
- Interlocuzione con gli Enti interessati con ricevimento di documentazione per acquisizione ulteriori informazioni e/o maggiori dettagli;
- Restituzione grafica delle infrastrutture interferenti.

Il progetto di risoluzione interferenze prevede:

- per gli elettrodotti gestiti da E-Distribuzione le interferenze l'interramento del cavo attraverso la posa con perforazione teleguidata (HDD) oppure con posa in trincea;
- per gli impianti idrici, gestiti dal SII del Comune di Marsala, è prevista la realizzazione di nuove linee, per i tratti interferenti, mediante materiali ed apparecchiature uguali a quelle attualmente in opera;
- nell'area antistante l'ospedale di Marsala è rilevata una diffusa presenza di linee aeree e di Pali di pubblica illuminazione con rete di alimentazione probabilmente interrata e per le linee gestite dalla società TELECOM ITALIA S.p.A., si prevede lo spostamento dei pali ed il rifacimento della rete interrata;
- per gli impianti gestiti dalla società SNAM RETE GAS S.p.A., è previsto il rivestimento dei tratti di condotta interferenti mediante controtubo in acciaio inox di adeguato diametro.
- per il gasdotto ex Siciliana Gas S.p.A. (\varnothing 7") l'interferenza si manifesta nel tratto di raccordo con l'ospedale di Marsala e la risoluzione consiste nel rivestimento dei tratti di condotta interferente mediante controtubo in acciaio inox di adeguato diametro.
- la linea di alta tensione Marsala - Matarocco 150 kV, gestita dalla società Terna S.p.A., prevede la sostituzione di un traliccio di sostegno con uno di altezza adeguata.

In questa fase progettuale sono stati ipotizzati i costi di risoluzione per tutte le interferenze rilevate, nelle more di verificare eventuali convenzioni attive, tenendo conto che ai sensi dell'art. 28 del D.Lgs 285/1992 e s.m.i. c.1-2 gli oneri di spostamento per le opere e gli impianti sulla viabilità esistente sono a carico dell'ente gestore del pubblico servizio.

Le attività di risoluzione interferenze e sottoservizi non sono attività in capo all'appaltatore, in quanto attività propedeutiche all'inizio dei lavori e a cura della stazione appaltante.

18 BONIFICA ORDIGNI BELLCI

La valutazione della necessità della Bonifica descritta è stata, è stata valutata ai sensi del D. Lgs. 81/e ai sensi della Direttiva GEN-BST-001 Ed. Gennaio 2020. "Direttiva tecnica sulla Bonifica Bellica Sistemica Terrestre".

Con riferimento alle analisi effettuate, stante l'impossibilità di escludere completamente l'ipotesi di ritrovamento in analogia con la scelta di effettuare la Bonifica in aree limitrofe con i medesimi indici di rischio si ritiene necessaria l'effettuazione della bonifica con interessamento di tutta la superficie di occupazione dell'intervento e delle aree di cantierizzazione. La bonifica da ordigni bellici, ove prevista, è da intendersi tassativamente propedeutica a qualsiasi altra attività lavorativa e deve essere eseguita secondo le prescrizioni del progetto e le eventuali prescrizioni della Direzione Genio Militare territorialmente competente.

In considerazione del tipo di mezzi che vengono impiegati per le lavorazioni e tenuto conto delle profondità di scavo, si ritiene di intervenire con le seguenti tecniche di bonifica:

- taglio della vegetazione erbacea ed arbustiva che dovesse ostacolare la corretta esecuzione della bonifica;
- bonifica superficiale, da ordigni residuati bellici, fino a mt 1.00 di profondità dal piano campagna, delle aree interessate dai lavori di ogni tipo, comprese quelle di cantiere e di piste di servizio;
- bonifica profonda, mirata ad individuare gli eventuali ordigni presenti nel volume di terreno interessato da scavi, o da altre azioni di natura invasiva come il movimento dei mezzi meccanici, che possono causare l'esplosione involontaria degli stessi, effettuata mediante trivellazioni spinte fino a mt 3.00/5.00/7.00 di profondità dal piano campagna (Direttiva GEN-BST-001 Ed. 2020), con garanzia di 1 mt. oltre tale profondità.

Le attività di bonifica degli ordigni bellici non sono attività in capo all'appaltatore, in quanto attività propedeutiche all'inizio dei lavori e a cura della stazione appaltante.

19 CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

La tempistica legata all'esecuzione dei lavori prevede in totale una durata di **1095 giorni naturali e consecutivi (3 anni), comprensivi di 195 giorni di andamento stagionale sfavorevole**, suddivisi in macro fasi lavorative temporali associate alla realizzazione dell'intervento.

La quantificazione in termini temporali delle singole lavorazioni è stata pianificata in maniera coerente con la gestione dell'intero progetto.

Il cronoprogramma è costruito con l'obiettivo di razionalizzare il tempo totale dei lavori in modo tale che le lavorazioni dei diversi Tratti e nelle diverse macrofasi risultino bilanciati.

La predisposizione del cronoprogramma è stata effettuata procedendo con la scomposizione gerarchica del progetto secondo un livello via via più dettagliato.

L'evoluzione temporale delle singole lavorazioni è stata strutturata seguendo, le WBS di progetto e attribuendo alle stesse le risorse strutturate secondo squadre tipo in funzione della specificità della parte d'opera da realizzare.

La quantificazione temporale delle singole lavorazioni è stata determinata in congruenza con le metodologie di lavoro necessarie e stimando delle risorse a disposizione correlate a produttività ottimali, al fine di ottenere una durata complessiva sostenibile dell'intervento.

Il numero di squadre, previste per la costruzione di dette strutture, è correlato all'esigenza di equilibrare le durate nella stessa macrofase di subcantieri diversi nella gestione delle squadre di lavoro. La programmazione della costruzione del corpo stradale è organizzata in modo da risultare coerente e congruente con le suddette opere d'arte maggiori.

Si rimanda all'elaborato specifico per il dettaglio.

20 CONCLUSIONI

In considerazione di quanto sopra descritto si ritiene che il presente progetto definitivo possieda tutti i connotati di regolarità e qualità in quanto rispondente ai seguenti fondamentali requisiti:

- raggiungimento di obiettivi funzionali e finalità dell'intervento infrastrutturale;
- pieno rispetto di tutte le normative in vigore;
- ottemperanza alle prescrizioni di cui alle precedenti fasi progettuali;
- rispetto del prescritto livello qualitativo;
- contenimento dei costi di costruzione;
- congruenza con i benefici attesi.