

**S.S.336 "dell'Aeroporto della Malpensa"
Riqualificazione Busto Arsizio - Gallarate - Cardano**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

COD. MI635

PROGETTAZIONE:



PROGETTISTI:

Ing. Andrea Del Grosso
Ordine Ing. Genova n. 3611

Ing. Tommaso Di Bari
Ordine Ing. Taranto n. 1083

Ing. Vito Capotorto
Ordine Ing. Taranto n. 1080

Arch. Andreas Kipar
Ordine Arch. Milano n.13359 – Progettista e
Direttore Tecnico LAND Italia Srl

Ing. Primo Stasi
Ordine Ing. Lecce n. 842

IL RESPONSABILE
dell'Integrazione tra le varie
discipline specialistiche:

Ing. Alessandro Aliotta
Ordine Ingegneri Genova n. 7995A

IL Coordinatore della Sicurezza
in fase di Progettazione:

Arch. Giorgio Villa
Ordine Architetti Pavia n. 645

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Roberto Pedone
Ordine Geologi della Liguria n. 183

Visto: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Giancarlo Luongo

Inquadramento dell'opera

Relazione tecnica generale

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00EG00GENRE03A			
DPMI0635	F 22	CODICE ELAB.	T00EG00GENRE03	A	-
C					
B					
A	EMISSIONE	Gen. 2023	L. Ruffini	A. Bado	A. Del Grosso
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Sommario

1	INQUADRAMENTO GENERALE	4
2	INDAGINI E STUDI GENERALI	5
2.1	RILIEVI TOPOGRAFICI	5
2.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI	5
1.1.1	<i>Indagini pregresse.....</i>	5
1.1.2	<i>Indagini integrative.....</i>	6
2.3	INDAGINI SU OPERE D'ARTE ESISTENTI	8
2.4	ARCHEOLOGIA	9
3	ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI	11
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
3.2	GEOMORFOLOGIA	12
3.3	IDROGEOLOGIA.....	12
3.4	MODELLO GEOLOGICO - GEOTECNICO	13
1.1.3	<i>Ricostruzione stratigrafica sito-specifica preliminare.....</i>	13
1.1.4	<i>Caratterizzazione geotecnica dei vari litotipi.....</i>	16
3.5	INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO	16
3.6	CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE	18
4	ANALISI DEL TRACCIATO STRADALE	19
4.1	TRACCIATO ESISTENTE	19
1.1.5	<i>Sezione tipo.....</i>	19
1.1.6	<i>Analisi dello stato attuale con riferimento al DM 05.11.2001.....</i>	19
1.1.7	<i>Analisi DEL LIVELLO DI SERVIZIO dello stato attuale con riferimento al METODO HCM.....</i>	24
4.2	TRACCIATO DI PROGETTO	26
1.1.8	<i>Sezione tipo.....</i>	27
1.1.9	<i>Andamento planimetrico.....</i>	28
1.1.10	<i>Andamento altimetrico.....</i>	30
1.1.11	<i>Verifiche distanze di visibilità.....</i>	32
1.1.12	<i>Diagramma di velocità.....</i>	32
1.1.13	<i>Corsie specializzate di immissione e di uscita.....</i>	33
5	PAVIMENTAZIONE STRADALE	36
6	BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI	37
6.1	SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA	37
6.2	TIPOLOGIE DI BARRIERE DI PROGETTO	38
7	SEGNALETICA STRADALE	41
7.1	SEGNALETICA ORIZZONTALE	41
7.2	SEGNALETICA VERTICALE	41
8	IDROLOGIA, IDRAULICA E REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI	42
8.1	DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA	42
8.2	TRATTAMENTO DELLE ACQUE.....	42
8.3	INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO.....	43
9	OPERE D'ARTE.....	44
9.1	PONTI E VIADOTTI	44
9.2	SOTTOPASSI	45
9.3	MURI DI SOSTEGNO E OPERE MINORI	46

10	IMPIANTI.....	48
11	OPERE DI MITIGAZIONE AMBIENTALE	49
12	INTERFERENZE ED ESPROPRI	50
13	CANTIERIZZAZIONE	51
14	STUDIO ACUSTICO.....	54
15	CRONOPROGRAMMA	55
16	STIMA DEI COSTI DELL'INTERVENTO.....	57

Indice delle Tabelle e delle Figure

SOMMARIO	1
FIGURA 1.1 – INQUADRAMENTO DELL'OPERA	4
TABELLA 3.1 - ASSE ESISTENTE: VERIFICHE PLANIMETRICHE	21
TABELLA 3.1 - ASSE ESISTENTE: VERIFICHE PLANIMETRICHE CON VELOCITÀ DI PROGETTO IMPOSTA SUI LIMITI AMMINISTRATIVI	22
TABELLA 3.2 - ASSE ESISTENTE: VERIFICHE ALTIMETRICHE	23
TABELLA 3.3 – LIVELLO DI SERVIZIO DELLO STATO ATTUALE	25
TABELLA 3.4 – PARAMETRI PLANIMETRICI DI PROGETTO DELLE CURVE CIRCOLARI.....	29
TABELLA 3.5 – ELEMENTI PLANIMETRICI DI PROGETTO: RACCORDI CLOTOIDICI	30
TABELLA 3.5 – VERIFICA DEI RACCORDI ALTIMETRICI DI PROGETTO	32
TABELLA 3.6 – DIMENSIONAMENTO DELLE CORSIE DI DIVERSIONE DI PROGETTO.....	34
TABELLA 3.7 – DIMENSIONAMENTO DELLE CORSIE DI IMMISSIONE DI PROGETTO	35
FIGURA 7.1: VIADOTTO SU SP 20 BUSTO - INDIVIDUAZIONE SBALZI OGGETTO DI RIQUALIFICA.....	44
FIGURA 7.2: VIADOTTO HUPAC E PONTE SU FERROVIA - INDIVIDUAZIONE SBALZI OGGETTI DI RIQUALIFICA.....	44
FIGURA 7.3: PONTE RAMPA SU SVINCOLO CARDANO E SOVRAPPASSO SU SP 15 - INDIVIDUAZIONE SBALZI OGGETTI DI RIQUALIFICA	45
FIGURA 7.4: STRALCIO PLANIMETRICO SOTTOPASSO VIA CORRENTI.....	45
FIGURA 7.5: OPERA DI SOSTEGNO TIPO.....	46
FIGURA 7.6: OPERE MINORI A PROTEZIONE DEI PUNTI SINGOLARI.....	46
FIGURA 7.7: OPERE MINORI – PORTALE DI SEGNALETICA A BANDIERA.....	47
TABELLA 11.1: DURATA PREVISTA LAVORAZIONI DA CRONOPROGRAMMA	56

1 INQUADRAMENTO GENERALE

La presente relazione sintetizza le scelte riguardanti gli aspetti tecnici progettuali analizzati per la riquilifica e la messa in sicurezza della S.S. n°336 tra le progressive km 0+000 e 9+410,60, rientrante tra le opere finanziate dal Decreto Olimpiadi Milano – Cortina 2026. Per una lettura più dettagliata delle varie tematiche interessate si rimanda alle relazioni specialistiche.

In Figura 1 si riporta un estratto cartografico in cui è possibile localizzare la zona di intervento e il tracciato interessato.

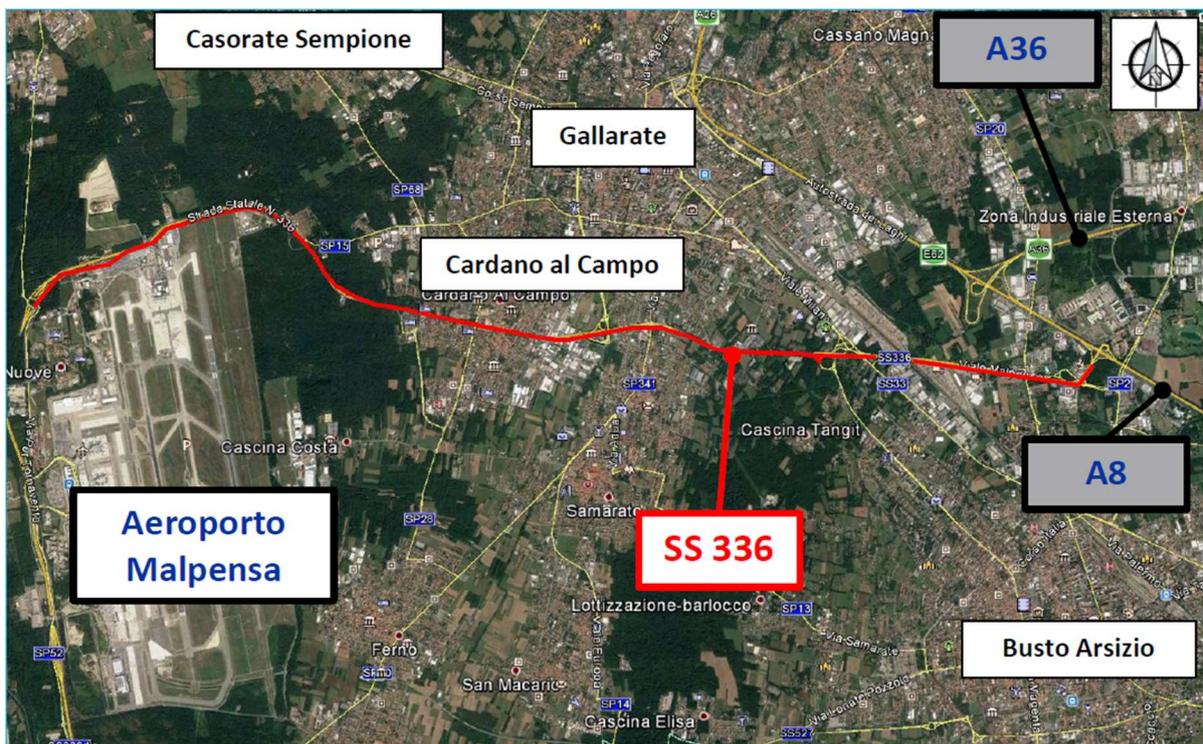


Figura 1.1 – Inquadramento dell'opera

I principali interventi previsti saranno i seguenti:

- Miglioramento sicurezza stradale, senza varianti di tracciato, cercando di rimanere circa nei limiti della sede stradale esistente con miglioramento corsie di accelerazione e di decelerazione degli svincoli;
- Realizzazione banchina laterale pavimentata di larghezza variabile, di poco inferiore a quella da norma di 1.75 m;
- Rifacimento spartitraffico e adeguamento impianto di illuminazione;
- Sostituzione barriere fonoassorbenti e di sicurezza esistenti;
- Rifacimento segnaletica orizzontale e verticale;
- Manutenzione ordinaria opere d'arte.

Nei seguenti paragrafi vengono sviluppate, le seguenti tematiche:

- analisi delle condizioni geologiche/idrogeologiche lungo il tracciato;
- analisi critica delle caratteristiche del tracciato esistente e della soluzione di progetto;
- analisi del contesto idraulico e delle scelte effettuate per la regimazione delle acque di piattaforma;
- descrizione sintetica delle opere d'arte di progetto;
- descrizione delle soluzioni previste per la cantierizzazione dell'opera;
- descrizione delle opere di mitigazione ambientale previste;
- descrizione delle soluzioni impiantistiche di progetto;
- stima delle tempistiche realizzative previste;
- stima dei costi di realizzazione dell'opera.

2 INDAGINI E STUDI GENERALI

2.1 RILIEVI TOPOGRAFICI

Al fine di definire geometricamente lo stato di fatto, si è eseguito un rilievo celerimetrico, con le modalità descritte di seguito.

Per lo svolgimento dell'attività, sono state utilizzate le seguenti strumentazioni: GPS/RTK TRIMBLE RG GNSS con abbonamento alla Rete GNSS Smartnet ItalPos.

Inoltre per zone in cui si sono riscontrate criticità connesse al sistema di misure satellitare, è stata usata una STAZIONE TOTALE TRIMBLE /GEODIMETER 600.

Le operazioni di rilievo sono state precedute da un sopralluogo preliminare per individuare l'esatta ubicazione delle aree da rilevare e l'individuazione dei caposaldi monografati ricavati dal PORTALE DELLA REGIONE LOMBARDIA (RETE DI RAFFITTIMENTO) necessari alla calibrazione dei GPS.

Si è proceduto così al rilievo piano altimetrico dei caposaldi in coordinate WGS84 e successivamente alla calibrazione dei GPS, in modo tale da ottenere la georeferenziazione riferita alle coordinate UTM - ETRF2000 FUSO 32 riportate sulle monografie, e successiva attribuzione di coordinate rettilinee locali.

Il rilievo è stato così eseguito direttamente nelle coordinate RETTILINEE senza il passaggio di calcolo in ufficio dalle WGS84 alle rettilinee locali.

Il rilievo è stato esteso a tutta la piattaforma stradale, al ciglio asfalto, alle scarpate sino alla recinzione che delimita la proprietà ANAS.

Si sono rilevate la segnaletica orizzontale, le barriere di sicurezza laterali e spartitraffico, la segnaletica verticale, i pozzetti dei sottoservizi, le lampade di illuminazione, le barriere fonoassorbenti esistenti.

In campo si è operato tenendo conto della pericolosità dovuta al traffico ricercando comunque sempre la posizione di sicurezza massima possibile durante le operazioni di rilievo.

Il lavoro ha riguardato il rilievo di adeguati punti rispetto alle esigenze di rappresentazione tridimensionale dell'area, quindi più fitto dove la morfologia risulta movimentata oppure dove sono presenti discontinuità e salti di quota. Laddove si sono rilevati presenze di manufatti o sottoservizi le battute sono state eseguite in modo da poter eseguire una corretta rappresentazione grafica.

La strumentazione usata è stata del tipo satellitare GPS TRIMBLE R6 GNSS per tutte le parti a cielo aperto ed integrate da stazione totale, dove si riscontrano criticità connesse allo stesso sistema di misura satellitare;

Sono stati rilevati inoltre i cavalcavia con rappresentazione dell'estradosso e intradosso dell'opera e con il posizionamento piano altimetrico delle spalle e delle pile centrali.

La restituzione grafica è consistita nello sviluppo del rilievo topografico in formato CAD, costituita dai punti rilevati con coordinate (X,Y,Z) riferiti al sistema di coordinate locali opportunamente individuate e di planimetria con posizione dei simboli indicativi dell'arredo quali cartelli, pozzetti, guard-rail, ecc..

2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI

Nel presente capitolo viene fornita una sintesi delle indagini in sito ricadenti nell'area oggetto di studio. Per dettagli si rimanda agli specifici elaborati del capitolo 02.02.

1.1.1 Indagini pregresse

Le seguenti indagini esistenti rilevate nell'area di interesse sono le seguenti:

- Indagini database pubblici;
- Campagna d'indagine 2010 nell'ambito del progetto della nuova S.S. 341 "Gallarate";
- Campagna d'indagine 2018 nell'ambito del progetto esecutivo della nuova S.S. 341 "Gallaratese";
- Campagna d'indagine 2019, ad integrazione di quella del 2018, nell'ambito del progetto esecutivo della nuova S.S. 341 "Gallaratese – Bretella di Gallarate";

Le campagne di indagini geognostiche hanno previsto le seguenti tipologie di sondaggi e prove:

- sondaggi geognostici, a carotaggio continuo, per la definizione dell'assetto lito-stratigrafico lungo il tracciato;
- piezometri a tubo aperto, per il controllo del livello piezometrico e della sua eventuale interferenza con le opere in progetto;
- prospezioni sismiche in foro (down-hole) in alcuni fori di sondaggio, attrezzati con tubo in PVC cementato, per la definizione della velocità delle onde sismiche (V_{s30}) e la classificazione del terreno dal punto di vista sismico;
- prove sismiche di superficie M.A.S.W.;
- prove penetrometriche dinamiche SPT, eseguite nei fori di sondaggio;
- prove pressiometriche tipo Menard, eseguite in alcuni fori di sondaggio;
- prove di assorbimento d'acqua tipo Lefranc, per valutare la permeabilità dei terreni;
- prove di carico su piastra in pozzetti esplorativi;
- prelievo di campioni rimaneggiati in corrispondenza di ogni sondaggio su cui sono state effettuate prove di laboratorio.

1.1.2 Indagini integrative

Indagini geotecniche

Ad integrazione delle indagini già eseguite si programmano ulteriori indagini geognostiche le quali, insieme alle indagini delle campagne precedenti, consentiranno un maggiore livello di dettaglio ai fini della caratterizzazione geotecnica e stratigrafica del tracciato e delle relative opere d'arte. Tale campagna di indagine si ritiene necessaria in seguito alle seguenti constatazioni:

- L'intera tratta in esame non risulta sufficientemente investigata da indagini preesistenti, pertanto si ritiene necessario definire una nuova campagna d'indagine, per definire al meglio il modello geologico/geomorfologico/idrogeologico dell'intero tracciato; tali informazioni risultano essenziali per una corretta progettazione degli interventi previsti.
- I terreni di sedime delle opere d'arte afferenti agli svincoli ed alle deviazioni della viabilità locale non risultano indagati;
- Verifica dell'idoneità dei terreni come piano di posa dei rilevati previsti;
- In alcuni casi è necessario integrare o approfondire i rilievi sismici, in modo da poter meglio caratterizzare le caratteristiche del sottosuolo sotto l'aspetto dinamico.
- Definizione dell'azione sismica finalizzata alla verifica della stabilità delle opere in condizioni sismiche ed alla possibile occorrenza di fenomeni di liquefazione;
- Approfondimento del volume geotecnico da caratterizzare alla luce della lunghezza delle fondazioni profonde (micropali) previste per le opere redirettive in calcestruzzo armato, le barriere fonoassorbenti e i pannelli a messaggio variabile (PMV).
- Approfondimento parametri di deformabilità e/o ambientali per progettazione rilevati e aree di cantiere.
- Caratterizzare le acque e i terreni al fine di definire l'aggressività nei confronti del calcestruzzo strutturale.

Per quanto riguarda i piezometri installati durante le campagne di indagine pregresse, si prescrive l'esecuzione di una ricognizione in sito, preliminarmente all'esecuzione delle indagini, al fine di verificare l'eventuale funzionamento dei piezometri installati in passato per ripristinarne il monitoraggio, con cadenza mensile, in tempo utile per le attività di progettazione.

In accordo alle raccomandazioni AGI, è necessario indagare il volume significativo di terreno coinvolto dalla fondazione che si estende dalla profondità di imposta fino a 1-2 volte circa, a seconda dei casi, la larghezza dell'opera. Nel caso specifico di fondazioni su pali, la profondità da indagare oltre la testa dei pali è pari alla larghezza dell'opera.

I campioni di terreno rimaneggiati ed indisturbati, prelevati durante la campagna di indagine, saranno sottoposti alle seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometriche;

- prove di classificazione
- limiti di Atterberg;
- determinazione di peso di volume e contenuto d'acqua naturale;
- prove di taglio diretto nei campioni prelevati nelle unità granulari;
- prove triassiali consolidate non drenate, per determinazione dei parametri di resistenza al taglio non drenati, nelle unità coesive.

Sono inoltre previste prove per caratterizzare le acque e i terreni al fine di definirne l'aggressività nei confronti del calcestruzzo strutturale ai sensi della Norma UNI-EN-206:2021 con riferimento al prospetto 2 ("Valori limite per le classi di esposizione all'attacco chimico nel suolo naturale e nell'acqua del terreno"), mediante prelievo di No.1 campionamento di terreno nei sondaggi SI1 - SI10 – SI15. In ogni caso, laddove in corso d'opera la falda dovesse risultare più alta di quanto stimato, sarà previsto un No.1 campionamento delle acque di falda in uno dei sondaggi allestiti a piezometro, come di seguito riportato.

Indagini ambientali

Lungo il tracciato è prevista l'esecuzione di sondaggi a c.c. e pozzetti esplorativi ad una distanza massima di 500 m, come previsto nell'Allegato 2 del DPR No.120/17 (che indica nel caso di opere infrastrutturali lineari una distanza di campionamento di almeno ogni 500 metri lineari di tracciato), da cui verrà effettuato il prelievo di campioni per la caratterizzazione ambientale avente ad oggetto l'accertamento delle qualità ambientali delle terre e rocce da scavo.

I campionamenti ambientali sono stati previsti in corrispondenza dei sondaggi (SI) ed in corrispondenza dei pozzetti esplorativi (Pz-a) e soddisfanno quanto indicato nell'Allegato 2 del DPR No.120/17 (distanza di campionamento di almeno 500 m). Tra i sondaggi e pozzetti geotecnici esplorativi utilizzati per le indagini geotecniche, sono stati selezionati quelli oggetto anche di accertamento delle qualità ambientali (caratterizzazione ambientale) coinvolti dagli scavi/sondaggi (in particolare per la progettazione delle opere di fondazione, quali pali e micropali). Quest'ultimi, oltre i due metri di profondità, saranno oggetto di un prelievo ai fini della caratterizzazione come rifiuto, in quanto tale terreno non sarà oggetto di riutilizzo.

In accordo alle informazioni progettuali in nostro possesso nel Piano di indagini intenderemmo prevedere il prelievo di campioni e il set analitico con riferimento a quanto previsto dal DPR No.120/2017 con prelievo di No. 2 campioni fino alla profondità di 2 m (in linea con l'Allegato 2 al DPR No.120/17 che prevede che per scavi superficiali, di profondità inferiore a 2 metri, i campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche siano almeno due, uno per ciascun metro di profondità).

Per quanto concerne i sondaggi profondi necessari alla progettazione delle opere in fondazione (pali/micropali), si prevede il prelievo di No. 2 campioni (set analitico ai sensi del DPR No.120/2017) nei primi due metri di profondità per la caratterizzazione ambientale finalizzata al riutilizzo ed un campione aggiuntivo lungo la verticale dei sondaggi finalizzata alla caratterizzazione come rifiuto, in quanto il terreno prodotto dallo scavo dei sondaggi non sarà riutilizzato ma oggetto di smaltimento. Nel particolare si prevede quindi:

Le indagini avranno lo scopo di verificare l'assenza di contaminazione delle terre e rocce da scavo, per la verifica dell'idoneità dei materiali al possibile riutilizzo dei terreni in linea con il DPR No.120 del 13 Giugno 2017 (Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 Settembre 2014, No. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 Novembre 2014, No. 164).

I risultati ottenuti sui campioni analizzati saranno confrontati con le CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) di cui alla Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del D. Lgs No. 152/2006 (Allegato 4 al DPR No.120/2017).

Il prelievo dei campioni sarà eseguito in accordo all'Allegato 2 del DPR No.120/2017 (Procedure di campionamento in fase di progettazione).

Sui campioni di terreno, in accordo alla profondità di prelievo, saranno ricercati diversi set di parametri allo scopo di verificare l'assenza di contaminazione dei terreni con riferimento al set analitico minimale previsto dall'Allegato 4 al DPR No.120 del 13 Giugno 2017 (Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo).

Nelle aree oggetto di esecuzione di opere di fondazione, quali pali e micropali, sono previsti alcuni sondaggi profondi; il terreno (oltre i due metri di profondità) sarà oggetto di un prelievo ai fini della caratterizzazione come rifiuto, in quanto durante la realizzazione di tali pali/micropali il terreno prodotto dallo scavo non si prevede sarà oggetto di riutilizzo. La caratterizzazione dei rifiuti sarà effettuata attraverso:

- ai fini della loro caratterizzazione chimico fisica analisi del “tal quale”, ai sensi dell’art. 8 del DM Ambiente 5 febbraio 1998 (Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero);
- il test di cessione per la verifica dell’ammissibilità in discarica ai sensi del D.Lgs. No.121/2020, e impianto di recupero (Allegato 1 al D.M ambiente del 5 Febbraio 1998 come modificato dal Decreto n. 186/06, di cui al punto 7.31-bis – Tipologia: terre e rocce di scavo).

2.3 INDAGINI SU OPERE D’ARTE ESISTENTI

Alla luce dei dati storici disponibili e consultabili, si prevede l’esecuzione di indagini locali finalizzate a definire le caratteristiche strutturali (disposizione armature, caratteristiche meccaniche e fisico-chimiche) delle solette dell’impalcato e dei cordoli delle spalle e dei muri andatori. Si intende raggiungere un livello di conoscenza LC3 mediante analisi storico-critica, rilievo geometrico, completo ed accurato dell’intero impalcato, indagini esaustive sui dettagli costruttivi e prove esaustive sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, così come esplicitato nella circolare e ribadito nel Quaderno Tecnico ANAS n°1. Il corrispondente fattore di confidenza FC da assumere nelle verifiche sarà pari a 1.

Nei casi trattati all’interno del presente documento, vista l’impossibilità di reperire qualsiasi forma di documentazione sulle opere, per la caratterizzazione del calcestruzzo il suddetto Quaderno Tecnico prevede che *“Il numero di campioni deve essere rappresentativo del calcestruzzo utilizzato nell’elemento indagato e da sottoporre ad intervento locale. La rappresentatività è definita in funzione della dispersione dei risultati, quindi della covarianza delle resistenze delle carote. Per perseguire il livello di conoscenza massimo è opportuno effettuare almeno tre prelievi per area di prova: nel caso in cui la covarianza delle resistenze in opera risulti inferiore al 10%, il livello di conoscenza è da intendersi adeguato; in caso contrario è consigliabile effettuare un numero di estrazioni maggiore, da definire in funzione della dispersione rilevata e in modo da ottenere la covarianza richiesta.”*

Si riportano pertanto due estratti del Quaderno Tecnico n°1 ANAS dai quali è possibile desumere il quantitativo minimo di indagini da eseguire per raggiungere il livello di conoscenza (LC) prefissato.

Il Quaderno, per quanto riguarda la distribuzione dei carotaggi, per gli interventi locali quali quelli a progetto, consiglia di estrarre almeno tre carote per area di prova, caratterizzate da un diametro minimo di 100 mm e comunque superiore a tre volte il diametro massimo degli aggregati, con un rapporto h/d preferibilmente pari a 2, da ridursi a 1 quando insorgano particolari condizioni ostative. Si prescrive pertanto l’estrazione di 3 carote per area omogenea individuata e, in occasione di tale operazione, si richiede la misurazione dello spessore della pavimentazione stradale.

Nel caso in esame si assume che la porzione di ogni singolo viadotto compresa tra due giunti di dilatazione consecutivi (siano essi in senso longitudinale e/o trasversale rispetto all’impalcato) possa considerarsi come “area di prova omogenea” essendo “zone appartenenti statisticamente e qualitativamente ad una medesima popolazione di calcestruzzo” (Linee Guida).

Si precisa che, in accordo con quanto riportato nell’estratto qui sopra, il numero di prove attualmente considerato potrà aumentare in occasione di una elevata dispersione dei risultati ottenuti. Tale eventuale aumento sarà quantificabile solo dopo attento esame dei risultati ottenuti dalla prima campagna di indagini. Le prove in sito per gli acciai sono riportate nel citato Quaderno Tecnico ANAS con specifico riferimento alle “solette” di ponti e viadotti di cui si riporta lo specifico estratto della scheda esemplificativa:

Sempre il Quaderno ricorda che la Circolare prescrive che *“in assenza di dati sperimentali adeguati, è consentito far riferimento alle caratteristiche del materiale prescritto in sede di progetto previa limitata verifica a campione dell’effettivo utilizzo dello stesso”*. In quest’ottica, l’analisi statistica degli acciai utilizzati nell’anno di realizzazione dell’opera può senza dubbio fornire un utile supporto alla fase di definizione delle caratteristiche meccaniche delle armature. In tal senso il Quaderno riporta una estesa casistica distribuita nei diversi periodi di costruzione suddivisi per biennio dal 1950 al 2000 e tabelle di sintesi.

Come desumibile dall'estratto sopra riportato, il numero minimo di prove da eseguire al fine di perseguire il livello di conoscenza prefissato risulta essere pari a 3 per area omogenea individuata che consistono nel prelievo di barre di armatura. L'area omogenea viene definita in analogia a quanto già espresso per le prove sui calcestruzzi, ovvero la porzione di struttura compresa tra due giunti di dilatazione consecutivi (siano essi in senso longitudinale e/o trasversale rispetto all'impalcato).

Si riassumono in tabella le opere da caratterizzare:

VIADOTTO SU SP20 BUSTO
VIADOTTO SU HUPAC
PONTE SU FERROVIA
PONTE SU TORRENTE ARNO
PONTE SU RAMPA DI SVINCOLO CARDANO Z.I.
SOVRAPPASSO SU SP15 CARDANO
CAVALCAVIA 1 - BUSTO ARSIZIO
CAVALCAVIA 2 - SVINCOLO DOGANA
CAVALCAVIA 3 - SS33
CAVALCAVIA 4 - SVINCOLO GALLARATE
CAVALCAVIA 5 - VIA ALEARDI
CAVALCAVIA 6 - VIA DEI PLATANI
CAVALCAVIA 9 - SVINCOLO CARDANO CENTRO
CAVALCAVIA 10 - CARDANO CICLABILE
SOTTOPASSO 1 - VIA CORRENTI
SOTTOPASSO 2

Tabella 2.1: Opere da caratterizzare

2.4 ARCHEOLOGIA

La Verifica Preventiva dell'Interesse Archeologico, a cui si rimanda per dettagli, comprende un sintetico inquadramento idrogeologico, la ricostruzione del quadro archeologico del territorio e l'analisi della cartografia storica e della fotografia aerea. L'ultima sezione illustra i risultati della ricognizione nelle aree interessate e il catalogo dei siti di interesse archeologico rilevati.

I dati archeologici sono stati desunti dalla bibliografia e dalla consultazione della documentazione d'archivio cartacea e digitale riguardante i comuni di Busto Arsizio, Gallarate e Cardano al Campo (VA), di proprietà della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Como, Lecco, Monza e Brianza, Pavia, Sondrio e Varese, anche attraverso le schede generate dal sistema RAPTOR. Tale ricerca è stata supportata dall'esame degli strumenti di pianificazione territoriale, come i PGT - Piani di Governo del Territorio di Busto Arsizio, Gallarate e Cardano al Campo (VA), i Rapporti Ambientali delle VAS - Valutazioni Ambientali Strategiche e il PTCP – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Varese.

Per una completa lettura storica si sono analizzate e georeferenziate in ambiente GIS alcune mappe del territorio circostante Varese e la cartografia redatta tra 1818 e 1829 durante la Seconda Indagine Militare dell'Impero Asburgico (Lombardy, Venice, Parma, Modena - Second military survey of the Habsburg Empire), al fine di evidenziare il corretto sviluppo dei centri storici, del territorio e degli eventuali tracciati stradali antichi.

Le evidenze archeologiche, che coprono un arco cronologico compreso tra l'età protostorica e l'età moderna, sono riportate in un'unica sequenza numerica. La valutazione del rischio archeologico emergerà dal rapporto tra i dati raccolti e la natura delle opere, con il duplice obiettivo di abbassare il livello di incertezza rispetto

all'eventualità di rinvenire evidenze che possano interferire con il progetto e di valutare l'impatto delle opere stesse sulla realtà storico-archeologica del territorio interessato.

A corredo della relazione sono il catalogo delle presenze archeologiche e le tavole delle presenze e del rischio archeologico, comprendenti il posizionamento dell'opera in esame con relativa indicazione del rischio e la localizzazione di tutti i siti di interesse.

Gli interventi in progetto si inquadrano in una fascia estesa tra Busto Arsizio e l'aeroporto della Malpensa, caratterizzata da problematiche archeologiche localmente distinte.

Più a est, il primo tratto del tracciato compreso tra l'innesto della S.S. 336 nell'A8 Milano – Varese e la ferrovia, a nord dell'abitato di Busto Arsizio, si colloca in un settore piuttosto libero da siti archeologici noti, se si escludono il borgo storico della Cascina dei Poveri (sito 37) e l'annesso Oratorio di San Bernardino (sito 38), rispettivamente realizzati nel XII-XIII secolo e nel 1665-1668 lungo l'antica strada per *Mediolanum* (divenuta poi nell'Ottocento la napoleonica strada del Sempione) nel mezzo della "Selva Longa.

Spostandosi verso ovest le attestazioni si intensificano, distribuendosi lungo l'intera fascia interessata dal progetto. In particolare, nel territorio di Cardano al Campo, la S.S. 336 attraversa una zona in cui sono state segnalate evidenze di epoca protostorica e romana: nel dettaglio, si tratta del sito in Loc. La Prava, dove il rinvenimento di un'urna biconica Golasecca IB e di altre evidenze strutturali ha indiziato la presenza di una necropoli golasecchiana (sito 1), e dei nuclei funerari di Età romana rinvenuti presso Il Dosso (sito 2), in via Carreggia (sito 3), presso il Fondo Girola (sito 4) e nell'area Ex Piantanida (sito 5). Per via di questi rinvenimenti, tutta quest'area intorno a via Carreggia e via Venti Settembre è perimetrata nel Piano di Governo del Territorio di Cardano al Campo tra le *Aree di interesse archeologico (Art.22)*: secondo il PGT in queste aree vige l'obbligo di comunicare preventivamente alla Soprintendenza Archeologica di competenza l'inizio dei lavori di scavo.

Ai dati archeologici reperiti dall'analisi della documentazione edita e inedita si aggiungono anche le specifiche delle opere in progetto, localizzate lungo l'asse stradale in aree spesso già rimaneggiate, ma che in molti casi prevedono scavi profondi 1,5-2 m: sebbene in corrispondenza dell'asse stradale alcune opere andranno a svilupparsi sul rilevato stradale, non si può escludere che gli interventi più profondi non intacchino le stratigrafie presenti.

Valutati questi dati, il profilo archeologico del territorio e le caratteristiche delle opere in progetto, si è stabilito di assegnare agli interventi previsti nel tratto più orientale, a nord dell'abitato di Busto, indicativamente tra l'innesto della S.S. 336 nell'A8 Milano – Varese e la ferrovia, un grado di rischio relativo MEDIO, mentre alle opere previste nel resto del tracciato un grado di rischio relativo ALTO.

Pur considerati questi elementi, si rimanda, per quanto di competenza, al parere della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Como, Lecco, Monza e Brianza, Pavia, Sondrio e Varese.

3 ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI

Nel presente capitolo vengono analizzati gli aspetti relativi alla geologia, geomorfologia e alla idrogeologia del sito in oggetto, basati sulla bibliografia esistente e delle osservazioni effettuate durante i sopralluoghi in sito. Per un maggior dettaglio si rimanda agli elaborati del capitolo "Geologia".

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Alcune informazioni riguardanti la geologia, la geomorfologia e l'idrogeologia del comparto sono state tratte dalla relazione geologica redatta nel 2021 dal Dott. Ing. Geol. Monterisi, propedeutica alla realizzazione della "Nuova S.S. 341 "Gallaratese" - tratto da Samarate a confine con la provincia di Novara - tratto Nord". Ulteriori dati stratigrafici e di caratterizzazione di sito sono stati desunti dal Geoportale della Regione Lombardia.

Il sito oggetto di studio è compreso nell'ambito di una piana fluvio-glaciale e fluviale costituente il livello fondamentale dell'alta Pianura lombarda, formata grazie al deposito alluvionale durante l'ultima glaciazione.

In particolare, l'alta Pianura Lombarda è costituita da una successione plio-quadernaria di sedimenti di ambiente marino e successivamente di origine continentale, con spessori dell'ordine delle migliaia di metri, che ricoprono in discordanza un substrato deformato, costituito da rocce carbonatiche e terrigene di età mesozoica e eocenica e da depositi oligo-miocenici. La Pianura Padana comincia a delinearsi alla fine del Pliocene quando nel braccio di mare Adriatico, che allora si estendeva sino ai piedi delle Alpi occidentali, cominciarono ad accumularsi, su un complesso prevalentemente costituito da argille di ambiente marino, sedimenti provenienti dalle catene di neof ormazione trasportati dai fiumi. A partire dal Pleistocene e durante tutto il Quaternario, l'area è stata interessata da fenomeni di sollevamento che hanno comportato il passaggio da condizioni di ambiente marino ad ambiente continentale e la deposizione di sedimenti sempre più grossolani. Le fasi di espansione e regressione dei ghiacciai succedutesi in età quadernaria hanno determinato la formazione di depositi morenici nella parte alta della pianura padana e fluvio-glaciali nella sua parte centrale. Durante le fasi di espansione, i ghiacciai hanno originato le grandi cerchie moreniche che man mano si sono accumulate ai piedi dei rilievi prealpini; nelle fasi di ritiro, i corsi d'acqua hanno invece eroso buona parte di questi accumuli, trasportando a valle grandi quantità di materiale a granulometria molto variabile, colmando progressivamente il bacino padano-adriatico. Ad ogni stadio interglaciale, la forza erosiva dei corsi d'acqua ha causato l'incisione e la rimozione dei sedimenti fluviali più antichi con la conseguente formazione di sistemi di terrazzi. Da un punto di vista geomorfologico, la Pianura Padana lombarda può essere suddivisa in tre settori:

- il primo settore corrisponde all'alta pianura, caratterizzata dalla presenza di più ordini di terrazzi costituiti da depositi fluvio-glaciali e alluvionali, generati dall'azione erosiva e di deposito operata dai corsi d'acqua che fuoriuscivano dalle lingue glaciali;
- il settore di media pianura, compreso tra la linea superiore e quella inferiore dei fontanili (o risorgive), si sviluppa secondo un piano debolmente inclinato verso sud ed è costituito da depositi fluvio-glaciali e alluvionali recenti;
- il terzo settore, infine, è quello della bassa pianura, che si trova a sud della linea inferiore dei fontanili; esso è costituito da alluvioni fini ed è caratterizzato da una morfologia piatta ed uniforme.

L'area in oggetto ricade nel Foglio 44 "Novara" della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000, nel

suo settore centro-settentrionale, ed è caratterizzata dalla presenza in affioramento di depositi quaternari, principalmente di età Pleistocenica, costituiti da alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose (Wurm-Riss), localmente molto grossolane, con paleosuolo argilloso giallo-rossiccio di ridotta potenza. Circa ad ovest del comune di Cardano al Campo affiorano alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose, alterate in terreni argillosi gialli-ocraei per uno spessore massimo di 3 m (Riss).

3.2 GEOMORFOLOGIA

Per quanto concerne l'assetto geomorfologico dell'area, come già accennato in precedenza, essa si inserisce in un contesto di piana fluvio-glaciale e fluviale, a morfologia sub-pianeggiante, senza evidenti indicatori geomorfologici di processi in atto, come evidenziato anche dalla cartografia del PAI del Fiume Po.

La piana, formatasi nel Pleistocene medio-superiore durante il ritiro del Ghiacciaio del Verbano, è caratterizzata da scarse evidenze morfologiche, anche per l'assenza di un reticolo idrografico particolarmente sviluppato, rappresentate da lievi ondulazioni e superfici rilevate di origine antropica (rilevati stradali, argini, ecc). Le pendenze degradano dolcemente da Nord verso Sud; la quota massima, di circa 242 m s.l.m., viene raggiunta in prossimità del tratto finale del tratto in studio, mentre circa a metà del tracciato si raggiungono quote minime di circa 230 m s.l.m., con un gradiente medio attorno allo 0,1%.

In conclusione, i processi di modellamento dell'area in esame sono principalmente legati all'attività antropica.

3.3 IDROGEOLOGIA

L'area di interesse è ubicata nella parte meridionale della provincia di Varese; dal punto di vista idrografico, gli elementi più significativi sono rappresentati dai torrenti Arno, Rile e Tenore. Detti torrenti si sviluppano nella parte meridionale della provincia di Varese e costituiscono la struttura principale della rete idrica superficiale del territorio compreso fra l'anfiteatro morenico del lago di Varese a Nord, il torrente Strona ed il fiume Ticino a Ovest, il canale Villoresi a Sud ed il fiume Olona ad Est. L'idrografia dei tre torrenti, nella zona montuoso-collinare all'esterno dell'area di progetto, presenta un reticolo idrografico ben sviluppato caratterizzato da numerosi fossi affluenti di limitata estensione e portate ridotte durante i periodi asciutti, derivanti soprattutto da scarichi fognari civili ed industriali. Al contrario nei periodi piovosi le portate aumentano notevolmente sia per gli afflussi provenienti dal bacino idrografico vero e proprio, sia per l'entrata in funzione degli sfioratori disposti sulle reti fognarie comunali. Quando i torrenti abbandonano la zona collinare e sfociano in pianura, ovvero nell'area di progetto, non è possibile individuare alcun bacino idrografico per l'assenza di qualsiasi reticolo. I torrenti si presentano con una sola asta fluviale e per lunghi tratti i loro corsi sono stati regimati e canalizzati. Tutti e tre i torrenti non sfociano in un altro corso d'acqua principale, ma si esauriscono, nel caso del torrente Arno, nella pianura con assorbimento delle acque da parte del terreno, mentre le acque dei torrenti Rile e Tenore vengono portate in apposite vasche di accumulo e disperdimento localizzate nella parte meridionale del territorio di Cassano Magnago. Le vasche sono a loro volta collegate al fiume Olona mediante condotte artificiali di circa 6 Km di lunghezza. Il tracciato della S.S. 336 interseca il corso del torrente Arno, all'interno del Comune di Gallarate ed è adiacente al canale scolmatore tombinato che convoglia le acque dei bacini di accumulo e disperdimento dei Torrenti Rile e Tenore (situati in Cassano Magnago) nel Fiume Olona.

Come già accennato in precedenza, le opere in progetto interesseranno prevalentemente l'Unità idrogeologica delle ghiaie e sabbie. Tale unità è costituita da depositi di origine continentale costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie con ridotto contenuto in limo ed argilla, caratterizzate da permeabilità da media a localmente bassa in funzione del contenuto in materiale fine (valore di permeabilità compreso tra circa $1E-07$ m/s e $1E-04$ m/s).

Le informazioni relative alla permeabilità dei terreni sono state ricavate principalmente dalle prove di permeabilità realizzate in alcuni fori di sondaggio e dalle prove eseguite nei pozzi idropotabili presenti in prossimità del tracciato stradale (dati provenienti da PGT comunali).

I valori di permeabilità k ricavati dalle schede dei pozzi ad uso idropotabile del comune di Gallarate, localizzati negli strati ghiaiosi-sabbiosi, sono dell'ordine di $1E-04$ m/s.

Dall'analisi della documentazione disponibile, si evince come i sondaggi Sc-05, Sc-06, Sc-08 e Sc-10 (PD), SE04, SE07, SEi02 e SEi10 (PE) siano stati attrezzati sino a fondo foro con piezometri a tubo aperto in PVC del diametro di 2".

Il monitoraggio ha evidenziato un deflusso sotterraneo variabile da circa NE-SW a N-S, a NW-SE ed il gradiente medio della falda è pari a circa 0,6%.

Dal punto di vista piezometrico, in ultimo, i risultati delle campagne di monitoraggio piezometrico ad oggi disponibili, espressi come soggiacenza in metri del livello piezometrico rispetto al piano campagna, sono sintetizzati nella tabella seguente.

Il monitoraggio ha evidenziato un deflusso sotterraneo variabile da circa NE-SW a N-S, a NW-SE ed il gradiente medio della falda è pari a circa 0,6%.

I dati disponibili mettono in evidenza la presenza di una falda localizzata a profondità comprese tra circa 22 m e 28 m dal piano campagna.

I valori di soggiacenza della falda superficiale ricavati dalle schede dei pozzi sono generalmente concordi con quelli ottenuti dai rilievi piezometrici realizzati nei sondaggi più recenti.

Le acque sotterranee pertanto non interferiscono direttamente con le opere previste dal progetto.

3.4 MODELLO GEOLOGICO - GEOTECNICO

Il modello geologico di riferimento, descritto in questo documento, è stato definito utilizzando le informazioni ed i dati ottenuti sia dalla relazione redatta nel 2021 dal Dott. Ing. Geol. Monterisi, relativa al progetto di una nuova arteria stradale che attraversa i territori adiacenti a quelli sulla quale sorge il tracciato della S.S. 336, oggetto di riqualificazione, che dalla banca dati della Regione Lombardia, consultabile online (Carta dei sondaggi e delle prospezioni).

La relazione sopra citata fa riferimento a dati ottenuti da campagne geognostiche svolte negli anni 2010, 2018 e 2019 e dati tratti da fonti bibliografiche citate all'interno di tale redazione.

1.1.3 Ricostruzione stratigrafica sito-specifica preliminare

L'analisi delle stratigrafie dei sondaggi realizzati durante le tre campagne di indagini (2010, 2018 e 2019) e gli altri elementi raccolti hanno permesso, a partire dalle conoscenze generali lito-stratigrafiche, di produrre una cartografia geologica sufficientemente dettagliata per le esigenze di questo livello di progettazione.

Si è proceduto ad operare una suddivisione su base litologica dei sedimenti che caratterizzano la macroarea all'interno della quale si snoda la viabilità statale. All'interno delle sezioni tipologiche rappresentata, sfruttando le stratigrafie di sondaggio del comparto, sono stati pertanto accorpati in un'unica unità i depositi di origine fluvio-glaciale di età Pleistocene medio-superiore (Fluvioglaciale Wurm- Riss), costituiti da ghiaie a prevalente supporto di matrice sabbiosa, con contenuti ridotti in argilla e limo, organizzate più o meno grossolanamente in livelli a diversa granulometria.

Sono presenti strutture sedimentarie indicanti un ambiente di deposizione fluvio-glaciale ad energia medio-alta. I clasti sono poligenici, eterometrici da arrotondati a sub arrotondati, localmente alterati.

La pedogenesi generalmente è limitata ai primissimi metri di profondità.

Dalla Carta Geologica emerge pertanto una notevole omogeneità litologica.

Alla luce delle verifiche esperite, al fine di definire una sequenza lito-stratigrafica interpretativa logicamente ponderata, si propone qui di seguito la ricostruzione di una sequenza stratigrafica caratterizzata dalla presenza, dal basso verso l'alto, di tre differenti unità:

- Unità delle Argille
- Unità delle alternanze argille-ghiaie
- Unità delle ghiaie e sabbie.

Unità delle argille

Si tratta di depositi fini di ambiente marino costituiti principalmente da argille limose, sabbie e limi argillosi di colore grigio-azzurro con rare intercalazioni di livelli ghiaiosi; essi occupano la posizione basale della successione stratigrafica dell'area studiata. Il limite superiore dell'unità ha andamento irregolare con culminazioni e depressioni dovute alla sua natura erosionale.

I litotipi appartenenti a tale unità non sono stati incontrati dai sondaggi realizzati in fase di progettazione definitiva ed esecutiva, mentre sono stati raggiunti dai pozzi ad uso idropotabile realizzati nelle adiacenze dell'area di progetto. In particolare nel comune di Gallarate i dati disponibili indicano che l'unità delle argille prevalenti è presente a partire da profondità comprese tra circa 90 e 110 m.

I litotipi appartenenti a tale unità, dal momento che sono presenti a partire da oltre 90/100 m di profondità, non interagiscono con le opere in progetto e pertanto non sono stati rappresentati nei profili geologico e geotecnico.

Unità delle alternanze argille-ghiaie

Tale unità, riconosciuta a tetto dell'Unità delle Argille, è caratterizzata da alternanze di orizzonti a litologia argilloso-limosa con rara ghiaia e livelli a litologia ghiaioso-sabbiosa in matrice argillosa con locale presenza di torba; l'ambiente deposizionale è di tipo transizionale.

Lo spessore dell'unità varia in modo irregolare da un minimo di 10–25 m a un massimo di 170 m in relazione all'andamento del bordo erosionale del tetto dell'unità sottostante; nell'area di progetto la potenza di tale unità, determinabile a partire dalle stratigrafie dei pozzi presenti nell'intorno del corridoio di progetto, varia tra circa 50 e 100 m.

Tra le stratigrafie visionate, derivate da sondaggi svolti a corredo del Progetto Esecutivo della Bretella di Gallarate, i sondaggi hanno incontrato a fondo foro i terreni appartenenti all'Unità delle alternanze argille-ghiaie.

L'andamento del tetto dell'unità delle alternanze argille-ghiaie, sulla base delle stratigrafie dei pozzi e dei sondaggi disponibili, risulta più regolare rispetto all'unità sottostante; infatti nel settore compreso tra lo svincolo A8/Pedemontana e lo svincolo Samarate Centro i depositi appartenenti a quest'unità sono stati incontrati a partire da profondità comprese tra 42 e 48 m circa.

I litotipi appartenenti a tale unità non saranno interessati direttamente dalla realizzazione dell'opera in progetto.

Unità delle ghiaie e sabbie

I litotipi appartenenti a questa unità sono presenti con continuità in tutta la fascia interessata dall'asse della viabilità in oggetto.

Tali depositi presentano una potenza variabile tra 40 e 60 metri circa, valutata a partire delle stratigrafie disponibili di pozzi e sondaggi.

Si tratta di depositi di origine continentale di ambiente fluviale/fluvio-glaciale costituiti prevalentemente da ghiaie in matrice sabbiosa o sabbioso-limosa e sabbie ghiaioso-limose con ridotto contenuto in argilla.

Nei primi metri da piano campagna (6-7 m) tali litotipi sono caratterizzati da un maggior grado di alterazione (ciottoli parzialmente alterati e sfatti) e minor grado di addensamento (processi pedogenetici).

Nel profilo geologico sono stati distinti all'interno di tale unità tre litotipi principali in funzione delle loro caratteristiche granulometriche ricavate dalle analisi di laboratorio esperite nel recente passato.

I litotipi distinti presentano buona continuità laterale e si trovano in contatto laterale per eteropia di facies:

- il litotipo predominante (GCS nel profilo geologico) è costituito da ghiaie eterometriche, poligeniche, sub arrotondate, con ridotto contenuto in ciottoli e blocchi; la matrice è generalmente abbondante (struttura matrix supported), costituita da sabbia medio grossolana e subordinati limo e argilla (mediamente attorno al 10-15%) di colore da nocciola a nocciola rossastro.

Tali depositi costituiscono dei livelli presenti lungo tutto il tracciato della progettazione di cui trattasi, caratterizzati da buona continuità laterale e potenza variabile da alcuni metri ad alcune decine di metri; tali litotipi sono presenti a differenti profondità e si trovano in rapporto eteropico con i livelli prevalentemente sabbiosi (SG).

- il litotipo subordinato (SG nel profilo geologico), che localmente può risultare predominante, è costituito da sabbie grosse e medie limose di colore da nocciola chiaro a rossastro, con ghiaia e subordinati ciottoli (mediamente circa 25%), debolmente argillose (mediamente 5-6%). Le sabbie costituiscono degli orizzonti presenti lungo tutto il tracciato dell'opera caratterizzati da buona continuità laterale e potenza variabile da pochi metri a oltre 30 metri (sondaggio Sc-10-PD).

Le sabbie con ghiaia sono presenti generalmente a profondità superiori a 7-10 m.

- Sulla base dell'analisi delle stratigrafie dei pozzi ad uso idropotabile presenti nei dintorni del corridoio di progetto, si è ritenuto opportuno indicare nei profili geologici ricostruiti alcuni orizzonti costituiti da ghiaia eterometrica, poligenica, con ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa-argillosa (GSA nel profilo geologico). Tali ghiaie in matrice sabbioso-argillosa sarebbero in continuità laterale con le ghiaie sabbiose e presenti a partire da profondità superiori ai 30 metri.

1.1.4 Caratterizzazione geotecnica dei vari litotipi

Relativamente a ciascuno dei principali parametri geotecnici dei litotipi identificati si propone un intervallo di valori più o meno ampio, per tener conto del numero ridotto di dati disponibili, soprattutto per quanto riguarda le prove per la determinazione delle proprietà meccaniche, della variabilità sia laterale che verticale delle litologie e dell'eterogeneità composizionale dei terreni presenti.

Un'ultima considerazione va fatta a riguardo dei parametri di deformabilità dei terreni di fondazione. Come ampiamente illustrato nei capitoli precedenti i terreni di fondazione dei rilevati stradali sono costituiti da terreni a grana grossa (ghiaie e sabbie) con locali intercalazioni di livelli limoso-sabbiosi.

Pertanto, il comportamento in grande del complesso di base è regolato dai termini più grossolani dotati di una bassa deformabilità. Va, inoltre, considerato che nei terreni grossolani i cedimenti che possono generarsi sotto il carico dei rilevati stradali viene scontato interamente in fase di costruzione dei rilevati stessi per cui non vi è da temere cedimenti differiti nel tempo.

3.5 INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO

Per quasi tutto il territorio della Regione Lombardia il livello di pericolosità sismica è da basso a molto basso. Fa eccezione l'area del Lago di Garda, per la presenza di una grande struttura tettonica detta "Linea delle Giudicarie". Si tratta di una faglia crostale che percorre la Val Sabbia dalla pianura verso Nord. La regione benacense risulta, pertanto, la zona a sismicità più elevata delle Alpi centrali e rappresenta il margine occidentale della fascia sismica pedemontana veneta. La zona è, infatti, stata interessata già in epoca medioevale e moderna da terremoti di gran lunga più forti di quelli che hanno colpito il resto della Lombardia.

Gli epicentri dei terremoti storici per il settore Lombardo sono prevalentemente concentrati in una fascia allungata in direzione E-W lungo il margine pedemontano, in corrispondenza dell'asse Bergamo-Brescia-Lago di Garda. È il caso del terremoto del 1117 (in cui l'area più colpita è risultata la zona veronese), di quello del 1222 (conosciuto come il terremoto di Brescia, con area epicentrale nel bresciano e magnitudo stimata pari a $MS=5.9$), di un'altra serie di sismi minori localizzati nel bergamasco (1661, $MS=5.2$) e a Soncino (1802, $MS=5.5$), fino a quello del 1901 (in cui fu distrutta una buona parte della cittadina di Salò). Tra gli eventi più recenti ricordiamo il terremoto del 24/11/2004 che ha colpito Salò e le aree adiacenti (intensità di 5,2 gradi della scala Richter). La zona orientale della Lombardia è pertanto stata classificata sismica e, come tale, le costruzioni sono state realizzate nel secolo scorso secondo criteri antisismici che hanno contenuto i danni alle persone ed alle cose.

La parte più meridionale della regione risente invece della sismicità di origine appenninica, comprensiva dell'area dell'Oltrepò pavese, definita come una zona di transfer (Scandone et al., 1992), contiene eventi storici con magnitudo massima stimata pari a $MS=5.5$ (Terremoto della Valle Scrivia, 1541).

Il Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani nel periodo 1000-2008 d.C. segnala che nella zona di Gallarate e in aree limitrofe sono stati avvertiti solo 13 terremoti di bassa intensità.

L'O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 individua sul territorio nazionale quattro classi di sismicità.

Nessuna parte del territorio lombardo ricade in zona 1 (massima pericolosità). Le aree ad alto e medio rischio (classe 2 e 3) riguardano diversi comuni posti in provincia di Brescia, Bergamo, Cremona e Pavia (41 comuni si trovano in zona 2 e 238 insistono in zona 3 a sismicità medio-bassa).

La classe 4 (basso rischio) interessa invece il resto del territorio (1267 Comuni). Nelle due classi più critiche la normativa prevede che nella progettazione di edifici ed opere infrastrutturali si tenga conto degli effetti di amplificazione sismica dati dalla natura dei terreni e delle rocce in modo da realizzare strutture in grado di sopportare gli effetti dei sismi.

Tutti i comuni interessati dagli interventi di riqualificazione a progetto ricadono nella zona 4, ovvero in quella caratterizzata a bassa pericolosità.

Facendo riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9 ed al catalogo delle sorgenti sismiche DISS3 (DISS Working Group (2010), "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas"), si nota come la porzione occidentale della Provincia di Milano ed un suo ragionevole intorno siano lontani da strutture geologiche in grado di generare terremoti (le cosiddette "faglie capaci").

L'area in esame appare quindi caratterizzata da una bassa potenzialità sismica il cui aspetto principale risulta legato agli effetti risentiti e prodotti da terremoti di energia medioelevata ($M_L > 5$) avvenuti in aree epicentrali, esterne e lontane dal territorio in esame.

L'analisi delle carte di pericolosità sismica dei P.G.T. dei comuni attraversati dall'infrastruttura oggetto di intervento, evidenziano quanto segue:

- Comune di Cardano al Campo

Il tratto della viabilità di interesse attraversa la Zona Z4a - Zona di pertinenza delle piane fluvio-glaciali, con presenza di depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi con terreni coesivi (sabbie e limi) in percentuali variabili, ma in subordine rispetto ai frizionali. E' presente inoltre una falda profonda. In tale zona si prevedono amplificazioni di tipo litologico. In tale area si richiedono approfondimenti di secondo livello obbligatori nel caso di aree destinate a costruzioni con affollamenti significativi, oppure con funzioni pubbliche o strategiche importanti e/o sociali essenziali.

Il comune di Cardano al Campo è inoltre classificato in zona sismica 4 ($a_{gmax} = 0,037786$), negli elenchi di cui all'allegato A della DGR n. X/2129 del 11 Luglio 2014 ed in accordo con i contenuti dell' O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006.

- Comune di Gallarate

Il tratto interessato dalla S.S. 336 attraversa aree prive di evidenze di scenari di Pericolosità Sismica Locale ai sensi della D.G.R. 8/7374/2008.

Il comune di Gallarate è inoltre classificato in zona sismica 4 ($a_{gmax}= 0,038095$), negli elenchi di cui all'allegato A della DGR n. X/2129 del 11 Luglio 2014 ed in accordo con i contenuti dell' O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006.

- Comune di Busto Arsizio

Il tratto interessato dalla S.S. 336 attraversa aree prive di evidenze di scenari di Pericolosità Sismica Locale ai sensi della D.G.R. 8/7374/2008.

Il comune di Busto Arsizio è inoltre classificato in zona sismica 4 ($a_{gmax}= 0,038489$), negli elenchi di cui all'allegato A della DGR n. X/2129 del 11 Luglio 2014 ed in accordo con i contenuti dell' O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006.

3.6 CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE

La verifica geologica, geomorfologica e idrogeologica dell'ambito di riqualificazione del tratto della Strada Statale n° 336 "dell'Aeroporto della Malpensa" compreso fra le progressive Km 0+0,00 e Km 9+410,60, anche alla luce del confronto con i dati di bibliografia disponibili nel comparto, fa ritenere quanto a progetto pienamente realizzabile, anche alla luce della sua conformità rispetto a quanto previsto dal P.A.I. della Regione Lombardia e dagli strumenti pianificatori dei comuni di Busto Arsizio, Gallarate e Cardano al Campo.

Le opere di adeguamento non comporteranno particolari aggravii a carico dei terreni di fondazione: il progetto, infatti, verte soprattutto ad incrementare la sicurezza della percorrenza della viabilità stessa, mediante allargamento delle carreggiate, incremento delle protezioni laterali, posizionamento di barriere fonoassorbenti e rifacimento della segnaletica.

La riqualificazione in progetto insisterà presso un comparto caratterizzato da un assetto litostratigrafico e geotecnico, nel complesso, abbastanza omogeneo e costante lungo tutto il tratto in esame.

I terreni su cui insisteranno i rilevati sono costituiti da ghiaie alterate in matrice sabbiosa e da ghiaie con sabbia: questi orizzonti, dal punto di vista geotecnico, hanno evidenziato caratteristiche adeguate alla previsione progettuale, in ragione dei quali non si ravvisano particolari problematiche in fondazione. Anche da punto di vista sismico, visto il basso grado di pericolosità (i comuni attraversati dalla S.S. 336 rientrano in Zona Sismica 4), il contesto si presenta idoneo alle opere previste.

Si precisa, tuttavia, che quanto espresso in questo elaborato, a corredo della progettazione di Fattibilità Tecnico-Economica di cui trattasi, dovrà essere confermato e dettagliato a seguito della campagna geognostica specifica, già presentata nel merito, a cui si rimanda.

Le indagini sito-specifiche, infatti, permetteranno di dettagliare precisamente i caratteri geologici, stratigrafico-geotecnici, geomorfologici e idrogeologici dell'area di intervento, evidenziando quelle accortezze e modalità tecniche esecutive che dovranno essere garantite in corso d'opera.

4 ANALISI DEL TRACCIATO STRADALE

4.1 TRACCIATO ESISTENTE

Si riporta nei seguenti paragrafi un'analisi critica del tracciato esistente, sulla base della quale si sono ipotizzate le soluzioni progettuali di adeguamento.

1.1.5 Sezione tipo

L'attuale sezione tipo presenta una piattaforma pavimentata di circa 17.20 m nel punto più vincolante, in corrispondenza della galleria artificiale di Gallarate, composta da due corsie per senso di marcia pari a 3.50 m, margine esterno di 1.00 m, margine interno di 0.15 m spartitraffico di 0.90 m, per una larghezza complessiva della sezione minima in galleria pari a 17.20 m, con la seguente geometria:

Sezione stradale minima in galleria:

- Spartitraffico centrale da 0.90 m
- Banchina pavimentata interna da 0.15 m
- 4 corsie di marcia da 3.50 m
- Margine laterale da 1.00 m circa (nullo in corrispondenza di alcuni punti singolari, quali ad esempio le gallerie).

1.1.6 Analisi dello stato attuale con riferimento al DM 05.11.2001

Vengono di seguito riportati in forma tabellare i dati plano-altimetrici dell'asse esistente ed i risultati delle verifiche di rispondenza alla normativa di riferimento DM 05/11/2001 prot. N° 6792, condotte sul tratto oggetto del presente intervento, con l'indicazione degli elementi non rispondenti in riferimento ai parametri di seguito descritti.

Criteria di Verifica delle caratteristiche planimetriche

Il tracciato della SS. 336 nel tratto di intervento, di sviluppo complessivo pari a circa 10+750 km, è stato ricostruito sulla base di un tracciamento dello stato di fatto sulla base dei rilievi celerimetrici degli elementi esistenti, con geometrizzazione del tracciato esistente effettuata in asse allo spartitraffico attuale. L'andamento planimetrico è caratterizzato da rettili e curve a raggio costante, raccordati con clotoidi di transizione.

Per la verifica delle caratteristiche planimetriche si sono considerati i seguenti parametri:

- (a) - Raggio minimo delle curve planimetriche
- (b) - Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettilo (L) che la precede
- (c) - Compatibilità tra i raggi di due curve successive
- (d) - Lunghezza massima dei rettili
- (e) - Lunghezza minima dei rettili
- (f1) - Congruenza del diagramma delle velocità nel passaggio da tratti con $V_{p,max}$ a curve a V_p , $<V_{p,max}$
- (f2) - Congruenza del diagramma delle velocità nel passaggio fra due curve successive ($V_{p1} > V_{p2}$)
- (g) - Lunghezza minima delle curve circolari
- (h1) - Verifica del parametro A delle clotoidi: Limitazione del contraccollo
- (h2) - Verifica del parametro A delle clotoidi Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità

(h3) - Verifica del parametro A delle clotoidi: Criterio Ottico

Come mostrato nella seguente tabella, con riferimento alle caratteristiche planimetriche, il tracciato presenta alcune difformità rispetto a quanto richiesto normativamente.

Le non conformità sono tutte legate a criteri di tipo geometrico (sviluppi minimi e criteri ottici delle clotoidi) e non dinamico, risultando pertanto non essenziali per la sicurezza della circolazione.

Elem	Prog.l. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Tipo	Parametro [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Verifica
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)				
1	0,000	24,190	24,190	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	81,255	NO (e)
2	24,190	132,128	107,938	CLOTOIDE	118,000	Dx	0	0	77,758	OK
3	132,128	176,611	44,483	ARCO	129,000	Dx	7	7	62,150	NO (a)
4	176,611	284,549	107,938	CLOTOIDE	118,000	Dx	0	0	74,438	OK
5	284,549	1852,767	1568,217	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	120,000	NO (b)
6	1852,767	1921,752	68,985	CLOTOIDE	256,000	Sx	0	0	120,000	NO (h3)
7	1921,752	1969,430	47,678	ARCO	950,000	Sx	4,262	4,262	120,000	NO (g)
8	1969,430	2038,416	68,985	CLOTOIDE	256,000	Sx	0	0	120,000	NO (h3)
9	2038,416	4018,429	1980,014	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	120,000	OK
10	4018,429	4140,883	122,454	CLOTOIDE	230,000	Dx	0	0	111,087	OK
11	4140,883	4210,733	69,850	ARCO	432,000	Dx	7	7	99,520	OK
12	4210,733	4333,187	122,454	CLOTOIDE	230,000	Dx	0	0	111,087	OK
13	4333,187	4577,710	244,524	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	120,000	OK
14	4577,710	4671,272	93,561	CLOTOIDE	255,000	Sx	0	0	120,000	OK
15	4671,272	5024,864	353,593	ARCO	695,000	Sx	5,206	5,206	120,000	OK
16	5024,864	5118,425	93,561	CLOTOIDE	255,000	Sx	0	0	120,000	OK
17	5118,425	5250,774	132,349	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	120,000	NO (e)
18	5250,774	5530,853	280,079	ARCO	17000,000	Sx	2,5	2,5	120,000	OK
19	5530,853	5809,840	278,987	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	120,000	OK
20	5809,840	5917,841	108,001	CLOTOIDE	325,000	Dx	0	0	120,000	NO (h3)
21	5917,841	6185,162	267,321	ARCO	978,000	Dx	4,184	4,184	120,000	OK
22	6185,162	6296,512	111,350	CLOTOIDE	330,000	Dx	0	0	120,000	OK
23	6296,512	8172,472	1875,960	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	120,000	OK
24	8172,472	8300,912	128,440	CLOTOIDE	247,000	Dx	0	0	115,577	OK
25	8300,912	8557,571	256,659	ARCO	475,000	Dx	6,641	6,641	103,670	OK
26	8557,571	8686,011	128,440	CLOTOIDE	247,000	Dx	0	0	115,577	OK
27	8686,011	8977,114	291,103	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	120,000	OK
28	8977,114	9104,718	127,604	CLOTOIDE	350,000	Sx	0	0	120,000	OK
29	9104,718	9280,573	175,855	ARCO	960,000	Sx	4,234	4,234	120,000	OK
30	9280,573	9387,240	106,667	CLOTOIDE	320,000	Sx	0	0	120,000	OK

31	9387,240	9506,367	119,127	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	120,000	NO (e)
32	9506,367	9640,463	134,096	CLOTOIDE	261,000	Sx	0	0	119,013	OK
33	9640,463	10025,234	384,770	ARCO	508,000	Sx	6,361	6,361	106,750	OK
34	10025,234	10159,330	134,096	CLOTOIDE	261,000	Sx	0	0	119,013	OK
35	10159,330	10643,536	484,206	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	120,000	OK

Tabella 3.1 - Asse esistente: verifiche planimetriche

Con le deroghe sopra esposte, in relazione agli elementi planimetrici, il tracciato presenta un diagramma di velocità di progetto compatibile con quello delle strade di categoria B (70 – 120 km/h).

Il tracciato presenta attualmente nel tratto iniziale salti di velocità da V_p max a curve di velocità inferiore a quanto normativamente prescritto pertanto la variazione di velocità in corrispondenza delle curve circolari, è generalmente superiore al valore massimo previsto, pari a 10 km/h. Tale incongruenza è essenzialmente legata ai vincoli contorno che influenzano fortemente il possibile collocamento planimetrico dell'infrastruttura.

Da un'analisi delle sole caratteristiche planimetriche del tracciato esistente, si rileva che due curve, e precisamente quelle relative agli elementi numero 3 e numero 33, non permettono di percorrere il tracciato alla velocità massima consentita per strade di tipo B (120 km/h). In particolare, per la curva 3 è associata una velocità massima di 62,15 km/h, mentre per la curva 33, è ammissibile una velocità di 106,75 km/h, minore della massima normativamente prevista per strade di tipo B, ma comunque maggiore della velocità minima di progetto per strade di tale categoria (70 km/h).

Per garantire una velocità di percorrenza almeno pari alla minima di progetto, e quindi garantire una velocità di deflusso adeguata alla categoria stradale, è necessario che tutte le curve a raggio costante abbiano un valore del parametro R pari o maggiore a 178 m.

Nel caso in esame, il tracciato presenta una sola curva con raggio minore di 178 m (elemento numero 3) per uno sviluppo di 44.483m, rispetto allo sviluppo totale di 10159.33m, da cui un grado di tortuosità, ottenuto come percentuale della somma delle lunghezze delle tratte aventi raggio uguale o minore a 178m rispetto alla lunghezza reale totale di tracciato, pari allo 0.44%, valore basso e indicante un tracciato per lo più privo di tortuosità.

Attualmente sono presenti dei vincoli di velocità amministrativi: limite di velocità pari a 90 km/h per tutto il tratto oggetto di intervento, ad eccezione di un limite a 50 km/h in corrispondenza della curva di raggio 129m (elemento 3). Anche imponendo tali vincoli al diagramma delle velocità, così come riportato nella tabella seguente, non vengono risolte le non conformità sopra descritte, sebbene vengano a crearsi dei salti di velocità più contenuti e quindi più prossimi ai dettami normativi.

Elem	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Tipo	Parametro [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Verifica
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)				
1	0,000	24,190	24,190	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	60,000	NO (e)
2	24,190	132,128	107,938	CLOTOIDE	118,000	Dx	0	0	60,000	OK
3	132,128	176,611	44,483	ARCO	129,000	Dx	7	7	60,000	NO (a)
4	176,611	284,549	107,938	CLOTOIDE	118,000	Dx	0	0	60,000	OK
5	284,549	1852,767	1568,217	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	100,000	NO (b)
6	1852,767	1921,752	68,985	CLOTOIDE	256,000	Sx	0	0	100,000	NO (h3)
7	1921,752	1969,430	47,678	ARCO	950,000	Sx	4,262	4,262	100,000	NO (g)
8	1969,430	2038,416	68,985	CLOTOIDE	256,000	Sx	0	0	100,000	NO (h3)

9	2038,416	4018,429	1980,014	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	100,000	OK
10	4018,429	4140,883	122,454	CLOTOIDE	230,000	Dx	0	0	100,000	OK
11	4140,883	4210,733	69,850	ARCO	432,000	Dx	7	7	99,510	OK
12	4210,733	4333,187	122,454	CLOTOIDE	230,000	Dx	0	0	100,000	OK
13	4333,187	4577,710	244,524	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	100,000	OK
14	4577,710	4671,272	93,561	CLOTOIDE	255,000	Sx	0	0	100,000	OK
15	4671,272	5024,864	353,593	ARCO	695,000	Sx	5,206	5,206	100,000	OK
16	5024,864	5118,425	93,561	CLOTOIDE	255,000	Sx	0	0	100,000	OK
17	5118,425	5250,774	132,349	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	100,000	NO (e)
18	5250,774	5530,853	280,079	ARCO	17000,000	Sx	2,5	2,5	100,000	OK
19	5530,853	5809,840	278,987	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	100,000	OK
20	5809,840	5917,841	108,001	CLOTOIDE	325,000	Dx	0	0	100,000	NO (h3)
21	5917,841	6185,162	267,321	ARCO	978,000	Dx	4,184	4,184	100,000	OK
22	6185,162	6296,512	111,350	CLOTOIDE	330,000	Dx	0	0	100,000	OK
23	6296,512	8172,472	1875,960	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	100,000	OK
24	8172,472	8300,912	128,440	CLOTOIDE	247,000	Dx	0	0	100,000	OK
25	8300,912	8557,571	256,659	ARCO	475,000	Dx	6,641	6,641	100,000	OK
26	8557,571	8686,011	128,440	CLOTOIDE	247,000	Dx	0	0	100,000	OK
27	8686,011	8977,114	291,103	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	100,000	OK
28	8977,114	9104,718	127,604	CLOTOIDE	350,000	Sx	0	0	100,000	OK
29	9104,718	9280,573	175,855	ARCO	960,000	Sx	4,234	4,234	100,000	OK
30	9280,573	9387,240	106,667	CLOTOIDE	320,000	Sx	0	0	100,000	OK
31	9387,240	9506,367	119,127	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	100,000	NO (e)
32	9506,367	9640,463	134,096	CLOTOIDE	261,000	Sx	0	0	100,000	OK
33	9640,463	10025,234	384,770	ARCO	508,000	Sx	6,361	6,361	100,000	OK
34	10025,234	10159,330	134,096	CLOTOIDE	261,000	Sx	0	0	100,000	OK
35	10159,330	10643,536	484,206	RETTIFILO	0,000		2,5	2,5	100,000	OK

Tabella 3.1 - Asse esistente: verifiche planimetriche con velocità di progetto imposta sui limiti amministrativi

Criteria di Verifica delle caratteristiche altimetriche

Con riferimento all'andamento altimetrico, il profilo risulta caratterizzato da variazioni di livellette che si realizzano prevalentemente in corrispondenza di attraversamenti stradali ed idraulici attraverso una sequenza sacca – dosso – sacca. Il tracciato risultata così composto.

La pendenza massima delle livellette risulta prossima al 3%, sempre inferiore al valore massimo indicato dalla normativa, che richiede per strade di tipo B – Extraurbane principali di non superare la pendenza del 6%. Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati della verifica dei raccordi verticali concavi e convessi rispetto alla distanza di visibilità per l'arresto, effettuata in condizioni di pavimentazione bagnata.

In colonna (2) è riportato il tipo di raccordo altimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

S = Raccordo verticale convesso (Sacca)

D = Raccordo verticale concavo (Dosso)

Criteria di Verifica delle caratteristiche altimetriche

- (i) - Pendenze longitudinali massime
- (j) - Raccordi verticali convessi
- (k) - Raccordi verticali concavi

Per le verifiche altimetriche si è utilizzata una velocità congruente con i limiti amministrativi esistenti (limite di velocità da segnaletica verticale +10 km/h), corrispondente dunque ad una velocità di progetto pari a 100 Km/h per tutto il tracciato ed a 60 Km/h in corrispondenza della curva di raggio 129 m.

N. Racc.	Tipo [D/S]	Raggio V.	i1	i2	Δi	Svil. [m]	Prog. I [m]	Prog. F [m]	Parz. Racc [m]	Vel. [km/h]	Verifica
(1)	(2)	(3)	(9)	(10)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)		
1	D	5000,000	0,000	0,170	-0,775	38,734	22,427	61,160	38,734	60,000	OK
2	S	15000,000	0,170	0,605	0,571	85,646	160,382	246,027	85,645	60,000	OK
3	S	2000,000	0,605	0,034	2,242	44,848	383,385	428,229	44,845	78,621	OK
4	D	5000,000	0,034	2,208	-4,468	223,411	629,081	852,474	223,393	100,00	OK
5	S	5000,000	2,208	2,260	2,358	117,900	1012,535	1130,426	117,891	100,00	OK
6	S	5000,000	2,260	0,098	2,742	137,105	1704,509	1841,595	137,085	100,00	OK
7	D	3500,000	0,098	2,840	-6,847	239,695	1947,749	2187,393	239,644	100,00	NO
8	S	2000,000	2,840	4,007	6,652	133,061	2481,116	2614,150	133,034	100,00	NO
9	D	5000,000	4,007	2,645	-2,961	148,086	2728,690	2876,761	148,070	100,00	OK
10	S	50000,000	2,645	0,317	0,191	95,383	4070,251	4165,634	95,383	100,00	OK
11	D	7760,000	0,317	0,126	-2,518	195,441	4475,746	4671,163	195,417	100,00	OK
12	S	5000,000	0,126	2,644	5,564	278,216	4769,727	5047,906	278,179	100,00	OK
13	D	10000,000	2,644	2,919	-4,309	430,987	5098,607	5529,548	430,941	100,00	OK
14	S	10000,000	2,919	1,390	1,427	142,717	5732,812	5875,525	142,713	100,00	OK
15	S	6000,000	1,390	0,037	2,835	170,109	6907,750	7077,835	170,085	100,00	OK
16	D	5000,000	0,037	2,872	-3,183	159,150	7128,971	7288,101	159,130	100,00	NO
17	S	65000,000	2,872	-0,311	1,417	920,812	7339,355	8260,153	920,798	100,00	NO
18	D	8300,000	-0,311	1,106	-4,066	337,526	8598,535	8936,023	337,488	100,00	OK
19	S	7800,000	1,106	-2,960	3,511	273,887	9060,738	9334,591	273,853	100,00	OK
20	D	80000,000	-2,960	0,551	-0,494	395,141	9699,437	10094,576	395,139	100,00	OK
21	D	8000,000	0,551	0,057	-1,617	129,334	10233,572	10362,901	129,329	100,00	OK
22	S	5000,000	0,057	-1,560	1,442	72,083	10370,862	10442,942	72,080	100,00	OK
23	D	25000,000	-1,560	-0,194	-0,075	18,838	10619,103	10637,941	18,838	100,00	OK

Tabella 3.2 - Asse esistente: verifiche altimetriche

Come si evince dalla tabella 4, i raccordi verticali sono generalmente verificati, due soli raccordi verticali (elemento n° 7 e 8) risultano di raggio non adeguato. Le velocità ammissibili per tali elementi risultano pari rispettivamente a 91.5 km/h e 71 km/h.

Coordinamento piano-altimetrico

Al fine di garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale ed evitare variazioni brusche delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico, occorre che vi sia un opportuno coordinamento piano altimetrico dell'asse con il profilo longitudinale.

In particolare, normativamente è richiesto di verificare che:

- I raccordi verticali siano situati in tratti con andamento rettilineo. Non sempre è stato possibile garantire il soddisfacimento di tale criterio, né peraltro è stato realizzabile, poiché trattasi di intervento su sedime esistente, con vincoli plano altimetrici molto stringenti, far coincidere i vertici dei raccordi verticali con quelli delle curve planimetriche
- Il punto di inizio delle curve planimetriche non coincida o sia prossimo alla sommità del raccordo verticale. Nel caso in esame nessun vertice altimetrico coincide con l'inizio di una curva planimetrica. Nel caso peggiore, in prossimità del raccordo n° 11, si ha uno sfasamento di circa 2 m.
- Le curve planimetriche non inizino immediatamente dopo un raccordo concavo. Per ovviare a tale possibile problema, si sono utilizzati raccordi verticali di ampio raggio al fine di garantire un rapporto tra raggio altimetrico e planimetrico ≥ 6 . Nel caso peggiore si ha che la curva planimetrica inizia dopo 5,5 m dalla fine del raccordo concavo (curva $R=950$ m e $R_v=5000$ m).
- i raccordi concavi non siano posizionati immediatamente dopo la fine di una curva planimetrica o che il vertice altimetrico coincida, o sia prossimo, ad un punto di flesso planimetrico, caso simmetrico al punto precedente.
- i raccordi concavi abbiano uno sviluppo sufficiente, soprattutto se si inseriscono all'interno di curve planimetriche di grande sviluppo.

Per ogni raccordo verticale, inoltre, è stata verificata la sussistenza di una adeguata distanza di ricomparsa in funzione del diagramma di velocità.

1.1.7 Analisi DEL LIVELLO DI SERVIZIO dello stato attuale con riferimento al METODO HCM

Il livello di servizio di una infrastruttura misura la qualità della circolazione in corrispondenza di un flusso assegnato. Per qualità della circolazione di intendono gli oneri sopportati dagli utenti, i quali consistono prevalentemente nei costi monetari del viaggio, nel tempo speso, nello stress fisico e psicologico. I parametri che appaiono più strettamente legati a tali oneri sono la velocità media mantenibile su un segmento stradale, che dà un'idea del tempo di percorrenza, e la densità e il rapporto tra flusso e capacità, che danno un'indicazione della libertà di guida, quindi del comfort, della sicurezza e del costo dello spostamento.

Partendo da queste grandezze, di più facile quantificazione, è da considerarsi valido il criterio adottato negli Stati Uniti (HCM) che definisce il LdS non in funzione di parametri in grado di esprimere direttamente la qualità della circolazione, che risultano essere di difficile misurazione, ma di grandezze che a quei parametri sono correlate.

L'HCM prevede per le infrastrutture viarie sei possibili livelli di servizio contraddistinti dalle lettere da A a F, in ordine decrescente di qualità della circolazione

La normativa cogente (D.M: 2001) definisce in modo univoco il livello di servizio minimo richiesto da un'infrastruttura viaria in funzione dell'ambito della rete e dell'ambito territoriale in cui la strada viene a trovarsi. Nel caso specifico, poiché trattasi di strada di tipo B-Extraurbana principale, la normativa cogente prevede sia garantito un livello di servizio almeno pari a B.

Per il calcolo del LdS (LOS, da definizione HCM) si sono desunti:

- i dati geometrici della strada dai rilievi in sito compiuti per la progettazione stradale;
- i dati di traffico dai rilievi di traffico effettuati nel mese di marzo 2022, da cui si evince che il volume di traffico rilevato nella sezione più carica (CRE_680.6 Sezione 15), nell'ora di punta (8-9) è pari a 2943 veic/h. con una percentuale dei mezzi pesanti minore del 10%, come desumibile dai dati forniti da ANAS, relativi agli anni pre-Covid.

Infine, si è imposto che i conducenti che impegnano l'infrastruttura siano per lo più abitudinari, ipotesi confermata anche dall'omogeneità, nei giorni feriali, dei dati di traffico, e che la velocità di flusso libero ideale sia pari alla massima prevista per strade di tipo B, sebbene siano presenti attualmente vincoli amministrativi.

DATI SS336			
Dati geometrici della strada			
NUMERO CORSIE		2,00	n°
LARGHEZZA CORSIE		3,50	m
BANCHINA DESTRA		0,90	m
DENSITA' CHILOMETRICA AREE DI SVINCOLO		1,00	Svincoli/km
AMBITO		EXTRA-URBANO	
Dati di traffico			
VOLUME DI TRAFFICO DI PROGETTO/RILEVATO/SIMULATO	V	2943	veh/h
FATTORE DELL'ORA DI PUNTA	PHF	1,00	
PERCENTUALE DI VEICOLI PESANTI/BUS		10%	%
PERCENTUALE PER PRESENZA DI VEICOLI DA TURISMO		0%	%
TIPO DI TERRENO		Pianeggiante	
FATTORE PER PRESENZA DI VEICOLI PESANTI/BUS	ET	1,50	
FATTORE PER PRESENZA DI VEICOLI DA TURISMO	ER	1,20	
FATTORE DI CONVERSIONE VEICOLI PESANTI/BUS E VEICOLI DA TURISMO	f _{HV}	1,00	
FATTORE PER LE CARATTERISTICHE DEI CONDUCENTI	f _p	1,00	
Flow rate	vp	1471,50	pc/h/ln
Velocità e fattori di correzione			
VELOCITA' DI FLUSSO LIBERO IDEALE	BFFS	120	Km/h
FATTORE DI CORREZIONE PER LARGHEZZA CORSIE	f _{lw}	1,00	Km/h
FATTORE DI CORREZIONE PER FRANCO LATERALE	f _{lc}	2,90	Km/h
FATTORE DI CORREZIONE PER NUMERO DI CORSIE	f _n	0,00	Km/h
FATTORE DI CORREZIONE PER DISTANZIAMENTO INTERSEZIONI	f _{id}	9,20	Km/h
VELOCITA' DI FLUSSO LIBERO CALCOLATA	FFS	106,90	Km/h
LOS E PRESTAZIONI			
FLUSSO DI TRAFFICO	vp	1471,50	pc/h/ln
VELOCITÀ DI LIBERO DEFLUSSO	FSS	106,90	km/h
VELOCITÀ MEDIA VEICOLARE	S	106,90	km/h
DENSITÀ DI TRAFFICO	D	13,77	pc/h/ln
LIVELLO DI SERVIZIO (L.O.S.)			C

Tabella 3.3 – Livello di servizio dello stato attuale

In conclusione, dall'analisi dello stato di fatto emerge che il livello di servizio garantito allo stato attuale è inferiore a quanto normativamente previsto.

4.2 TRACCIATO DI PROGETTO

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della soluzione di progetto prevista e dei criteri progettuali utilizzati, evidenziando per ogni tema le migliorie apportate dall'adeguamento dell'infrastruttura rispetto allo stato attuale.

Come desumibile dall'analisi delle caratteristiche plano-altimetriche dell'infrastruttura di cui al paragrafo precedente, pur nel quadro di non cogenza del DM 5.11.2001, il tracciato presenta coerenza planimetrica con i parametri essenziali del DM per una velocità di progetto, così come definita nel diagramma di velocità di progetto, coerente con i vincoli geometrici e strutturali dello stato di fatto.

Permangono alcune difformità rispetto alla normativa per alcuni parametri del tracciato esistente (lunghezza dei rettifili, non verifica del criterio ottico delle curve di transizione, valore dei raggi rispetto ai rettifili, due raccordi verticali), che sono comunque compatibili con un adeguamento di viabilità esistente, in quanto esclusivamente legate a criteri di tipo geometrico (sviluppi minimi e criteri ottici delle clotoidi) e non dinamico, pertanto non pregiudizievoli per la sicurezza della circolazione.

Nell'ottica dell'analisi relativa alla sicurezza stradale si riporta di seguito la descrizione degli interventi previsti, che consistono:

- nell'adeguamento al DM 05.11.2001, per tutti i tratti ove sia possibile prevedere i conseguenti interventi con modesto impatto rispetto ai vincoli strutturali e geometrici del contesto esistente;
- nelle misure atte a compensare le difformità rispetto al DM 05.11.2001 descritte al capitolo precedente, in corrispondenza di quei tratti per i quali non risulta possibile intervenire a meno di pesanti ripercussioni sul contesto esistente (per es. in presenza dei vincoli esistenti quali: gallerie artificiali, tratti in trincea tra muri e viadotti di linea).

In particolare, per quanto riguarda questo secondo aspetto, in relazione a quanto precedentemente illustrato relativamente al contesto ed ai vincoli dell'infrastruttura esistente da adeguare, si riportano di seguito i criteri adottati per la progettazione stradale degli assi di progetto del tracciato stradale oggetto di riqualifica:

- al fine di garantire una sufficiente omogeneità del tracciato in relazione alle distanze di transizione, in relazione ai vincoli imposti dagli elementi geometrici esistenti (altimetrici e di visibilità), il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto risulta ridotto a 100 Km/h rispetto al limite massimo pari a 120 Km/h previsto per le strade tipo B1;
- per quanto riguarda l'altimetria, risulta la necessità apportare una riduzione della velocità di progetto $V_p \text{ max.} = 100 \text{ Km/h}$ illustrata al punto precedente, in corrispondenza dei due raccordi altimetrici che non risultano verificati (neanche rispetto ai limiti amministrativi attuali – vedasi Tabella 6), a causa della presenza di vincoli strutturali delle opere d'arte esistenti. Pertanto, in corrispondenza dei due raccordi geometrici esistenti (7 - Dosso $R=3.500\text{m}$ e 8 – Sacca $R=2.000\text{m}$) che non risultano verificati con $V_p=100 \text{ Km/h}$, si prevede di adottare la maggiore velocità di progetto consentita per tali raggi dal DM 05.11.2001;
- in corrispondenza degli ostacoli invalicabili per i quali non è possibile effettuare un allargamento (quali: muri trincea, galleria artificiale, spalle e pile centrali, viadotti, etc.), si prevede la maggiore velocità di progetto che consente di verificare la visibilità in curva DM 05.11.2001;
- in corrispondenza della curva iniziale del tracciato ($R= 129\text{m}$) si adotta una velocità di progetto pari a 60 km/h (quindi ridotta rispetto al limite inferiore pari a 70 Km/h previsto per una Tipo B) coerente con il limite di velocità esistente da 50 Km/h e con il raggio di percorrenza della curva esistente.

Il diagramma delle velocità elaborato secondo i criteri precedentemente esposti, compatibile con i vincoli strutturali e geometrici del contesto plano-altimetrico (quali ad esempio gallerie e viadotti di linea), in conformità con le indicazioni previste dal DM 5.11.2001, consiste pertanto il "diagramma delle velocità compatibili" sulla base del quale vengono dimensionati e verificati gli elementi compositivi dei tracciati stradali riportati nella presente relazione.

Per quanto riguarda l'analisi delle visuali libere, dallo studio effettuato emerge che la necessità di prevedere l'inserimento di alcuni allargamenti per la visibilità in curva in interno spartitraffico ed in banchina, in relazione alla curvatura del tracciato esistente. Restano tuttavia alcuni tratti per i quali non risulta compatibile l'introduzione di alcun allargamento per la presenza di ostacoli fissi inamovibili (quali ad esempio i tratti in trincea tra muri in approccio alla galleria artificiale di Gallarate), ove pertanto occorre introdurre una limitazione della velocità di progetto.

Per il calcolo della distanza di visibilità per l'arresto, si prevede un coefficiente di aderenza di tipo autostradale;

Si perviene pertanto alla costruzione del '*diagramma di velocità compatibile*' con la geometria e con i vincoli imposti dall'infrastruttura esistente: una volta individuati i tratti percorribili alla velocità di progetto massima consentita per ciascun elemento, secondo i criteri sopra esposti, essi saranno raccordati con la distanza di transizione (Dt) determinata come da par. 5.4.1 del DM 5.11.2001 (accelerazione e decelerazione = 0.8 m/s^2). Le verifiche di cui ai par. 5.4.2 e 5.4.4 del DM 5.11.2001 saranno applicabili solo per quanto possibile in relazione alla geometria dei vari elementi che risultano vincolati al contesto del tracciato esistente.

Sulla base del diagramma di velocità compatibile, costruito con i criteri precedentemente esposti, si sono previsti i conseguenti allargamenti necessari per garantire la visibilità in curva, nei tratti non vincolati da ostacoli fissi invalicabili (trincea tra muri, galleria artificiale) per i quali comunque si è già operato con l'introduzione di una limitazione della velocità di progetto sul '*diagramma delle velocità compatibili*'.

1.1.8 Sezione tipo

In relazione ai criteri precedentemente esposti, il progetto prevede pertanto l'ampliamento generalmente simmetrico della sede stradale, e la sostituzione dello spartitraffico esistente. L'ampliamento prevede di introdurre, su entrambi i lati, la banchina laterale ove possibile (in relazione al contesto) fino ai valori modulari previsti dalla normativa di riferimento e di ampliare il margine interno per una larghezza tale da garantire i requisiti minimi di sicurezza previsti per i dispositivi di ritenuta.

In relazione al contesto ed alla larghezza dell'infrastruttura esistente in corrispondenza della sezione più vincolante (vedi par. 2.1), viene definita la sezione di progetto quale "Tipo B ridotta", nella quale il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto è ridotto a 100 Km/h e la larghezza delle corsie di marcia è ridotta a 3.50 m. Il calibro della sezione tipo risulta pertanto definito come segue:

- margine interno da 1.70 m, entro il quale è possibile alloggiare nuove barriere tipo ANAS spartitraffico new jersey tipologia NDBA classe H4b W2, avente larghezza di 0.68 m;
- 2 corsie di marcia da 3.50 m;
- banchina laterale da 1.75 m, riducibile ad 1.50m in relazione al contesto (ad eccezione dei vincoli costituiti dalle opere, quali gallerie e viadotti).

Il DM 5/11/2001, riferimento non cogente per la progettazione, stabilisce, per una strada tipo B, una larghezza di corsia pari a 3.75 m; tuttavia, si prevede l'adozione di un modulo di corsie pari a 3.50 m allo scopo di indurre nei conducenti il rispetto dei limiti di velocità, in quanto la larghezza delle corsie è correlata alla velocità massima di progetto.

Si ritiene che gli effetti della larghezza della corsia, su di un possibile incremento dell'incidentalità, siano trascurabili e comunque compensati in considerazione dell'insieme degli interventi di miglioramento previsti. Si osserva inoltre che alla scelta del modulo da 3.50 m della corsia di marcia è associabile un effetto di moderazione di velocità, essendo tale larghezza percepita dagli utenti come caratteristica di tratti di strada con la velocità di progetto massima non superiore a 100 km/h.

L'intervento in progetto prevede il rifacimento della pavimentazione prevedendo sempre il pacchetto stradale completo nei tratti in allargamento, in continuità con l'attuale piattaforma, mentre in corrispondenza della carreggiata esistente si opereranno delle ricariche e/o scarificazioni della pavimentazione esistente al fine di adeguare la pendenza trasversale ai dettami della normativa di riferimento:

- nei tratti in rettilineo si mantiene la pendenza al 2.50% verso l'esterno;
- nei tratti in curva la pendenza trasversale esistente viene adeguata a quanto prescritto dalla normativa di riferimento, su tutta la larghezza della piattaforma stradale.

È possibile desumere l'entità dell'adeguamento delle pendenze trasversali in curva confrontando i valori previsti dall'analisi del tracciato esistente, riportati nelle tabelle 5 e 6, con i valori adottati in funzione del diagramma di velocità di progetto e delle curve circolari di progetto dei due assi di tracciamento, riportati in tabella 9.

1.1.9 Andamento planimetrico

Sulla base dei criteri esposti al paragrafo precedente, è stato sviluppato con un doppio asse di tracciamento, uno per ciascuna carreggiata stradale (asse Nord, asse Sud), con le progressive crescenti in direzione Malpensa e con rotazione di sagoma sui cigli pavimentati interni.

Le verifiche effettuate (sulla base del D.M. 2001) si riferiscono all'analisi di congruenza delle seguenti caratteristiche del progetto.

A) Lunghezza massima dei rettilinei

In considerazione delle ipotesi relative al contesto di intervento di riqualifica, è stata imposta una $V_{p,MAX}$ pari a 100 km/h.

B) Lunghezza minima dei rettilinei

C) Raggio minimo delle curve circolari

Per una strada tipo B il raggio planimetrico minimo risulta pari a 178 m.

D) Lunghezza minima delle curve circolari

Di seguito si riportano le velocità di percorrenza di tutte le curve di progetto con lo sviluppo minimo da normativa, in funzione del diagramma delle velocità compatibili di progetto (elaborato P00PS00TRADV01A).

ASSE NORD

Curva n.	Raggio [m]	Velocità progetto [Km/h]	Velocità di progetto [m/s]	Sviluppo minimo [m]	Sviluppo della curva di progetto	Pendenza trasversale (%)
R1	144.00	60	16.67	41.67	70.26	7.00
R2	950.85	91	25.27	63.19	47.75	4.26
R3	547.40	100	27.8	69.5	142.31	6.06
R4	695.85	88	24.44	61.11	354.08	5.20
R5	17000.85	100	27.8	69.5	280.09	2.50
R6	977.15	100	27.8	69.5	264.12	4.19
R7	472.50	100	27.8	69.5	167.52	6.66
R8	960.25	100	27.8	69.5	126.90	4.23

ASSE SUD

Curva n.	Raggio [m]	Velocità di progetto [Km/h]	Velocità di progetto [m/s]	Sviluppo minimo [m]	Sviluppo della curva di progetto	Pendenza trasversale (%)
R1	123.50	60	16.67	41.67	28.79	7.00
R2	949.15	91	25.27	63.19	48.54	4.26
R3	433.50	100	27.8	69.5	101.99	7.00
R4	694.15	88	24.44	61.11	353.10	5.21
R5	16999.15	100	27.8	69.5	280.07	2.50
R6	978.85	100	27.8	69.5	264.67	4.18
R7	475.85	100	27.8	69.5	255.98	6.63
R8	958.40	100	27.8	69.5	116.38	4.24

Tabella 3.4 – Parametri planimetrici di progetto delle curve circolari

E) *Compatibilità tra i raggi di due curve successive*

F) *Relazione tra il raggio della curva R e la lunghezza del rettifilo L*

G) *Pendenze trasversali nei rettifili e nelle curve circolari*

La pendenza minima trasversale in rettifilo è pari al valore 2,5%,

Per la pendenza trasversale in curva invece il valore massimo per una strada tipo B è pari al 7%, che non viene mai superato lungo l'intervento.

Se il raggio di curvatura è maggiore del valore R_{2,5} (per le tipo B con V_p=120 km/h il valore minimo risulta pari a 2187 m) la pendenza trasversale assumerà il valore 2,5% verso l'interno della curva.

Oltre un certo raggio di curvatura si può mantenere la pendenza trasversale del rettifilo essendo comunque garantito l'equilibrio dinamico del veicolo (per le tipo B il valore minimo risulta R'=7500 m).

H) *Curve a raggio variabile*

Nella tabella seguente si riporta in dettaglio delle clotoidi inserite nei due tracciati impostati, con le curve di riferimento.

ASSE NORD

Curva n.	Raggio [m]	Sviluppo curva [m]	Parametro di scala clotoide	
			A precedente	A successivo
R1	144.00	28.79	110.16	128.96
R2	950.85	48.54	256.17	256.17
R3	547.40	101.99	235.57	235.55
R4	695.85	353.10	255.23	255.23
R5	17000.85	280.07	-	-
R6	977.15	264.67	324.79	338.34
R7	472.50	255.98	319.76	318.51
R8	960.25	116.38	408.23	390.48

ASSE SUD

Curva n.	Raggio [m]	Sviluppo curva [m]	Parametro di scala clotoide	
			A precedente	A successivo
R1	123.50	28.79	120.06	120.49
R2	949.15	48.54	252.32	255.83
R3	433.50	101.99	198.59	198.59
R4	694.15	353.10	254.77	254.77
R5	16999.15	280.07	-	-
R6	978.85	264.67	325.21	338.78
R7	475.85	255.98	249.73	247.33
R8	958.40	116.38	418.88	402.65

Tabella 3.5 – Elementi planimetrici di progetto: raccordi clotoidici

1.1.10 Andamento altimetrico

Anche per l'andamento altimetrico il tracciato è stato progettato con un unico profilo longitudinale e le verifiche sono state condotte sempre per una strada di tipo di cat. B.

Le verifiche effettuate (sulla base del D.M. 2001) si riferiscono all'analisi di congruenza delle seguenti caratteristiche del progetto.

A) Pendenze longitudinali massime

Per una strada classificata come "B – Extraurbana principale" la pendenza massima adottabile risulta pari al valore 6%. Inoltre, in corrispondenza di gallerie, al fine di contenere le emissioni di sostanze inquinanti e di fumi, per questa tipologia di strade non si deve superare la pendenza del 4%.

Le livellette di progetto hanno pendenza massima pari a 4.03%, quindi tali valori risultano inferiori ai suddetti limiti imposti dalla normativa.

B) Raggio minimo dei raccordi verticali concavi e convessi

La verifica dei raccordi verticali di progetto, in funzione della velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità (vedi elaborato P00PS00TRADV01A) è riportata nella tabella seguente.

Raccordo Verticale n.	Tipologia	Rv minimo	Rv	Verifica
1	Dosso	462,96	5000	OK
2	Sacca	462,96	15000	OK
3	Sacca	777,25	2000	OK
4	Dosso	4561,69	5000	OK
5	Sacca	1286,01	5000	OK
6	Sacca	2191,07	5000	OK
7	Dosso	3442,63	3500	OK
8	Sacca	1997,61	2000	OK
9	Dosso	4698,26	5000	OK
10	Sacca	1286,01	50000	OK
11	Dosso	4664,22	7760	OK
12	Sacca	3021,85	5000	OK
13	Dosso	2628,9	9000	OK
14	Sacca	1286,01	10000	OK
15	Sacca	2356,56	6000	OK
16	Dosso	4712,72	5000	OK
17	Sacca	1286,01	65000	OK
18	Dosso	4668,91	8300	OK
19	Sacca	2978,99	7800	OK

Tabella 3.5 – Verifica dei raccordi altimetrici di progetto

Come si evince dalla tabella i raccordi verticali, dimensionati in relazione alla velocità di progetto compatibile con i vincoli geometrici esistenti, secondo i criteri illustrati al paragrafo 3.1, sono totalmente verificati imponendo la velocità di progetto riportata nel diagramma di velocità e riportata in tabella.

1.1.11 Verifiche distanze di visibilità

Si sono eseguite le verifiche confrontando la distanza di visuale libera con le seguenti distanze di visibilità.

A) Distanza di visibilità per l'arresto

Le verifiche delle visibilità per l'arresto sono state condotte su tutta la nuova viabilità di progetto, sia in corsia di marcia che su quella di sorpasso. L'esito positivo delle verifiche viene riportato negli elaborati grafici di riferimento ((Diagramma di Visuale Libera e di velocità - elaborato P00PS00TRADV01A) a cui si rimanda per i dettagli.

Si precisa che per la scelta del coefficiente f_i (quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura), in relazione all'asse principale, sono stati considerati i valori di relativi alle viabilità autostradali, come indicato dalla stessa normativa per le strade extraurbane principali (tipo B) qualora le qualità del piano viabile risultino paragonabili a quelle delle strade di tipo A e siano mantenute tali nel tempo.

B) Distanza di visibilità per il cambio corsia

La verifica in oggetto è stata applicata nei "punti singolari", intendendo questi come le zone in prossimità degli svincoli (tronco di manovra delle corsie di uscita), dove la manovra di diversione in uscita comporta la possibilità del cambio di corsia da quella di sorpasso a quella di marcia.

In particolare, tale verifica è stata condotta in relazione alla corsia di decelerazione della carreggiata Nord (progressiva di inizio ca. 7+000,000). Questa verifica è stata effettuata sia planimetricamente che altimetricamente, con esito positivo, come si evince dall'elaborato grafico di riferimento.

In conseguenza di quanto illustrato in precedenza è necessario introdurre allargamenti in curva per visibilità che, su indicazione dell'ANAS, vengono realizzati sempre mediante l'allargamento della banchina esterna della carreggiata per i tratti di curva in destra e della banchina interna della carreggiata per i tratti di curva in sinistra. In tali casi, si è reso necessario effettuare due tracciamenti indipendenti per ciascuna carreggiata al fine ricavare lo spazio necessario tra gli assi di tracciamento delle due carreggiate in interno curva.

Si faccia riferimento agli elaborati progettuali (Diagramma di Visuale Libera e di velocità - elaborato P00PS00TRADV01A e Planimetrie di progetto - elaborati da P00PS00TRAPP01A a P00PS00TRAPP06A) nei quale sono dettagliati gli allargamenti previsti lungo il tracciato previsti per ciascuna carreggiata.

1.1.12 Diagramma di velocità

Per il tracciato in esame, come prescritto dal D.M. 5/11/2001, è stato redatto il diagramma delle velocità per ogni senso di circolazione, in particolare:

- SS336 Asse Nord – Sez. tipo B (Da prog. 0+000.00 a prog. 10+638.62);
- SS336 Asse Sud – Sez. tipo B (Da prog. 0+000.00 a prog. 10+642.19).

Nei tracciati in esame, il rispettivo diagramma di velocità risulta conforme a quanto previsto nel par. 5.4 del D.M. 05/11/2001 e risulta consultabile nelle rispettive tavole di progetto.

1.1.13 Corsie specializzate di immissione e di uscita

Per quanto concerne la redazione delle corsie specializzate di immissione/uscita, delle rampe di svincolo e delle intersezioni a rotatoria o a circolazione rotatoria, è necessario richiamare quanto già esplicitato in premessa della presente relazione tecnica stradale. Nello specifico, in base all'art. 2 del DM 19/04/2006, quest'ultima norma non è cogente per il progetto in esame in quanto trattasi di adeguamento di un'infrastruttura esistente. Tuttavia, tale norma, è stata presa a riferimento, per quanto possibile, nello sviluppo della presente progettazione.

Gli elementi per il dimensionamento delle corsie di diversione e di immissione delle rampe di svincolo sono stati progettati facendo riferimento al D.M. 19/04/2006.

In particolare, la progettazione degli elementi compositivi previsti dal D.M. 19/04/2006 è stata effettuata considerando, per ciascuna tipologia di rampa esistente, i parametri di progetto riepilogati nelle successive Tabelle 14 e 15, determinati come meglio illustrato ai paragrafi seguenti.

Corsie di diversione

Nel tratto oggetto di intervento, come desumibile dagli elaborati grafici, sono presenti n.14 corsie specializzate di decelerazione:

- U1: uscita Busto Arsizio- Cassano Magnago
- U2: uscita Dogana
- U3: uscita Area di Servizio 1
- U4: uscita corso Sempione
- U5: uscite Gallarate est
- U6: uscita Gallarate – Samarate (dir. Malpensa)
- U7: uscita Gallarate – Samarate (dir. Busto Arsizio)
- U8: uscita Gallarate ovest (dir. Malpensa)
- U9: uscita Gallarate ovest (dir. Busto Arsizio)
- U10: uscita Cardano al Campo
- U11: uscita Forno – Cardano al Campo
- U12: uscita Area di Servizio 2
- U13: uscita Casorate Sempione – Cardano al Campo ovest (dir. Malpensa)

Nella seguente tabella sono riportati i di progetto risultanti dai calcoli effettuati con i metodi sopra esposti per ricavare le lunghezze dei singoli elementi che compongono le corsie di decelerazione.

CORSIA	Tipologia	V1 [km/h]	V2 [km/h]	STATO DI PROGETTO		DA NORMATIVA	
				Ld,u [m]	Lm,u [m]	Ld,u [m]	Lm,u [m]
U1	Parallela	60	40	50,25	40,00	25,72	40.00
U2	Parallela	80	70	399,25	60,25	19,29	60.00
U3	Parallela	80	30	Corsia di scambio con I1		70,73	60.00
U4	Parallela	80	70	114,75	105,75	19,29	60.00
U5	Parallela	100	50	218,00	78,00	96,45	75,00
U6	Parallela	100	60	82,75	75,00	82,30	75,00
U7	Parallela	100	50	Corsia di scambio con I9		96,45	75,00
U8	Parallela	100	40	Corsia di scambio con I6		108,02	75,00
U9	Parallela	100	60	86,00	75,50	82,30	75,00
U10	Parallela	100	40	108,25	75,00	108,02	75,00
U11	Parallela	100	50	Corsia di scambio con I12		96,45	75,00
U12	Parallela	100	50	97,00	76,50	96,45	75,00
U13	Parallela	100	50	96,50	75,00	96,45	75,00

Tabella 3.6 – Dimensionamento delle corsie di diversione di progetto

Corsie di immissione

Nel tratto oggetto di intervento, come desumibile dagli elaborati grafici, sono presenti n.14 corsie specializzate di accelerazione:

- I1: Immissione Dogana
- I2: Immissione Area di Servizio 1
- I3: Immissione corso Sempione
- I4: Immissione Gallarate est (dir. Busto Arsizio)
- I5: Immissione Gallarate est (dir. Malpensa)
- I6: Immissione Gallarate (dir. Malpensa)
- I7: Immissione Gallarate (dir. Busto Arsizio)
- I8: Immissione Somma Lomb (dir. Malpensa)
- I9: Immissione Somma Lomb (dir. Busto Arsizio)
- I10: Immissione Somma Lomb - Novara (dir. Malpensa)
- I11: Immissione Somma Lomb - Novara (dir. Busto Arsizio)
- I12: Immissione Area di Servizio 2
- I13: Immissione Somma Lomb (dir. Busto Arsizio)

Nella seguente tabella sono riportati i di progetto risultanti dai calcoli effettuati con i metodi sopra esposti per ricavare le lunghezze dei singoli elementi che compongono le corsie di accelerazione.

CORSIA	V1 [km/h]	V2 [km/h]	Q1 [veic/h]	STATO DI PROGETTO			DA NORMATIVA		
				La,e [m]	Li,e [m]	Lv,e [m]	La,e [m]	Li,e [m]	Lv,e [m]
I1	64	40	1357	Corsia di scambio con U3			96,30	117,00	50,00
I2	64	30	1357	123,30	41.70	50,00	123,30	117,00	50,00
I3	64	60	1357	26,00	117,00	50,00	19,14	117,00	50,00
I4	80	40	1357	189,10	146,00	75,00	185,19	146,00	75,00
I5	80	50	1357	150,50	146,00	75,00	150,46	146,00	75,00
I6	80	50	1357	Corsia di scambio con U8			150,46	146,00	75,00
I7	80	60	1357	150,50	146,00	75,25	150,46	146,00	75,00
I8	80	60	1357	110,70	146,00	75,00	108,02	146,00	75,00
I9	80	30	1357	Corsia di scambio con U7			212,19	146,00	75,00
I10	80	60	1357	122,25	146,00	75,00	108,02	146,00	75,00
I11	80	40	1357	186,20	146,00	75,00	185,19	146,00	75,00
I12	80	50	1357	Corsia di scambio con U11			150,46	146,00	75,00
I13	80	50	1357	201,30	146,00	75,50	150,46	146,00	75,00

Tabella 3.7 – Dimensionamento delle corsie di immissione di progetto

Si precisa che la lunghezza della corsia di immissione I2 risulta vincolata dal viadotto di scavalco della linea ferroviaria e pertanto, in considerazione del fatto che si tratta di un'immissione da un'area di servizio privata per la quale è possibile ipotizzare una diversa configurazione degli accessi oppure una parziale dismissione / dislocazione dell'attività, si considera ammissibile la deroga rispetto alla lunghezza minima determinata per il criterio funzionale.

Per quanto riguarda infine le corsie di scambio che si vanno a configurare nell'ambito degli adeguamenti previsti a progetto:

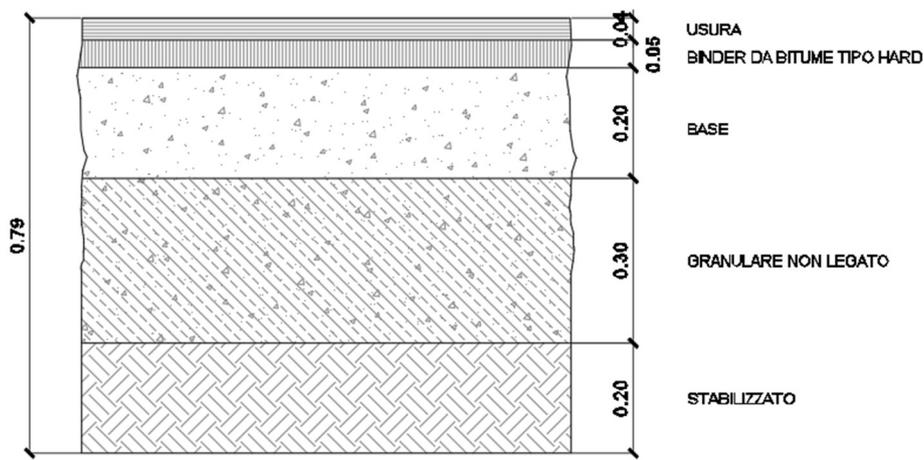
- I1 – U3
- I6 – U8
- I9 – U7
- I12 – U11

Per la valutazione del dimensionamento delle zone di scambio occorre utilizzare metodologie funzionali che considerano anche i flussi di traffico entranti ed uscenti da/per le rampe afferenti alla corsia di scambio, al fine di procedere alla valutazione del livello di servizio dei tronchi di scambio secondo il metodo del Highway Capacity Manual.

5 PAVIMENTAZIONE STRADALE

Si è considerata una pavimentazione (esistente e di progetto) di 79 cm di spessore così composta:

- 4 cm di usura
- 5 cm di binder con binder modificato tipo hard
- 20 cm di base
- 30 cm di fondazione in materiale granulare non legato
- 20 cm di sottofondazione con materiale stabilizzato



Il metodo di dimensionamento utilizzato è quello proposto dalla A.A.S.H.T.O (American Association of State Highway and Transportation Officials), che permette di valutare il numero di assi standard da 80 kN che la pavimentazione è in grado di sopportare in funzione della resistenza strutturale della stessa e delle caratteristiche del sottofondo, al fine di garantire un adeguato grado di funzionalità (espresso tramite un valore del P.S.I.).

A riprova della bontà della pavimentazione, la stessa risulta sopportare un numero di assi equivalenti pari a 218.543.115, superiori ai 67.481.433 stimati per la sua vita utile.

Per il calcolo dettagliato si rimanda alla relazione tecnica stradale.

6 BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI

6.1 SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA

La definizione delle classi minime delle barriere da adottare in progetto è stata operata, secondo quanto previsto dal D.M. 21.6.2004, in funzione della classe funzionale a cui appartiene la strada e della classe di traffico che la impegna. Il caso in esame riguarda il progetto delle barriere di sicurezza per un'autostrada extraurbana – categoria B “Extraurbane principali”, secondo il D.M. 5/11/2001 raffrontabile per larghezza della piattaforma stradale e per velocità di progetto.

Il D.M. 21.06.2004 indica come primo fattore per la definizione della classe di barriera da adottare il tipo di traffico, classificato in base al TGM bidirezionale ed alla percentuale di veicoli pesanti (massa >3,5t).

I dati di traffico (nello specifico i valori del TGM aggiornati al 2017 riferiti ai veicoli totali e ai veicoli pesanti) desunti dalle informazioni riportate sul sito istituzionale di ANAS S.p.a. (www.stradeanas.it), sono evidenziati nella seguente tabella:



Località del sito	Consistenza [giorni di rilievo]	TGMA Veic. Totali	TGMA Veic. Pesanti
SS336, Km 5.000, Gallarate(VA)	228	47.876	2.522

Per cui il traffico individuato è di tipo II.

Tipo di traffico	TGM bidirezionale	% VP
I	≤ 1000	qualunque
I	> 1000	≤ 5
II	> 1000	5 – 15
III	> 1000	> 15

Tabella 5.1: categorie di traffico da TGM

Il D.M. 21.06.2004 fornisce la classe minima da adottare per le barriere longitudinali di sicurezza nelle diverse destinazioni in funzione del livello di traffico, come riportato in Tabella 2, 3 e 4, con riferimento alle categorie stradali adottate in progetto.

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte ¹
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 ²	H2-H3 ²	H3-H4 ²

Tabella 5.2: classi minime di barriere per autostrade e strade extraurbane principali

¹ per ponti e viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori si utilizzano barriere bordo laterale.

² la scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista.

Per il tipo di strada in oggetto categoria B Extraurbana principale secondo la classificazione del D.M. 5/11/2001) e per il flusso di traffico presente (tipo II) la normativa individua la necessità di installare una barriera spartitraffico di classe minima H3 (tabella 2).

Si ritiene però che in ragione di:

- caratteristiche geometriche della strada esistente con larghezza dello spartitraffico limitata
- elevato livello di incidentalità
- necessità di evitare intrusione della barriera in caso di urto nella carreggiata opposta

sia più adeguato l'impiego di barriere spartitraffico monofilari new jersey di classe H4 – W2 con larghezza operativa $W \leq 0,80$ m per lo spartitraffico e l'impiego di barriere H3 BL e H4 BP.

Alle estremità dei tratti di intervento le barriere in progetto saranno in continuità con le barriere esistenti per cui non sono previsti elementi di transizione.

6.2 TIPOLOGIE DI BARRIERE DI PROGETTO

Si prevede utilizzo di barriere con caratteristiche prestazionali di seguito descritte.

- new-jersey monofilare spartitraffico tipo **ANAS NDBA** classe H4b W2;

Nella tabella seguente sono stati riassunti i risultati dei crash test eseguiti presso il centro prove di CSI S.p.A. sulla barriera spartitraffico classe H4b con installazione su asfalto steso sopra a cordolo di cemento realizzata dalla società ANAS S.p.A.

CSI Test: 0134/ME/HRB/19

Veicolo / Vehicle: FIAT UNO (TB11)

Data del test / Test date: 27/09/2019

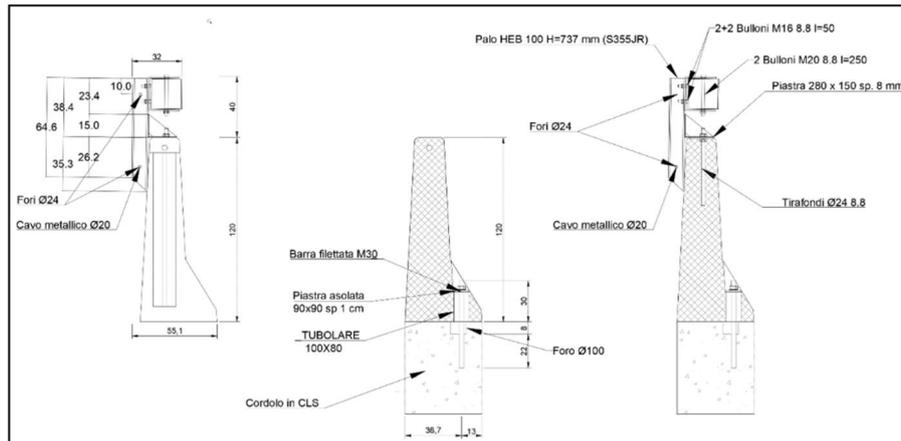
Test Data:

Nominal mass:	900 Kg
Nominal speed:	100.0 Km/h
Nominal angle:	20.0 deg
Real mass:	878.6 Kg
Real speed:	101.9 Km/h
Real angle:	19.5 deg

Test Results:

Working Width:	= 0.7 (0.70) m
Normalized Working Width:	= 0.7 (0.70) m
Class WW:	= W2
Working Width (static):	= 0.7 (0.68) m
Dynamic deflection (beam):	= 0.0 (0.00) m
Normalized Dynamic Defl.:	= 0.0 (0.00) m
Static deflection (post):	= 0.0 (0.00) m
ASI:	= 1.38
THIV:	= 24.93 km/h
Time of Flight:	= 86 ms
Max res acc cfc180:	= 32.83 g
Max long acc cfc180:	= 13.81 g
Max lat acc cfc180:	= 30.73 g
Severity Level:	B

- new jersey bordo ponte tipo **ANAS NDBA BRIDGE TB11** classe H4 W5 in corrispondenza su Viadotto SP20 Busto;



5.2. DISPOSITIVO / TEST ITEM

L'urto ha procurato una deformazione del dispositivo. The impact has determined a deformation of the device. Le informazioni su tali deformazioni sono qui riportate. Its deformations are listed here.

Deflessione dinamica / Dynamic deflection (5.2.1):	0.0 m	(0.04 m)
Deflessione dinamica normalizzata / Normalized dynamic deflection (5.2.2):	0.0 m	(0.04 m)
Larghezza operativa / Working width (5.2.3):	0.6 m	(0.64 m)
Larghezza operativa normalizzata / Normalized working width (5.2.4):	0.6 m	(0.64 m)
Classe di funzionamento / Functional level (5.2.5):	W1	($W_N \leq 0.6$ m)
Massima deformazione permanente / Maximum permanent deflection (5.2.7):	0.02 m	
Larghezza operativa permanente / Permanent working width (5.2.7.a):	0.62 m	
Lunghezza del contatto / Length of contact (5.2.8):	3.0 m	
Punto di impatto / Actual impact point (5.2.9):	blocco / block n° 4	
Spostamento permanente terminali / Permanent displacement of the end anchorage (5.2.10):	0.0 m	

- **Barriera ANAS Bordo laterale H3;**

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H3
Larghezza operativa W	≤180 cm
Altezza massima nastro	≤95cm
Larghezza massima del dispositivo	≤52cm

- **Barriera ANAS Bordo Ponte H4.**

Caratteristica prestazionale	Valore di riferimento
Appartenenza alla stessa classe (livello di contenimento)	H4
Larghezza operativa W	≤250 cm
Altezza massima nastro	≤95 cm
Altezza massima muretto	≤120cm
Larghezza massima del dispositivo nastri e paletti	≤90cm
Larghezza massima del dispositivo a muretto	≤80cm

- **Barriera Commerciale Bordo Laterale H3**

Sono state utilizzate Barriere Bordo laterale di tipo commerciale nei tratti in cui vi erano ostacoli fissi posti a una distanza inferiore 1,80 m

- **Barriera Commerciale Bordo Ponte H4**

Sono state utilizzate Barriere Bordo Ponte di tipo commerciale nei tratti in cui vi erano ostacoli fissi posti a una distanza inferiore 2,50 m

7 SEGNALETICA STRADALE

7.1 SEGNALETICA ORIZZONTALE

La segnaletica orizzontale da utilizzare come guida ottica presente sul tracciato stradale può impiegare materiali con formulazioni e tipologie applicative diverse, per soddisfare le precise richieste comportamentali e prestazionali in funzione del suo posizionamento. I prodotti vernicianti si distinguono in tre differenti livelli:

- a) vernici a solvente o a base acqua per applicazioni provvisorie o per zone poco sollecitate;
- b) termospruzzati plastici per applicazioni di routine;
- c) laminati elastoplastici o prodotti speciali per applicazioni in zone ad alta pericolosità.

Qualsiasi tipologia di segnaletica orizzontale da realizzare deve essere conforme a quanto stabilito dal nuovo Codice della Strada D.L.vo n. 285 del 30/04/1992, dal Regolamento d'esecuzione e d'attuazione del nuovo codice della strada D.P.R. n. 495 del 16.12.1992, dal D.P.R. 16 settembre 1996 n. 610 e dai disegni esecutivi allegati.

I materiali impiegati nelle lavorazioni devono essere forniti da Produttori in possesso di certificazione di qualità ISO 9000. Le verifiche di rispondenza, in conformità a quanto previsto dalle Norme UNI EN ISO 9000, devono essere certificate da Enti riconosciuti dalla Committente, in conformità alla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 2357 del 16.05.1996 (Gazzetta Ufficiale n. 125 del 30.05.1996) e successive modifiche e integrazioni. La qualità dei materiali deve essere sempre sottoposta a verifica ogni qual volta il Committente lo riterrà necessario ed in qualsiasi fase della produzione e/o realizzazione del servizio.

7.2 SEGNALETICA VERTICALE

Al fine di garantire la perfetta visibilità dei segnali, sia di giorno, sia di notte, in qualsiasi condizione e ovunque essa sia installata, deve essere garantito uno spazio di avvistamento della segnaletica verticale privo d'ostacoli e/o impedimenti. La distanza di avvistamento è lo spazio che consente al conducente di poter avvertire la presenza di un segnale, di riconoscerlo come tale e di individuarne il significato. Le misure minime di tale spazio sono indicativamente le seguenti:

1. segnali di pericolo 150 m;
2. segnali di prescrizione 250 m;
3. segnali d'indicazione 250 m.

La distanza tra l'estremità del cartello lato carreggiata e il margine della carreggiata stessa deve essere compresa tra un minimo di 0,60 m e un massimo di 1,00 m. Fanno eccezione i cartelli posizionati nello spartitraffico, quelli a sbalzo e quelli montati su supporto a portale che devono essere di volta in volta esaminati dal Direttore dell'esecuzione.

L'altezza tra il bordo inferiore del cartello e la pavimentazione deve essere compresa tra un minimo di 1,50 m e un massimo di 2,20 m, secondo un criterio di proporzione inversa rispetto alle dimensioni del cartello. Fanno eccezione le targhe chilometriche, i cartelli per la numerazione dei cavalcavia, la cui altezza deve essere compresa tra 1,70 m e 1,80 m, e tutti gli altri cartelli in posizioni particolari la cui altezza deve essere stabilita di volta in volta dal Direttore dell'esecuzione.

8 IDROLOGIA, IDRAULICA E REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

8.1 DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA

I sistemi di raccolta e di smaltimento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale sono realizzati mediante:

- embrici;
- canalette grigliate.

Gli elementi sono integrati da fossi di guardia, bacini e collettori aventi dimensionamento variabile in funzione delle esigenze idrauliche.

Nei tratti in cui il corpo stradale si sviluppa in rilevato, le acque meteoriche vengono canalizzate e allontanate dalla sede stradale mediante una sezione defluente costituita dal cordolo a lato piattaforma e dalla piattaforma stessa. Le acque raccolte sono poi convogliate verso il primo embrice disponibile con modalità variabile in funzione della livelletta stradale, dalla quale dipende anche l'interasse fra un embrice e l'altro. Gli embrici recapitano poi nei fossi filtro posti al piede della scarpata. I fossi di guardia presentano sezione trapezia o rettangolare aperta (comunemente detta ad "U") e vengono utilizzati sia quando la sezione stradale è in rilevato o in sterro. Nel primo caso questi fossi, posti al piede della scarpata, servono a raccogliere le acque che scendono dal rilevato, trattarle e a convogliarle verso il recapito finale più vicino; in presenza di tratti in trincea, sono utilizzati invece per intercettare e raccogliere le acque provenienti dal versante soprastante la carreggiata, evitando così che vadano a interessare quest'ultima. I fossi di guardia per i tratti con piattaforma in rilevato sono generalmente realizzati in terra e piantumati con idonee essenze per assolvere la funzione di "filtro".

Ove non è possibile prevedere fossi di guardia, lo smaltimento delle acque meteoriche avviene mediante una canaletta grigliata (CGR) coadiuvata da un collettore dedicato, in cui recapita in corrispondenza di pozzetti posti a interasse variabile.

Il sistema di laminazione è caratterizzato pertanto da:

- fossi di guardia;
- bacini di dispersione.

Le portate laminate sono integralmente inviate alla dispersione nel sottosuolo.

Non sono infatti presenti corsi d'acqua superficiali idonei e l'immissione in fognatura, nei rari casi in cui la rete è presente, è soggetta ad autorizzazione del gestore.

Il dimensionamento e la verifica idraulica di tutte le opere costituenti gli schemi idraulici di drenaggio e presidio dell'infrastruttura sono progettati e verificati con riferimento ai seguenti tempi di ritorno:

- drenaggio della piattaforma stradale $Tr=25$ anni;
- laminazione e dispersione $Tr=50$ anni.

8.2 TRATTAMENTO DELLE ACQUE

Le acque di piogge raccolte dalle canalette grigliate e dai collettori vengono convogliate dal sistema di drenaggio in progetto in punti di recapito terminali, muniti ciascuno di un impianto di trattamento delle acque.

Si prevede quindi di depurare le acque di pioggia della piattaforma stradale per mezzo di specifici impianti di trattamento di tipo modulare, costituiti da vasche in serie prefabbricate in c.a.v. da posizionare interrate, con funzione di dissabbiatore e disoleatore.

Ciascun impianto sarà quindi costituito dai seguenti elementi modulari:

- pozzetto scolmatore;
- vasca dissabbiatore;

- singola vasca o batteria di vasche disoleatore (poste in parallelo a coprire le portate in ingresso).

Ogni impianto ha una capacità limite di portata affluente che riesce a depurare, superata la quale i contributi di drenaggio ulteriori, convogliati all'impianto dal sistema di drenaggio a monte, vengono by-passati al recapito finale.

Il dimensionamento volumetrico dei manufatti costituenti la singola installazione di trattamento (composta dai moduli - vasca o vasche - sopra elencati) è definito in funzione dell'estensione della superficie pavimentata da drenare e dei valori dell'intensità di precipitazione di progetto.

8.3 INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

E' presente un'interferenza della SS336 con il reticolo idrico, relativa al Torrente Arno. Il torrente scorre in direzione nord-sud attraversando la superstrada in corrispondenza del confine tra i comuni di Cardano al Campo, Gallarate e Samarate.

Altri due torrenti interessano l'area, ma senza determinare interferenze:

- Torrente Rile, che sottopassa l'Autostrada A8 Milano-Varese confluendo poi, al confine con Busto Arsizio, nelle 3 vasche di spagliamento in cui confluisce anche il torrente Tenore. Le vasche sono state realizzate all'inizio degli anni '80 per ovviare ai frequenti allagamenti proprio della superstrada che collega l'autostrada A8 all'aeroporto di Malpensa e dei quartieri a nord del centro di Busto Arsizio.
- Torrente Tenore, che dopo aver sottopassato l'autostrada A8 Milano-Varese sfocia nelle vasche di laminazione e spagliamento controllato delle acque in cui confluisce anche il torrente Rile.

9 OPERE D'ARTE

Dal punto di vista strutturale, per il progetto di riquilifica della S.S.: 336 sono previsti i seguenti interventi:

- Riquilifica dei cordoli porta sicurvia delle opere di linea relativamente a ponti e viadotti;
- Prolungamento sottopasso esistente per accogliere l'allargamento di carreggiata in quel tratto;
- Muri di sostegno per l'alloggiamento dei sicurvia e delle barriere acustiche;
- Opere minori per la risoluzione di punti singolari e di potenziamento dell'attuale segnaletica stradale.

Si riporta di seguito una descrizione sintetica delle opere previste, per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche tavole e alla relazione strutturale.

9.1 PONTI E VIADOTTI

Gli interventi previsti sulle opere di linea consistono nella riquilifica degli sbalzi delle opere esistenti e nella sostituzione dei sicurvia.

Per il viadotto su "SP20 Busto Arsizio" è prevista la sostituzione dei dispositivi di ritenuta situati sugli sbalzi laterali degli impalcati a cassone per entrambe le carreggiate, così come indicato nella seguente figura:

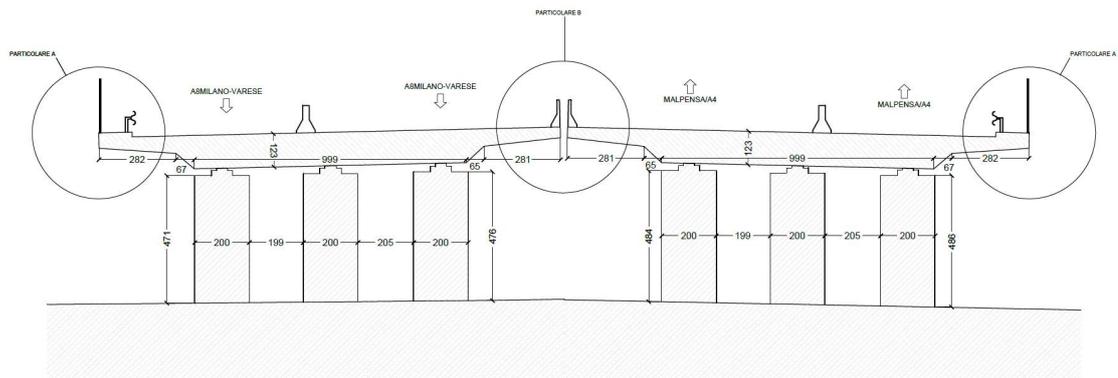


Figura 7.1: viadotto su SP 20 Busto - individuazione sbalzi oggetto di riquilifica

Per i viadotti su "Hupac" e "Ponte su ferrovia", così come per il Viadotto su SP20 Busto Arsizio, è prevista la sostituzione dei dispositivi di ritenuta situati sugli sbalzi laterali per entrambe le carreggiate. Nella seguente figura è rappresentato l'intervento previsto per il viadotto su Hupac:

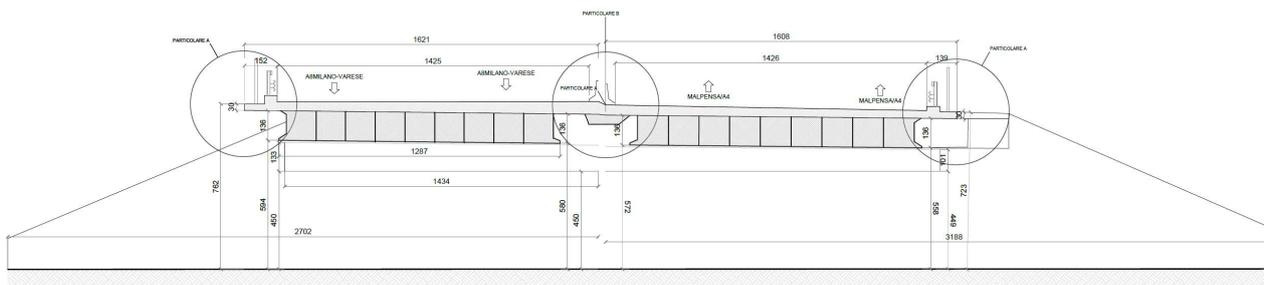


Figura 7.2: viadotto HUPAC e ponte su ferrovia - individuazione sbalzi oggetti di riquilifica

Per gli scotolari "Ponte su rampa di svincolo Cardano" e "Sovrappasso su SP 15" è prevista la sostituzione dei dispositivi di ritenuta situati sugli sbalzi laterali esterni in corrispondenza dell'imbocco/sbocco.

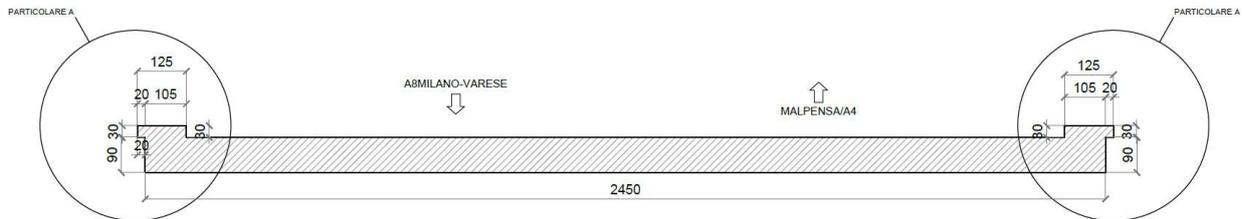


Figura 7.3: Ponte rampa su svincolo Cardano e sovrappasso su SP 15 - individuazione sbalzi oggetti di riqualifica

9.2 SOTTOPASSI

Per il sottopasso n.2 l'intervento previsto è quello di riqualifica dei cordoli laterali esistenti con la relativa sostituzione dei sicurvia, interventi simili a quelli per il ponte su rampa di svincolo Cardano e sul sovrappasso su SP15.

Per quanto riguarda invece l'intervento previsto sul sottopasso di via Correnti, al fine di permettere l'allargamento della carreggiata prevista in progetto, si è reso necessario prolungare l'attuale scatolare verso sud e verso nord. Di seguito uno stralcio planimetrico dell'opera.

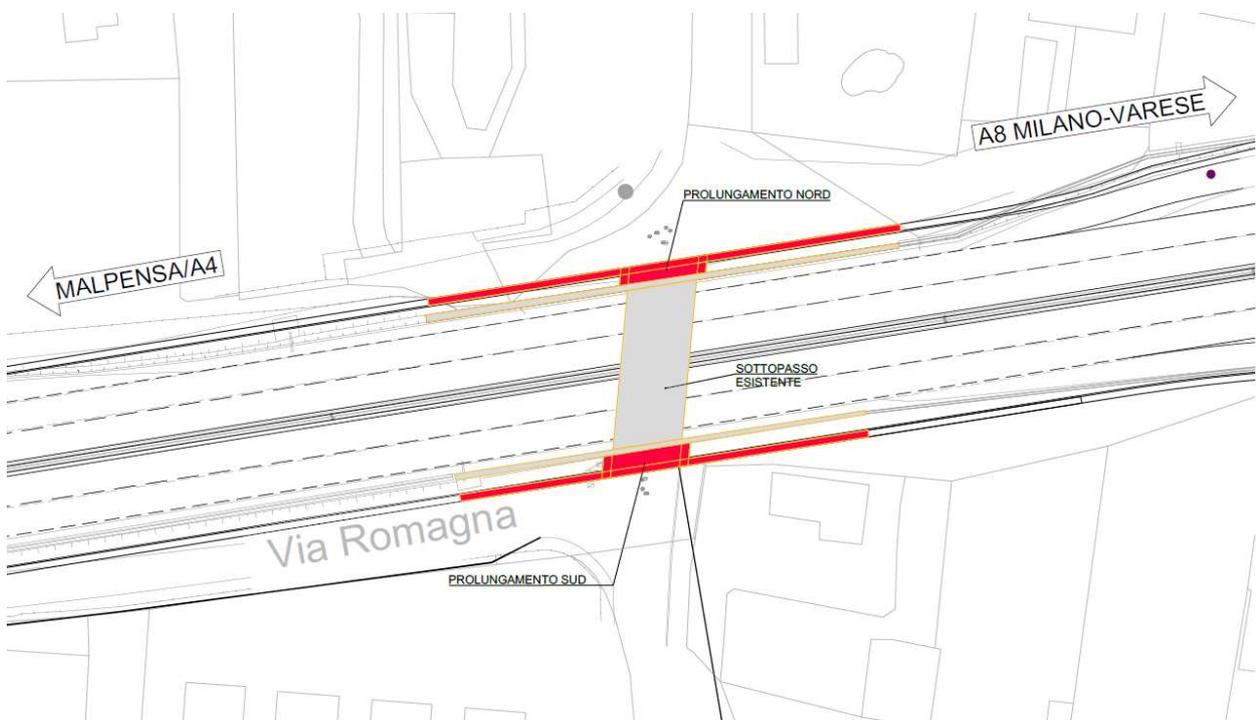


Figura 7.4: stralcio planimetrico sottopasso via Correnti

Il prolungamento è stato pensato con le medesime caratteristiche di quello esistente mentre ai lati degli imbocchi saranno realizzati dei muri fondati su micropali a sostegno del successivo riempimento per l'allargamento della carreggiata. Al fine di ridurre i disagi per la viabilità, durante la realizzazione dei prolungamenti, si è valutato di mantenere gli attuali muri di sostegno della carreggiata in fase definitiva, affiancandogli quelli di nuova realizzazione.

9.3 MURI DI SOSTEGNO E OPERE MINORI

L'allargamento della carreggiata e la riquilifica delle barriere laterali e spartitraffico della S.S. 336 ha comportato la necessità di realizzazione di nuovi muri di sostegno e la riquilifica di cordoli testa muro esistenti. L'inserimento di nuovi muri di sostegno si reso necessario in quanto, a progetto, è previsto l'alloggiamento di nuovi sicurvia e di barriere acustiche, del tipo semplice o integrate. Nella figura seguente si riporta un esempio di tipologia di muri presenti a progetto.

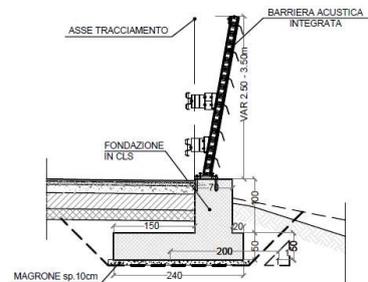


Figura 7.5: Opera di sostegno tipo

Nel corso della progettazione di riquilifica un tema primario è stato inoltre quello della risoluzione di quei punti, in corrispondenza delle opere d'arte, che ad oggi non risultano essere adeguatamente protetti dai dispositivi di ritenuta stradali.

A protezione delle opere di scavalco con le pile composte da pilastri la filosofia di protezione dell'opera prevedere la realizzazione di muri di sostegno, con fondazioni indirette, in adiacenza alla pila in grado di assorbire le sollecitazioni legate all'urto dei veicoli in svio.

A protezione degli imbocchi della galleria invece si propone una nuova opera in grado di raccordare, in destra, l'ingresso con il new jersey di nuova realizzazione. Il raccordo così creato permette di non avere più discontinuità fra gli elementi mantenendo costante la capacità di reindirizzamento dei dispositivi di ritenuta.

Si riportano di seguito due tipologici degli interventi sopra descritti.



Figura 7.6: Opere minori a protezione dei punti singolari

Un altro tema affrontato è stato quello del riposizionamento dei segnali stradali esistenti e dell'individuazione di segnali ex novo che è stato risolto prevedendo nuove opere quali portali a bandiera, farfalla, monopali e PMV.

Per i portali a bandiera e farfalla si è optato per un sistema fondazionale di tipo indiretto per esigenze legate prevalentemente agli ingombri, mentre per il PMV e per il monopalo la scelta è ricaduta su fondazioni dirette.

Si riporta di seguito come esempio un tipologico di portale a bandiera.

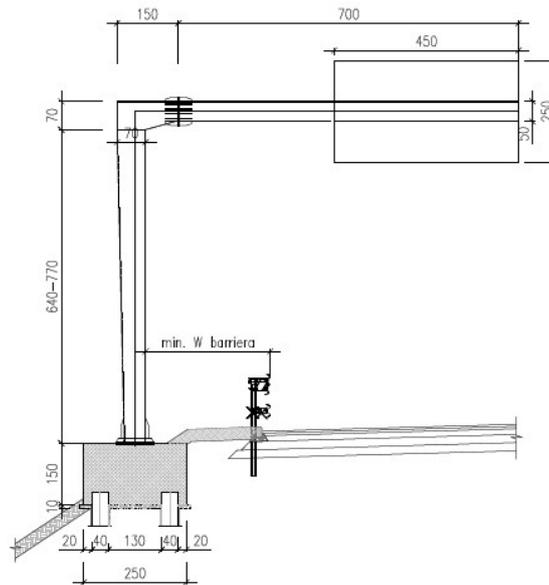


Figura 7.7: Opere minori – portale di segnaletica a bandiera

10 IMPIANTI

Gli impianti oggetto dell'intervento sono suddivisibili in:

- Distribuzione principale
- Nuovi quadri elettrici illuminazione pubblica
- Impianto di illuminazione pubblica

L'intervento in oggetto prevede la sostituzione degli attuali pali posti nello spartitraffico centrale, con nuovi pali posti ai lati della carreggiata.

Tale intervento perseguirà i seguenti obiettivi:

- una maggiore sicurezza per gli automobilisti in quanto i nuovi pali verranno collocati ad una distanza di sicurezza rispetto al guard-rail. Ove lo spazio non permette di garantire tale distanza verranno previsti pali del tipo deformabili (pali a sicurezza passiva ai sensi UNI EN 12767)
- un miglioramento generale delle prestazioni illuminotecniche in quanto i nuovi impianti saranno conformi alla norma UNI EN 13201 per la categoria M2
- un consistente risparmio energetico in quanto i nuovi impianti prevederanno sorgenti luminose a LED con un'efficienza > 110 lumen/w. Inoltre verrà prevista una regolazione luminosa stand-alone dei singoli punti luce che saranno equipaggiati di sistema "mezzanotte virtuale"

L'alimentazione elettrica per i nuovi impianti di illuminazione stradale verrà derivata dagli attuali punti di fornitura BT distribuiti lungo la statale.

Per ciascun punto di fornitura è previsto un contatore di energia BT ed un quadro elettrico di distribuzione, posizionato all'interno di un manufatto cabina elettrica, come evidenziato sulle planimetrie di progetto.

L'attuale impianto di illuminazione è distribuito su n.7 quadri distinti e relativi punti di fornitura e precisamente:

- cabina n.3
- cabina n.4
- cabina n.5
- cabina n.6
- cabina n.7
- cabina n.9
- cabina n.10

L'intervento a progetto prevede l'installazione di corpi illuminanti a LED su palo h=12mt f.t. in sostituzione dei pali esistenti negli spartitraffici centrali.

Tali nuovi pali saranno per installazione in plinto predisposto o, nel caso di impossibilità ad interrare il palo, all'interno di bicchiere fissato ai bordi della strada.

L'interdistanza media tra i pali sarà di 45mt. L'accensione degli impianti avverrà per mezzo di orologio astronomico.

La distribuzione avverrà per la maggior parte del tracciato in cavidotti corrugati a doppia parete interrati mentre una porzione ridotta dei percorsi sarà in canale metallico chiuso con coperchio.

In corrispondenza di ogni palo di illuminazione sarà da presente un pozzetto in cls prefabbricato per lo smistamento delle linee all'interno dei singoli pali.

Ulteriori pozzetti rompitratta saranno da prevedere in corrispondenza di ogni cambio di direzione e comunque non oltre i 30mt dal precedente in tratti rettilinei per distribuzione linee.

11 OPERE DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

Gli interventi a livello paesaggistico riguarderanno un inserimento ad “agopuntura” del verde per una rinaturalizzazione dei bordi stradali, riqualificando sia l'area stradale passante all'interno del bosco, sia l'area infrastrutturale che taglia il centro urbano, riportando quindi all'interno del tessuto costruito una naturalità e una riconnessione tra uomo e natura.

Il progetto comprende anche in fase di cantiere alcune interferenze con il tessuto urbano ed industriale dei comuni di Cardano al Campo, Gallarate e Busto Arsizio. Tali interferenze verranno minimizzate attraverso l'adozione di accorgimenti di gestione ambientale delle attività di cantiere e tramite l'introduzione di misure di contenimento degli impatti e di ottimizzazione del progetto che saranno studiate nelle fasi successive di progetto ed attivate nella fase di esercizio.

Sono previsti interventi paesaggistici all'interno delle sole aree espropriate da ANAS, per la creazione di un sistema di verde infrastrutturale puntuale e lineare che accompagni il percorso della strada garantendo un suo inserimento paesaggistico e ambientale integrato e sostenibile.

Le aree che si andranno a realizzare, viste le dimensioni contenute dei perimetri di esproprio e nel rispetto delle distanze minime riportate dal codice della strada per quanto riguarda le opere a verde, prevedono inverdimento a prato o arbustivo in quanto la messa a dimora di esemplari arborei non risulta possibile a per mancanza di profondità dal ciglio stradale.

Oltre a ciò, si è operata una distinzione nelle specie utilizzate, a seconda che esse ricadano su aree in territorio infrastrutturale, in prossimità di aree naturali boscate o in prossimità di aree agricole, così da differenziare e aumentare la biodiversità del territorio, nel rispetto delle vocazioni del luogo.

Le aree a disposizione per la realizzazione degli interventi consistono essenzialmente nelle scarpate poste ai lati della strada e lungo gli svincoli di ingresso/uscita.

Dal punto di vista delle opere a verde ci si concentra sulle scarpate laterali di alcune zone poste ai margini della strada. Per le caratteristiche di queste aree, essendo strette e lunghe, solamente in alcuni casi si riesce a procedere con l'inserimento di specie arbustive (oltre i 3 metri dal limite stradale) mentre in nessuna area è possibile andare ad inserire specie arboree in quanto le aree a disposizione sono troppo ridotte e non superano i 10 metri di larghezza minimi richiesti dal codice della strada.

Nella scelta delle specie vegetali è stata individuata una lista di specie arboree e arbustive, suddivisa per tipologie di intervento. Ciascuna è stata verificata nei diversi documenti inerenti i temi ambientali, ecologici e paesaggistici, tra cui: Regolamento ENAC e ENAV, Black list delle specie vegetali esotiche invasive stilata dalla Regione Lombardia.

Tutti i dimensionamenti dei diversi sestri d'impianto proposti sono in conformità con le normative in termini di distanza della vegetazione dal limite stradale e dal confine di proprietà.

Per quanto riguarda le distanze da mantenere dall'asse stradale si fa riferimento al D. Lgs. 285/92 - Nuovo codice della strada e ai regolamenti edilizi dei comuni in cui l'intervento ricade.

Per una descrizione più approfondita dei sestri d'impianto e delle specie utilizzate nei vari interventi si rimanda all'elaborato T00IA00AMBRE02A_Relazione degli interventi di inserimento Paesaggistico-Ambientale e relative tavole.

12 INTERFERENZE ED ESPROPRI

Al fine di individuare le reti di sottoservizi e linee aeree potenzialmente interferenti con le opere di progetto, si è eseguito un censimento delle reti tecnologiche, interpellando direttamente gli uffici delle amministrazioni comunali interessate, ovvero:

- Comune di Cardano al Campo;
- Comune di Gallarate;
- Comune di Busto Arsizio;

Si è pervenuti in tal modo ad una mappatura aggiornata ed attendibile dei sottoservizi, con l'obiettivo di individuare le eventuali interferenze con l'intervento in progetto.

Le comunicazioni intercorse con gli Enti interpellati sono riportate in appendice alla presente relazione interferenze.

Gli enti gestori di reti tecnologiche e/o sottoservizi interessati sono i seguenti;

- Alfa s.r.l. – acquedotto;
- Alfa s.r.l. – fognatura;
- GEI s.p.a., Prealpi gas s.r.l. e S.N.A.M s.p.a.– gas;
- E-distribuzione s.p.a. – rete elettrica;
- Telecom Italia s.p.a.– linea telefonica;
- Open Fiber – linee di fibra ottica;
- Enel Sole s.r.l. - illuminazione pubblica.

Al fine di individuare le ditte catastali interessate da espropri e occupazioni temporanee necessarie per la realizzazione delle opere di progetto si è sovrapposta la planimetria di progetto alla mappa catastale, come visibile nella planimetria delle aree impegnate.

Le aree interessate da acquisizioni o occupazioni sono costituite principalmente da terreni agricoli e non comportano alcuna demolizione di fabbricati.

13 CANTIERIZZAZIONE

Per la fase di esecuzione delle lavorazioni, in sede di elaborazione del presente progetto, sono stati previsti un cantiere base e due cantieri operativi, come chiaramente desumibile dall'analisi dall'elaborato grafico denominato "Planimetria generale di inquadramento aree di cantiere e viabilità di cantiere" - T00CA00CANPU02_A.

Il cantiere base è ubicato in posizione all'incirca baricentrica rispetto al tracciato stradale ed è di estensione planimetrica pari a circa 15.750,00 mq.

Il cantiere operativo n° 2 (C.02), con estensione planimetrica di circa 13.400,00 mq, è ubicato in prossimità del viadotto sulla S.P. 20 al km 0+695;

Il cantiere operativo n° 3 (C.03), con estensione planimetrica di circa 11.400,00 mq, è ubicato in prossimità del sottovia allo svincolo Cardano al Campo al km 5+402.

Le suddette aree di cantiere sono adeguatamente collegate all'esistente viabilità principale e secondaria, avendo avuto cura, in funzione delle esigenze complessive della cantierizzazione dell'opera, di prevedere i necessari adeguamenti della geometria delle infrastrutture viarie esistenti.

Per la realizzazione di tutti gli interventi sono state previste le espropriazioni ed occupazioni temporanee necessarie.

L'organizzazione delle cantierizzazioni per le lavorazioni in oggetto avverrà considerando due importanti aspetti: da un lato la sicurezza dei lavoratori e dall'altro la sicurezza degli utenti della strada e di coloro che vengono in qualche modo a contatto con l'area interessata dai lavori così come andrà indicato nel Piano di Sicurezza e Coordinamento in fase esecutiva.

Sarà inoltre prioritario non provocare alcun tipo di inquinamento o danno ambientale nella fase di predisposizione ed utilizzo dei cantieri e delle relative strade di collegamento ed in quella di realizzazione esecutiva delle opere.

In considerazione del fatto che l'intervento di prevede una riquilificazione della SS336, non è stato fatto uno studio viabilistico ad hoc; tuttavia, l'intervento di riquilificazione deve prendere in considerazione una nuova viabilità che entrerà in esercizio a breve termine, ovvero la Bretella di Gallarate. Tale Bretella devierà una parte del traffico, determinando un calo dei passaggi nella parte più ad Est del tracciato della SS336.

Sono quindi stati previsti rapporti percentuali fra il traffico misurato e quello di riferimento senza interventi per stabilire il traffico attuale su tutti i tratti e un rapporto percentuale fra lo stato di riferimento con interventi e senza interventi per stabilire il traffico con Bretella di Gallarate in funzione.

L'insieme delle singole lavorazioni che dovranno essere eseguite per completare quanto previsto in progetto, è riassunto nel seguente elenco:

- rimozione delle attuali barriere new jersey (valido su tutto lo sviluppo della tratta in esame);
- rimozione pali dell'impianto di illuminazione
- demolizione della canaletta centrale (presente nei tratti in curva);
- demolizione dei pozzetti raccolta acque (presenti nei tratti in curva);
- demolizione delle canalette con griglia posizionate in corrispondenza dei pozzetti di raccolta acque (presenti nei tratti in curva);
- demolizione / rimozione dei plinti dei pali dell'impianto di illuminazione (valido su tutto lo sviluppo della tratta in esame);
- posa di nuove canalette con griglia in affiancamento alla nuova barriera new jersey in sostituzione della canaletta centrale (valido per i tratti in curva);
- posa di nuovi pozzetti di raccolta acque (valido per i tratti in curva);
- posa dei nuovi tubi di raccordo a quelli esistenti (valido per i tratti in curva);

- fresatura del manto d'usura drenante nello spartitraffico e rifacimento della pavimentazione;
- ripristino della pavimentazione esistente nella corsia di sorpasso per uno spessore totale pari a 32cm, costituito da uno strato di usura da 5cm, da uno strato di binder da 6cm, e da uno strato di base tout-venant da 12cm sopra al rinfiacco da 9cm della nuova tubazione (valido per i tratti in curva);
- realizzazione degli elementi di protezione delle pile esistenti nello spartitraffico (valido in presenza delle pile dei cavalcavia);
- posa di nuove barriere spartitraffico (valido su tutto lo sviluppo della tratta in esame);
- ripristino della segnaletica orizzontale (valido su tutto lo sviluppo della tratta in esame).

L'infrastruttura stradale si sviluppa prevalentemente in ambito urbano ed extraurbano, interessando costantemente la viabilità esistente.

Le vie d'accesso alle aree di cantiere sono state ottenute prevedendo un utilizzo di viabilità secondaria esistente utilizzando anche piste provvisorie di cantiere ricavabili dalla viabilità secondaria esistente a margine della carreggiata della S.S. 336.

In tutte le fasi di possibile interferenza con la viabilità ordinaria è di notevole importanza il presegnalamento delle lavorazioni in corso, che deve essere allestito conformemente agli schemi tipo del DM 10.07.2002, prevedendo gli opportuni adattamenti se necessari in base allo stato dei luoghi oggetto di intervento.

Le aree di lavoro lungo fuori traffico saranno delimitate con apposita recinzione in grigliato metallico rivestito in rete di polietilene arancione di altezza minima pari a 2,0 m, con integrazione di reti antipolvere nelle aree urbanizzate a prevalente destinazione residenziale.

La realizzazione degli interventi in progetto prevede le seguenti attività:

- Scavi: comprendono le operazioni di sterro, relativamente alla realizzazione del corpo stradale di nuova realizzazione, oltre all'esecuzione degli scavi di fondazione previsti per le opere d'arte maggiori e minori.
- Rilevati: la formazione dei rilevati avverrà riutilizzando parzialmente i materiali provenienti dagli scavi dotati di caratteristiche idonee allo scopo. Altro materiale verrà approvvigionato da cava. Le lavorazioni ad essi associate, comprendono:
 - a. Preparazione del piano di posa dei rilevati con materiali provenienti da cava;
 - b. Preparazione del piano di posa dei rilevati su scarpate esistenti mediante gradonatura profonda;
 - c. Sistemazione in rilevato;
 - d. Terreno vegetale per rivestimento delle scarpate.
- Riempimenti: ulteriore materiale servirà come riempimento di depressioni morfologiche naturali.
- Scotico invece consiste nella rimozione ed asportazione del suolo, del terreno vegetale di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua, nella rimozione ed asportazione di erba, radici, cespugli, piante e alberi, da effettuarsi preventivamente a tutte le lavorazioni di scavo, avendo cura di rimuovere completamente tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito. Lo scotico, laddove realizzato propedeuticamente alla preparazione del piano di posa di rilevati prevede, oltre alle operazioni di asportazione del terreno vegetale, il costipamento del fondo scavo ed il riempimento con materiali idonei. Lo scotico è stabilito fino alla profondità di 20 cm al di sotto del piano campagna.

Il materiale vegetale scavato, se ritenuto idoneo dalla D.L., potrà essere accantonato all'interno dei tre cantieri operativi C.01, C.02 e C.03 nelle apposite aree di stoccaggio, per essere successivamente utilizzato per il rinterro o per il rivestimento delle scarpate, in caso contrario dovrà essere trasportato a discarica.

Gli scavi, comprendenti anche le operazioni di sterro, daranno origine a consistenti volumetrie di materiale collegate ad operazioni di costruzione del nuovo corpo stradale e all'esecuzione di scavi per l'inserimento delle fondazioni per le opere in sito.

I materiali provenienti dagli scavi che risulteranno idonei saranno riutilizzati per la costruzione di diversi elementi in progetto: i rilevati e i riempimenti di depressioni morfologiche naturali.

Il computo di progetto definisce le seguenti volumetrie di scavo/demolizione e approvvigionamento:

• Materiali provenienti da bonifica del piano di posa:	21.052 m ³
• Terreni provenienti da scavi:	96.353 m ³
• Demolizione di sovrastruttura stradale:	9.151 m ³
• Demolizione c.a.:	5.801 m ³

• Approvvigionamento di materiali da cava:	3.872 m ³

I prodotti delle attività previste in progetto che vengono classificati come rifiuti e non riutilizzabili in sito e portati in idonei impianti di smaltimento saranno prevedibilmente materiali di fresatura sovrastruttura stradale, materiali di scavo, demolizione di calcestruzzo armato e non armato.

E' stata condotta un'analisi territoriale, sviluppata in un ambito sufficientemente esteso intorno all'area d'interesse, volta all'individuazione di siti estrattivi e impianti di smaltimento/recupero attivi, utilizzabili rispettivamente per l'approvvigionamento di materiali utili per la realizzazione delle opere previste e per il conferimento/recupero dei materiali non riutilizzati nell'ambito dell'intervento.

L'indicazione della ubicazione planimetrica dei siti è contenuta all'interno della tavola T00CA00CANCD01_A facente parte integrante del presente progetto.

14 STUDIO ACUSTICO

Lo studio acustico analizza sia la fase di esercizio della variante sia la fase di cantiere, pertanto vengono indicate le opere di mitigazione acustica necessarie per il rispetto della normativa vigente. Lo studio si articola in:

- Campagna di rilievi fonometrici finalizzati alla caratterizzazione del clima acustico attuale e alla taratura del modello acustico
- Caratterizzazione del territorio: definizione dell'edificato con destinazione d'uso e altezza di ciascun edificio in un ambito di 250 m dalla variante esteso a 500 m nel caso di ricettori sensibili; mappatura delle classificazioni acustiche vigenti, definizione delle sorgenti concorsualità per la determinazione dei limiti (applicazione della concorsualità geometrica)
- Simulazione dello stato di fatto e taratura del modello acustico
- Definizione di un possibile scenario di traffico (con Bretella di Gallarate in funzione)
- Simulazione dello stato di progetto e di progetto bonificato per la fase di esercizio, con dimensionamento degli interventi di mitigazione (ed eventuale allungamento o innalzamento delle barriere esistenti).
- Simulazione delle fasi di cantiere più impattanti e definizione di eventuali necessità di bonifiche con relativo dimensionamento.

Sono stati simulati due scenari previsionali:

- Scenario attuale: lo stato di fatto è stato valutato come punto di riferimento per capire le attuali criticità e l'efficacia degli interventi di protezione acustica esistenti rispetto ad uno scenario di sviluppo del traffico
- Scenario di impatto post operam: considera le infrastrutture stradali inserite nel territorio, secondo le caratteristiche planoaltimetriche del progetto stradale e le condizioni di traffico di progetto
- Scenario di impatto post operam con mitigazioni: riproduce lo scenario di impatto post operam considerando tutti gli interventi di mitigazione previsti compresi quelli esistenti eventualmente allungati o innalzati per raggiungere l'obiettivo di mitigazione.

La valutazione puntuale in facciata ai ricettori è stata eseguita considerando esclusivamente il contributo della infrastruttura di progetto e confrontando il livello di pressione sonora in facciata con i limiti previsti dal DPR 142/2004, eventualmente ridotti per effetto della concorsualità con altre infrastrutture di trasporto.

Sono state inoltre redatte mappature dei vari scenari, a 4 metri di altezza sul piano di campagna in un'area di estensione pari a 500 metri per lato dall'area di intervento di progetto.

Alcuni edifici, sia di tipo residenziale, che terziario che sensibile, hanno richiesto l'inserimento di una nuova barriera acustica o una modifica (innalzamento/allungamento) di una esistente. Di seguito le barriere di progetto che consentono di raggiungere gli obiettivi di mitigazione previsti; fanno eccezione solo due edifici, un centro diurno per disabili, codificato S7 e un edificio terziario codificato T16. Per quanto concerne S7, avente limite diurno pari a 50 dBA, il livello massimo stimato in facciata è pari a 56.0 dB e per il T16 il livello in facciata è pari a 70.2. Il centro diurno, assimilato a un sensibile, si assume che abbia lo stesso limite interno delle scuole e quindi 45 dBA; assumendo un isolamento di 17 dB dell'involucro edilizio si ottiene un livello interno pari a $56.0 - 17.0 = 39$ dB pertanto non è necessario intervenire direttamente sull'edificio (che tra l'altro risulta di recente edificazione).

Le barriere di progetto sono elencate nella tabella seguente e rappresentate nelle tavole T00IA03AMBPL25A, T00IA03AMBPL26A, T00IA03AMBPL27A e T00IA03AMBPL28A. Tutte le barriere, per esigenze legate alla viabilità, sono di tipo integrato fatta eccezione per la BA.29 dove si prevede una barriera di sicurezza H3 BL e dietro, nella posizione attuale, una barriera fonica alta 6 m. Il pannello acustico delle barriere sarà del tipo B3 e A4; in presenza di altra viabilità sul lato non esposto alla SS336 dovrà essere previsto un pannello biassorbente di categoria A4 su entrambi i lati.

Per dettagli si rimanda al capitolo 13.04.

15 CRONOPROGRAMMA

La durata stimata delle lavorazioni, come desumibile dal cronoprogramma lavori è così suddivisa:

- 1040 giorni lavorativi, pari a 1185 giorni naturali e consecutivi (prevista settimana lavorativa in diurno da lunedì a sabato).

In dettaglio sono stimate le seguenti durate indicative per le lavorazioni propedeutiche all'inizio lavori:

- 5 gg per realizzazione apprestamenti di sicurezza e campo base
- 60 gg per bonifica ordigni bellici
- 180 gg per risoluzione interferenze

Per le lavorazioni si stimano invece le seguenti durate espresse in giorni lavorativi:

Task Name	Duration
MACROFASE 1 - LAVORAZIONI IN DESTRA CON CORSIA DI MARCIA CHIUSA (L cant. Km 2.00) IN AMBO LE CARREGGIATE	660 days
DA KM 0+000 A 2+000 DIR. MALPENSA + DA KM 9+400 A 7+400 DIR MILANO	140 days
Cantierizzazione con chiusura marcia e posa new jersey (cantieri L max 2 km) - attività in orario notturno	2 days
Rimozione barriere di sicurezza, segnaletica e portali	3 days
Fresatura e taglio pavimentazioni	5 days
Allargamento sede stradale con ammorsamento alla struttura esistente	80 days
Demolizione opere minori di linea interferenti	25 days
Muri, opere minori di sostegno e fondaz. Portali ecc.	100 days
Rete smaltimento acque	70 days
Nuovo impianto di illuminazione - cavidotti e plinti pali ill.	55 days
Demolizione e ricostruzione cordoli su impalcato per posa nuove barriere di sicurezza	25 days
Barriere antirumore	20 days
portali a bandiera - farfalla - monopalo e segnaletica verticale	10 days
Posa nuove barriere stradali e attenuatori d'urto	15 days
Posa pali illuminazione e cablaggi	30 days
Nuovo pacchetto sovrastruttura stradale (esclusa usura)	15 days
Segnaletica orizzontale gialla	2 days
Rimozione cantierizzazione	2 days
DA KM 2+000 A 4+000 DIR. MALPENSA + DA KM 7+400 A 5+400 DIR MILANO	140 days
DA KM 4+000 A 6+000 DIR. MALPENSA + DA KM 5+400 A 3+400 DIR MILANO	140 days
DA KM 6+000 A 8+000 DIR. MALPENSA + DA KM 3+400 A 1+400 DIR MILANO	140 days
DA KM 8+000 A 9+400 DIR. MALPENSA + DA KM 1+400 A 0+000 DIR MILANO	100 days
MACROFASE 2 - RIQUALIFICA SPARTITRAFFICO - LAVORAZIONI IN SX CON CORSIA DI SORPASSO CHIUSA (L cant. Km 2.00) IN AMBO LE CARREGGIATE	285 days
DA KM 0+000 A 2+000	60 days
Accantieramento	2 days
Rimozione segnaletica	2 days
Rimozione new jersey	6 days
Rimozione plinti e pali luce esistenti	5 days
Rimozione cablaggi impianto illuminazione esistente	8 days
Demolizione basamenti sotto new jersey	7 days
Rimozione canalette smaltimento acque	7 days
Posa nuove canalette	7 days
Posa nuovi pozzetti e collegamento a sistema esistente	7 days
Realizzazione muri protezione pile e nuovo cordolo	47 days
Ripristino pavimentazioni (esclusa usura)	8 days
Posa nuove barriere	7 days

Task Name	Duration
Ripristino segnaletica verticale	4 days
Segnaletica orizzontale	2 days
DA KM 2+000 A 4+000	60 days
DA KM 4+000 A 6+000	60 days
DA KM 6+000 A 8+000	60 days
DA KM 8+000 A 9+400	45 days
stesa tappeto d'usura su tutta la tratta direz. Milano e direz. Malpensa	15 days
Smobilizzo cantiere	20 days
Smobilizzo cantiere	2 days
Ripristino stato dei luoghi presso campi base e operativi	20 days

Tabella 11.1: durata prevista lavorazioni da cronoprogramma

Il dettaglio del cronoprogramma con l'indicazione delle sovrapposizioni temporali delle fasi lavorative è consultabile nell'elaborato T00CA00CANCR01_A.

16 STIMA DEI COSTI DELL'INTERVENTO

Il valore complessivo derivante dal computo metrico estimativo, effettuato sulla base dell'elenco prezzi ANAS 2022 terza emissione-rev02, è visibile negli elaborati tecnico economici.