

Politecnico di Milano

Scuola di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale

Corso di laurea in Ingegneria Civile



AMPLIAMENTO 3^a CORSIA AUTOSTRADA A 9 LAINATE – COMO – CHIASSO

*ANALISI PROPOSTA DI VARIANTE INTERCONNESSIONE DI
LAINATE*

Relatore: Prof. Ing. Maurizio Crispino

Correlatore: Ing. Arturo Sertori

Elaborato di laurea di:

Marcello Cacioni matr. 766684

Anno accademico 2011/2012

INDICE

ELENCO DELLE TABELLE	4
ELENCO DELLE FIGURE	5
RINGRAZIAMENTI	7
1. PREMESSA	8
2. SOLUZIONE PROGETTUALE INIZIALE	12
<i>Descrizione del Progetto Esecutivo (PE)</i>	12
<i>Problematiche riscontrate</i>	16
3. AMMISSIBILITÀ E GIUSTIFICAZIONE DELLE VARIANTI PROPOSTE	17
<i>Caratteristiche Viadotti</i>	18
<i>Caratteristiche Viadotti Interconnessione di Lainate – Progetto Esecutivo</i>	22
<i>Caratteristiche Viadotti Interconnessione di Lainate – Proposta di Variante</i>	22
<i>Fondazioni e spalle</i>	23
<i>Caratteristiche pile</i>	25
<i>Caratteristiche impalcati</i>	27
<i>Rampa Como – Varese</i>	33
<i>Rampa Como – Milano, Sottopasso SP101</i>	34
<i>Movimenti materia</i>	36
<i>Pavimentazioni</i>	42
<i>Pista di Emergenza Lainate</i>	48
<i>Idrologia – idraulica</i>	51
<i>Scatolari Bozzente 1 e 2</i>	60
<i>Muri di sostegno</i>	65
<i>Barriere di sicurezza</i>	67
<i>Oneri per lavorazioni in presenza di traffico</i>	68
<i>Adeguamento del Piano di Sicurezza e Coordinamento</i>	69
<i>Opere stralciate</i>	70
4. RIEPILOGO DEI VANTAGGI E DEGLI SVANTAGGI DELLE VARIANTI DI PROGETTO	71
<i>Vantaggi Soluzioni Proposte</i>	72
<i>Quadro economico</i>	73

Schema riepilogativo74

5. CONCLUSIONI.....76

ELENCO DELLE TABELLE

<i>Tabella 2.1 – Progetto Esecutivo, viadotti 1, 2, 3, 4.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabella 2.2 – Progetto Esecutivo, caratteristiche rilevati.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 3.1 – Viadotti, da Progetto Esecutivo a proposta di variante.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 3.2 – Progetto Esecutivo, caratteristiche viadotti.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabella 3.3 – Proposta di variante, caratteristiche viadotti.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabella 3.4 – Raffronto tubazioni Pead tra Progetto Esecutivo e proposta di variante.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 4.1 – Differenza importi tra progetto esecutivo e perizia di variante.....</i>	<i>72</i>

ELENCO DELLE FIGURE

<i>Figura 1.1 – Rete autostradale intorno alla città di Milano</i>	<i>8</i>
<i>Figura 1.2 – Progetto Esecutivo Interconnessione di Lainate</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3.1 – Proposta di variante Interconnessione di Lainate</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3.2 - Rampa Varese Como:</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3.3 - Pianta Scavi sulla rampa Como - Milano:.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3.4 - Progetto esecutivo, sezione trasversale tipologica pile</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.5 – Proposta di variante, sezione trasversale tipologica pile</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3.6 - Proposta di variante, tipologico pila</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3.7 - Esempio di cavalcavia su autostrada A4 (impalcato a 4 travi), vista frontale, travi in acciaio corten con veletta in acciaio inox</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.8 - Esempio di cavalcavia su autostrada A4 (impalcato a 4 travi), vista frontale, travi in acciaio corten con veletta in acciaio inox</i>	<i>32</i>
<i>Figura 3.9 - Esempio di cavalcavia su autostrada A4 (impalcato a 4 travi), vista intradosso, travi in acciaio corten con coppelle metalliche</i>	<i>32</i>
<i>Figura 3.10 – Progetto Esecutivo, profilo longitudinale rampa Como – Varese</i>	<i>33</i>
<i>Figura 3.11 – Proposta di variante, profilo longitudinale rampa Como – Varese</i>	<i>34</i>
<i>Figura 3.12 - Planimetria interventi propedeutici per realizzazione sottovia Provincia di Milano</i>	<i>35</i>
<i>Figura 3.13- Sezione trasversale interventi propedeutici per realizzazione sottovia Provincia di Milano.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 3.14 – Precipitazioni annuali totali nella Provincia di Varese dal 1966 al 2009.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 3.15 – Confronto tra pacchetti autostradali, Progetto Esecutivo e proposta di variante.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 3.16 – Progetto Esecutivo, sezione tipo risanamento profondo.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3.17 – Proposta di variante, sezione tipo risanamento profondo</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3.18 – Stralcio planimetrico pista di emergenza Lainate.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 3.19 - Sezione trasversale esistente in adiacenza alla carreggiata sud dell'A8.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 3.20 – Pista di emergenza, sezione trasversale tipo.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 3.21 – Confronto presidi idraulici tra Progetto Esecutivo e proposta di variante.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 3.22 - Confronto vasche tra Progetto Esecutivo e proposta di variante</i>	<i>53</i>
<i>Figura 3.23 – Progetto Esecutivo, planimetria presidio di Lainate</i>	<i>54</i>
<i>Figura 3.24 – Proposta di variante, planimetria presidio di Lainate</i>	<i>54</i>

<i>Figura 3.25 – Particolare cordolo estruso a “L” in rilevato.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 3.26 – Particolare cordolo estruso a “L” in trincea</i>	<i>57</i>
<i>Figura 3.27 – Sezione tipo opere idrauliche piattaforma.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 3.28 – Estratto planimetrico opere idrauliche piattaforma rampa CO-MI</i>	<i>59</i>
<i>Figura 3.29 – Estratto planimetrico opere idrauliche piattaforma rampa MI-CO</i>	<i>59</i>
<i>Figura 3.30 – Sezione tipo opere idrauliche piattaforma in corrispondenza FOA (Barriera Fono-Assorbente).....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 3.31 – Proposta di variante, sezione trasversale Bozzente 1-opera 1</i>	<i>61</i>
<i>Figura 3.32 – Proposta di variante, sezione trasversale Bozzente 1-opera 2</i>	<i>62</i>
<i>Figura 3.33 – Proposta di variante, sezione trasversale Bozzente 2-opera 1</i>	<i>63</i>
<i>Figura 3.34 – Proposta di variante, sezione trasversale Bozzente 2-opera 3.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 3.35 – Proposta di variante, sezione trasversale Bozzente 2-opera 4</i>	<i>65</i>
<i>Figura 3.36 – Pianta muro MS23.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 3.37 – Pianta muro MS24.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 3.38 – Sezione tipologica rete di protezione sui viadotti</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.1 – Programma dei lavori, confronto tra Progetto Esecutivo e proposta di variante</i>	<i>75</i>
<i>Figura 5.1 – Situazione prima e dopo i lavori.....</i>	<i>77</i>



Ringraziamenti

A conclusione di questo lavoro di tesi ringrazio il Prof. Maurizio Crispino quale relatore della mia tesi, l'Ing. Arturo Sertori e con lui tutti i ragazzi della Pavimental che mi hanno permesso di "accompagnarli" per un intero anno, durante la realizzazione di una grande opera.

Un grazie ed un caro ricordo va ai miei nonni ed in particolare nonna Camilla e nonna Rita.

Inoltre ringrazio i miei zii Valerio, Ida, Aldo e Rita e i miei cugini Mattia, Ilia, Federico e Luana che mi hanno sostenuto dandomi sempre ottimi consigli e le giuste motivazioni per andare avanti; ringrazio tutti gli Amici ed in modo particolare Francesco e Anna, Monica, Alessandro, Stefania, Matteo, Andrea, Sara, Tek, Marco, Davide, Eugenio, Michele, Joan che mi sono stati vicini in questi anni impegnativi.

Infine ringrazio la mia grande sorella Giulia che ha saputo sopportarmi e supportarmi anche nei momenti più faticosi e Gioia che è riuscita a darmi l'equilibrio giusto per non mollare mai.

Esprimo infinita gratitudine e riconoscenza alle persone per me più importanti a mia Mamma e a mio Papà che, oltre ad avermi dato la vita, non hanno mai smesso di credere in me anche quando un esame non passava.



1. Premessa

Oggetto di questa tesi è il lavoro di ampliamento alla terza corsia dell'autostrada A9 Lainate – Como – Chiasso, il tratto è compreso tra l'Interconnessione di Lainate e lo svincolo di Como – Grandate.

L'itinerario dell'autostrada A9 ha giacitura Sud – Nord e collega Milano a Como e Chiasso tramite l'A8, da cui si svincola in corrispondenza dell'Interconnessione di Lainate.

Esso rappresenta uno dei principali collegamenti autostradali lombardi verso il Nord Europa e si inserisce nella rete infrastrutturale regionale rappresentata dalla A8 Milano – Varese, dalla A4 Torino – Milano e dal sistema delle tangenziali di Milano.



Figura 1.1 – Rete autostradale intorno alla città di Milano



L'autostrada attraversa un'area densamente industrializzata, molto attiva dal punto di vista socio – economico, nel quale sono sorte numerose realtà industriali affermatesi a livello nazionale ed internazionale che hanno portato l'infrastruttura ad un livello funzionale non compatibile con gli attuali volumi di traffico, ne tanto meno con la previsione di crescita della domanda sull'orizzonte temporale di medio e lungo periodo tenendo in considerazione gli interventi di potenziamento previsti nel Quadro di Riferimento Programmatico.

L'autostrada A9 si sviluppa per 22,8km ed attraversa le province di Milano, Varese e Como.

Il territorio della provincia di Milano è interessato dal sedime dell'Interconnessione di Lainate, mentre il tratto autostradale è ripartito per 7+670km in provincia di Varese (34% dello sviluppo totale) e per la restante parte, 15+130km, in provincia di Como (66% dello sviluppo totale).

Lungo l'asse autostradale si trovano sei svincoli con la viabilità ordinaria così ripartite:

- Uscita di Origgio in carreggiata Nord alla progressiva km 11+550,86;
- Entrata di Origgio in carreggiata Sud alla progressiva km 12+394,38;
- Svincolo di Saronno alla progressiva km 15+758,42;
- Svincolo di Turate alla progressiva km 19+049,90;
- Svincolo di Lomazzo alla progressiva km 25+396,22;
- Svincolo di Fino Mornasco alla progressiva km 29+822,09.

L'orografia del territorio è prevalentemente pianeggiante con terrazzamenti nella parte Sud (Provincia di Milano e Varese), mentre la parte Nord è dominata dalle colline che salgono dolcemente, separate da ampie valli.



Il territorio attraversato è caratterizzato da un reticolo idrografico naturale e da una rete di canali artificiali.

I torrenti principali sono il torrente Seveso ed il torrente Lura che attraversano il tracciato dell'autostrada nella parte settentrionale rispettivamente nei comuni di Grandate e Cadorago.

Corsi d'acqua secondari e artificiali sono la Roggia Livescia e la Roggia Fontanaio, che intercettano il tracciato sempre nella zona settentrionale rispettivamente nei comuni di Cassina Rizzardi e Luisago.

Più a Sud, nel comune di Origgio, in prossimità dell'**Interconnessione di Lainate**, si trova il torrente Bozzente che intercetta il tracciato dell'autostrada A8 proprio nel tratto delle rampe di accelerazione e decelerazione dell'Interconnessione stessa.

Inoltre sono nell'area di studio, ma non interferenti con il tracciato, altri corsi d'acqua secondari ed il Canale Villorosi.

In questo elaborato si vogliono analizzare tutti gli interventi migliorativi, rispetto al progetto esecutivo originario, da attuare per la realizzazione della nuova "Interconnessione di Lainate" che da qui in poi, per comodità, la chiameremo semplicemente "Interconnessione".

Il nodo dell'Interconnessione mette in comunicazione l'autostrada A9 con l'autostrada A8 e rappresenta un punto nevralgico per gli elevati volumi di traffico che ogni giorno impegnano i rami della stessa.

Oltre agli elevati volumi di traffico, in fase di progettazione esecutiva, si è previsto l'ammodernamento e rigeometrizzazione dell'Interconnessione per eliminare la criticità delle manovre di immissione dal ramo Como – Milano che avveniva sulla corsia di sorpasso del ramo Varese – Milano e per eliminare la sinuosità del tracciato in direzione Milano – Varese.



L'introduzione delle modifiche consente di migliorare la sequenza operativa delle fasi di realizzazione dell'opera, conseguentemente la Stazione Appaltante beneficerà di una economia in termini di spesa e di tempo garantendo nel contempo lo stesso livello qualitativo delle opere previste nel progetto e mantenendo inalterate le condizioni di sicurezza dei lavoratori (D.Lgs.vo 81/08).



2. Soluzione progettuale iniziale

Descrizione del Progetto Esecutivo (PE)

Il progetto inizialmente prevedeva, per tutti i rami dell'Interconnessione, l'adeguamento delle rampe di immissione e diversione ed un allargamento della sezione stradale al fine di garantire due corsie di marcia da 3,75 metri ciascuna ed una corsia di emergenza da 3,00 metri per una larghezza minima complessiva della piattaforma, compresi i franchi psicotecnici, pari a 11,20 metri oltre ad eventuali allargamenti necessari per la visibilità.

Inoltre la soluzione di progetto iniziale prevedeva la realizzazione di quattro viadotti, per uno sviluppo complessivo pari a 459 metri e la predisposizione delle opere necessarie per consentire la realizzazione del sottopasso a spinta del futuro: "collegamento tra la SP101 Rho-Saronno e la SP109 Busto Garolfo-Lainate", nel Comune di Lainate all'altezza della radice lato Sud dell'Interconnessione.



AMPLIAMENTO ALLA 3ª CORSIA AUTOSTRADA A9 LAINATE-COMO-CHIASSO

Analisi proposta di variante Interconnessione di Lainate

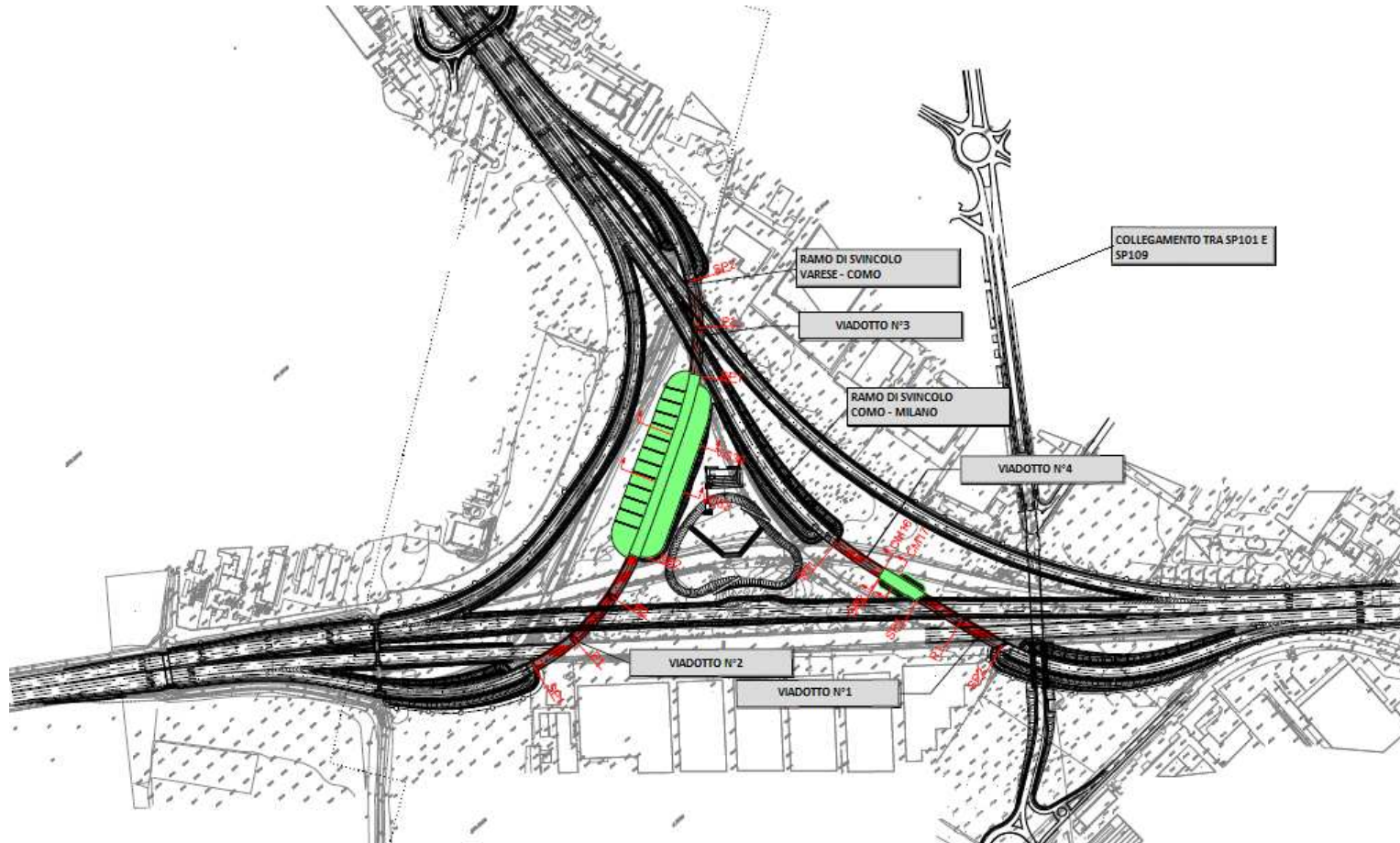


Figura 1.2 – Progetto Esecutivo Interconnessione di Lainate



Le caratteristiche salienti dei quattro viadotti ricadenti all'interno dell'Interconnessione sono riportate nella tabella sottostante.

Opera	Descrizione	N° camp.	Luci camp. [m]			Lungh. TOT [m]	Largh. Max [m]	N° Travi	Interasse travi [m]	Largh. Sbalzi [m]
VI 01	Viadotto su rampa Co - Mi	2	55,00	55,00		110,00	12,60	2,00	7,00	2x2,80
VI 02	Viadotto su rampa Va - Co	3	55,00	65,00	55,00	175,00	13,20	2,00	7,00	2x3,10
VI 03	Viadotto su rampa Va - Co	2	55,00	55,00		110,00	13,20	2,00	7,00	2x3,10
VI 04	Viadotto su rampa Co - Mi	1	64,00			64,00	12,60	2,00	7,00	2x2,80

Tabella 2.1 – Progetto Esecutivo, viadotti 1, 2, 3, 4

Come si evince dalla tabella, il viadotto VI01 e VI04 hanno una larghezza dell'impalcato pari a 12,60 metri, mentre i viadotti VI02 e VI03 hanno una larghezza pari a 13,20 metri in quanto, sviluppandosi prevalentemente in curva, necessitano di un allargamento per la visibilità pari a 60 cm, allargamento che viene mantenuto costante su tutto lo sviluppo dei viadotti.

L'ammodernamento dell'Interconnessione inoltre prevede la rigeometrizzazione dei rami di svincolo consentendo di eliminare l'immissione in sinistra del ramo Como – Milano e contestualmente la rettifica della carreggiata nord dell'A8.

Tutti i rami sono caratterizzati da carreggiate a 2 corsie, oltre a quella di emergenza, per ogni direzione di marcia.



In particolare:

- il ramo da Milano verso Como subisce solo qualche lieve ritocco alla geometria del tracciato;
- il ramo da Como verso Milano sovrappassa, su viadotto a 2 luci (Viadotto 4 e Viadotto 1), le due carreggiate sulla direttrice Milano – Varese; oltre la spalla “B” del Viadotto 1, è predisposta una struttura formata da soletta in c.a. su pali da grande diametro, atta ad accogliere il collegamento tra la “SP101 Rho – Saronno” e la “SP109 Busto Garolfo - Lainate”. La struttura ha un ricoprimento di terreno di oltre 9 m di altezza.
- il ramo da Milano verso Varese si affianca a quella in direzione opposta, sottopassando i viadotti V01 e V02. il ramo da Varese verso Milano, ed il ramo da Como verso Varese non subiscono sostanziali modifiche.
- il ramo da Varese verso Como viene risagomato discostandosi dall’esistente I rami sulle direttrici Milano - Varese e Milano – Como vengono superati con 2 viadotti (Viadotto n°2 e Viadotto n°3) rispettivamente di 3 e di 2 campate.

Per tutti i viadotti vengono utilizzate carpenterie metalliche in acciaio autoprotetto (corten) non verniciato.

Le spalle sono realizzate in c.a. gettate in opera, con sottofondazioni su 12 pali del diametro Ø1200 mm di lunghezza variabile da 18 m a 26m.

Le Pile sono realizzate in c.a. gettate in opera, con sottofondazioni su 6 pali del diametro Ø1200 mm di lunghezza variabile da 18 m a 26m.



Problematiche riscontrate

Problematiche relative alla realizzazione della rampa Varese – Como

La rampa in oggetto presenta, fra il viadotto 3 ed il viadotto 2, un tratto di rilevato alto circa 15m per un totale di 95.000 mc di materiale da trasportare, risagomare e compattare, al fine di formare il corpo della rampa, ciò comporta un notevole incremento di transito di mezzi di cantiere di cui almeno 7.000 transiti di camion solamente per il trasporto del terreno idoneo alla formazione del rilevato.

Inoltre la spalla “A” del viadotto 3 è inserita sull’attuale rampa Como – Milano e può essere realizzata solamente dopo la messa in esercizio della nuova rampa.

Problematiche relative alla realizzazione della rampa Como – Milano

La rampa in oggetto presenta, fra il viadotto 4 ed il viadotto 1, un tratto di rilevato alto circa 9,5m , contornato su tutto il perimetro da spalle e muri alti 6,00 m; la realizzazione di un rilevato così fatto presenta una serie di problematiche inerenti al trasporto del materiale all’interno della “scatola” in c.a. ed alla compattazione del materiale per garantire un elevato grado di addensamento dello stesso.

Nome	Altezza (m)	Lunghezza (m)	Volume (m ³)
Rilevato fra viadotti 1 e 4	9.50	50.0	5.000
Rilevato fra viadotti 2 e 3	15.0	215.0	95.000

Tabella 2.2 – Progetto Esecutivo, caratteristiche rilevati



3. Ammissibilità e giustificazione delle varianti proposte

Le categorie di lavoro coinvolte sono relative a:

- corpo autostradale (rilevati, pavimentazioni, idraulica, ecc):
- opere d'arte maggiore (viadotti);
- opere d'arte minori (predisposizione opera sottopasso S.P. 101, prolungamento opere Bozzente e pista di emergenza di Lainate, muri di sostegno);
- opere complementari (barriere di sicurezza).

Le modifiche introdotte nel progetto di variante, comportano delle variazioni al quadro economico, che verranno analizzate successivamente, sia per quanto riguarda la parte a corpo che quella a misura.

Nel progetto di variante dell'Interconnessione sono inoltre previste delle modifiche di dettaglio finalizzate a limitare l'interferenza con l'esercizio autostradale e nell'ottica di anticipare le fasi realizzative con conseguente riduzione dei tempi di cantierizzazione.

Le modifiche di dettaglio che verranno trattate nei capitoli successivi riguardano principalmente:

- modifica altimetrica della rampa Como – Varese consentendo l'ampliamento senza effettuare deviazioni di traffico sull'attuale rampa Varese – Como;
- adeguamento del sistema idraulico di piattaforma al futuro ampliamento alla 5^a corsia dell'autostrada A8 nel tratto compreso tra l'Interconnessione e la barriera di Milano Nord;
- modifica delle opere di sottofondazione del prolungamento delle opere Bozzente 1 e Bozzente 2 in corrispondenza dei rami Milano – Varese, Varese – Milano e



Varese – Como, sostituendo i pali ϕ 800 mm con micropali, consentendo una maggiore operatività delle attrezzature operanti in spazi limitati.

Caratteristiche Viadotti

In fase di realizzazione dell'infrastruttura si è constatato un notevole incremento del traffico autostradale rispetto alle previsioni di progetto, questo è dovuto anche al fatto che la fase di approvazione del progetto definitivo è durata circa 4 anni, che associato alle sempre più pressanti richieste del territorio di velocizzare l'ultimazione dei lavori ha generato la necessità di revisionare, seppur parzialmente, la contestualizzazione del progetto iniziale.

Pertanto si è proceduto allo studio di una soluzione alternativa mirata ad accogliere le nuove esigenze realizzative, quindi finalizzata alla riduzione dell'impatto sull'esercizio autostradale e con sensibile riduzione dei tempi di costruzione.

La nuova configurazione dell'Interconnessione, sviluppata secondo i presupposti sopra descritti, prevede la realizzazione di due soli viadotti di maggior sviluppo in sostituzione dei quattro previsti nel progetto esecutivo con la conseguente eliminazione dei rilevati tra i Viadotti 1 e 4 e tra i Viadotti 2 e 3.

Tale soluzione ha consentito di migliorare la sequenza operativa delle fasi di realizzazione dell'Interconnessione, grazie all'eliminazione dei rilevati interposti tra i viadotti, che da un lato rappresentavano la scelta più vantaggiosa sotto l'aspetto economico mentre dall'altro comportavano un forte impatto sull'esercizio autostradale con il transito di circa 7000 mezzi necessari al trasporto e movimentazione dei materiali (circa 100.000 metri cubi) che avrebbero dovuto impegnare le attuali rampe dell'Interconnessione.

Inoltre in questo modo è possibile migliorare la sequenza operativa delle fasi di realizzazione dell'Interconnessione andando a ridurre i tempi di realizzazione delle opere in progetto a vantaggio della viabilità autostradale e di un minor impatto ambientale sulla zona interessata in quanto la realizzazione dei rilevati previsti dal progetto esecutivo risulta



essere un punto di criticità nella realizzazione dell'Interconnessione dal punto di vista della tempistica e della logistica di cantiere inoltre la sostituzione dei rilevati in oggetto con dei viadotti risulta una soluzione meno impattante dal punto di vista ambientale date le notevoli dimensioni dei rilevati stessi.



AMPLIAMENTO ALLA 3ª CORSIA AUTOSTRADA A9 LAINATE-COMO-CHIASSO

Analisi proposta di variante Interconnessione di Lainate

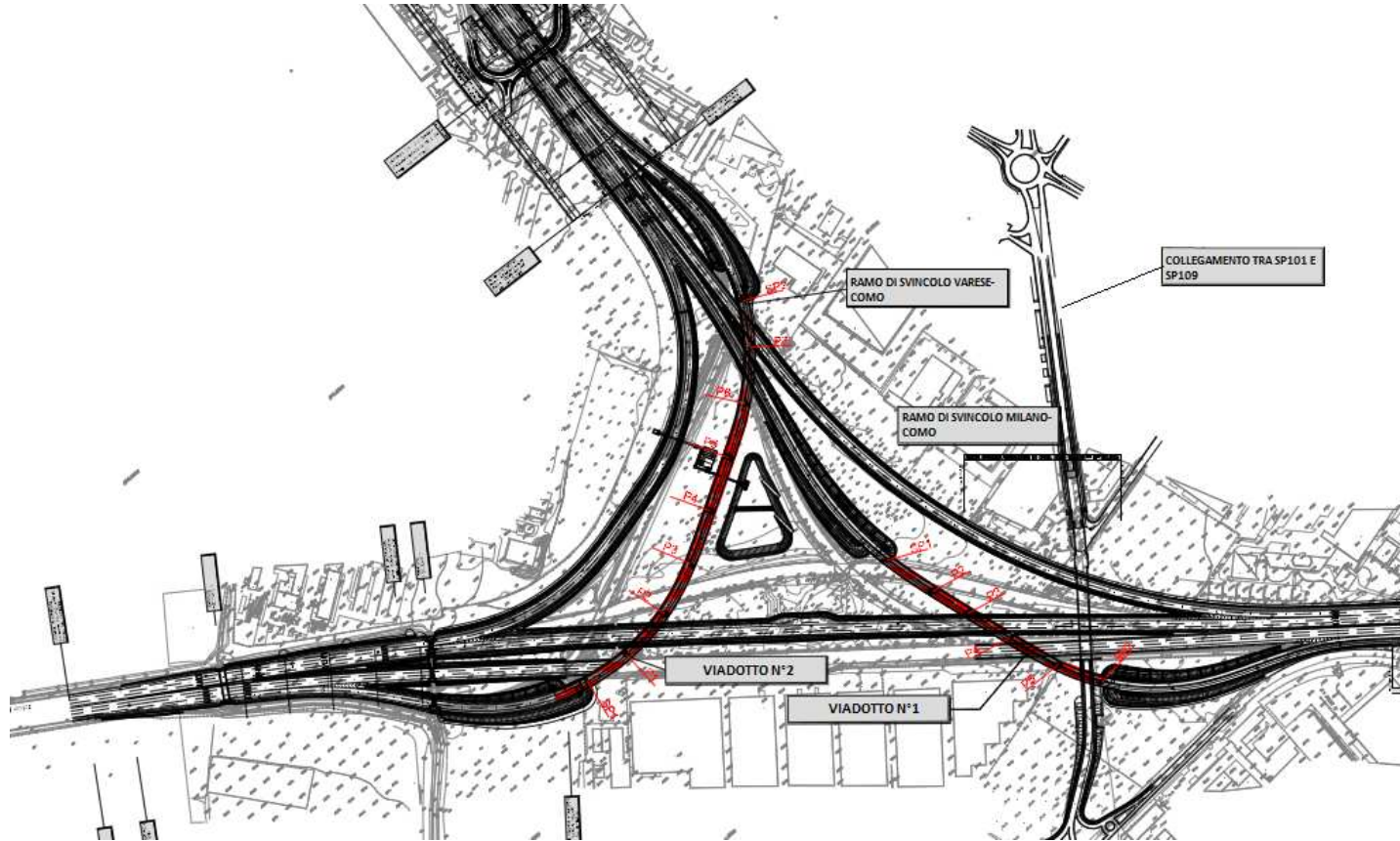


Figura 3.1 – Proposta di variante Interconnessione di Lainate



I nuovi Viadotti sono denominati come Viadotto Lainate 1 e Viadotto Lainate 2 e andrebbero a sostituire le seguenti opere del progetto esecutivo:

Ramo	Progetto Esecutivo		Proposta di variante
Rampa CO - MI	Viadotto 1 Rilevato fra viadotti 1 e 4 Viadotto 4	⇒	Viadotto 1
Rampa VA - CO	Viadotto 2 Rilevato fra viadotti 2 e 3 Viadotto 3	⇒	Viadotto 2

Tabella 3.1 – Viadotti, da Progetto Esecutivo a proposta di variante

- il Viadotto 1 è composto da 5 campate: 65+48+55+64+55, per un totale di 286m, viene aggiunta una campata in direzione Milano in modo da scavalcare l'interferenza con il sottopasso in previsione per il futuro collegamento tra la "SP101 Rho – Saronno" e la "SP109 Busto Garolfo - Lainate", nel Comune di Lainate all'altezza della radice lato Sud dell'Interconnessione.
- il Viadotto 2 è composto da 8 campate: 55+65x6+55, per un totale di 500m.



Caratteristiche Viadotti Interconnessione di Lainate – Progetto Esecutivo

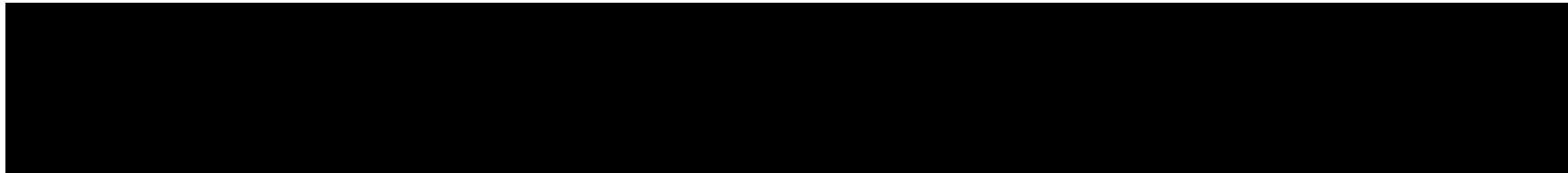


Tabella 3.2 – Progetto Esecutivo, caratteristiche viadotti

Caratteristiche Viadotti Interconnessione di Lainate – Proposta di Variante

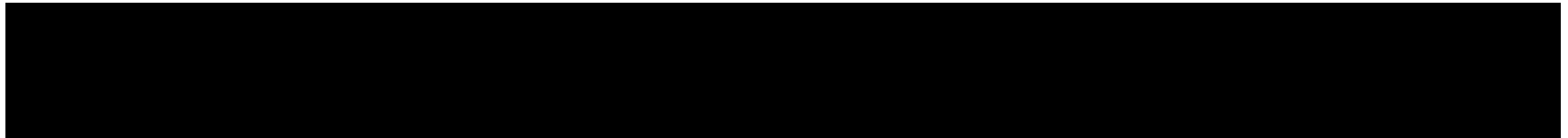


Tabella 3.3 – Proposta di variante, caratteristiche viadotti



Fondazioni e spalle

Nella proposta di variante si adottano, come già nel PE spalle realizzata in c.a. gettato in opera. In particolare però vengono adottati muri prefabbricati con funzione di contenimento del getto.

Tale soluzione, conferisce alla struttura la necessaria robustezza richiesta dalle azioni provenienti dall'impalcato e dalla spinta del rilevato a tergo della stessa, uniformandosi "visivamente", alle spalle dei cavalcavia realizzati sul intero tratto dell'Autostrada, realizzando di fatto uno standard per l'utente che percorre la Viabilità.

Tutte le fondazioni sono su pali di grande diametro (1200mm) ad eccezione della spalla n°2 del Viadotto 1 che è del tipo a pozzo realizzata con diaframmi perimetrali, tale soluzione permette la realizzazione della galleria in tempi successivi grazie anche alla realizzazione della S1-RS03-SC03.

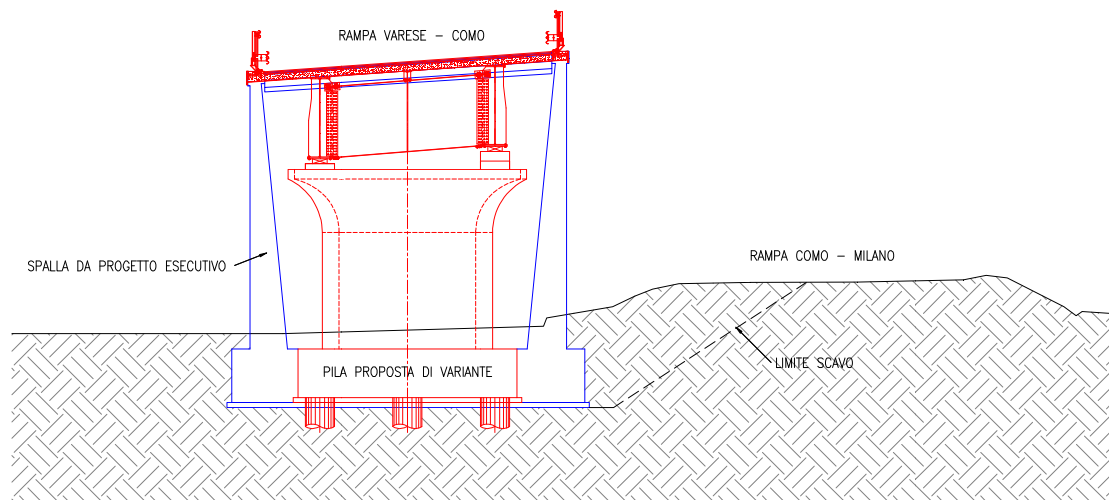
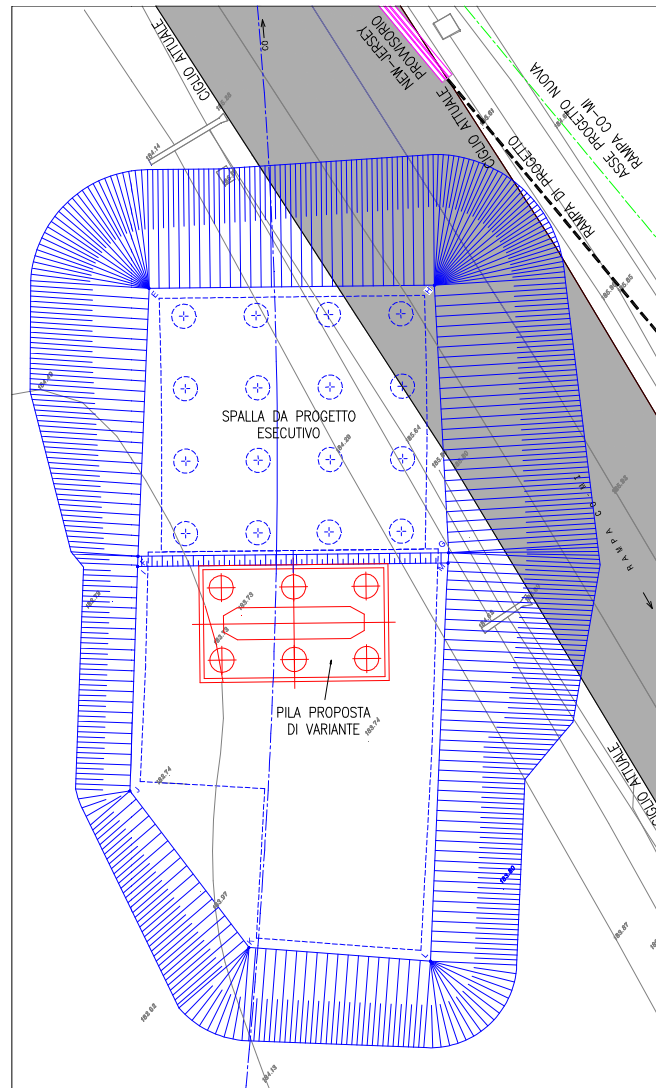


Figura 3.2 - Rampa Varese Como:

Spalla "A" (Progetto Esecutivo in blu)

Proposta di variante con Pila (in colore rosso)



*Figura 3.3 - Pianta Scavi sulla rampa Como - Milano:
Realizzazione Spalla "A" (Progetto Esecutivo in blu)
Proposta di variante con Pila (in colore rosso)*



Caratteristiche pile

In entrambi i viadotti si prevede lo stesso schema tipologico per la progettazione delle pile. Rispetto a quanto previsto nel progetto esecutivo con pile costituite da un unico setto in c.a., nella presente perizia di variante si adottano per i viadotti pile costituite da due colonne accoppiate. Il fusto ha sezione ottagonale ed altezza variabile, a seconda della disposizione planimetrica, da 5,35m sino a 10,60m, tra estradosso fondazione ed estradosso pulvino.

La parte terminale del fusto è costituita da un pulvino di altezza pari a 2,60m che va ad allargarsi fino a raggiungere il piano di imposta dei baggioli. Le dimensioni in pianta dei pulvini sono pari a 2,80 x 4,80m.

Per un migliore inserimento nelle rampe, le pile del Viadotto 1, sono disposte in obliquo rispetto all'asse dell'impalcato con un angolo di 120°, mentre sul Viadotto 2 le pile sono disposte ortogonalmente all'asse dell'impalcato. Nel complesso l'orientamento delle sottostrutture "ricalca" l'orientamento già previsto nel progetto esecutivo.

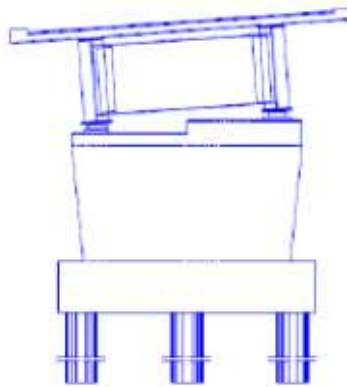


Figura 3.4 - Progetto esecutivo, sezione trasversale tipologica pile

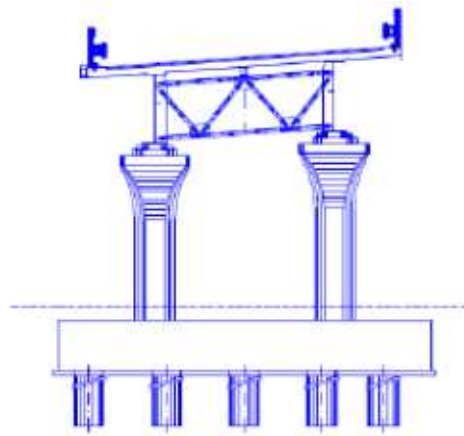


Figura 3.5 – Proposta di variante, sezione trasversale tipologica pile

Le pile previste saranno costituite da un fusto di spessore pari a 1.60m e larghezza pari a 7.0m - 8.0m (a seconda che siano disposte perpendicolarmente all'asse longitudinale dell'impalcato o formino rispetto ad esso un angolo di circa 60°). La parte terminale è costituita da un pulvino di altezza pari a 2.60m che va ad allargarsi fino a raggiungere al piano di posa degli appoggi delle dimensioni in pianta pari a 2.80 x 9.80m (2.80 x 10.80m per le pile con fusto di larghezza pari a 8.0 m).

La fondazione ha spessore pari a 1.60 m e dimensioni in pianta pari a 9.0 x 5.40 m (sia per le pile di larghezza 7.0 m che per quelle di larghezza 8.0 m) e poggia su 6 pali Ø1200.



Figura 3.6 - Proposta di variante, tipologico pila



Caratteristiche impalcati

Le variazioni apportate agli impalcati dei viadotti con la perizia di variante, interessano esclusivamente la parte metallica dei viadotti. La carreggiata, la dimensione dei marciapiedi e gli arredi non vengono in alcun modo modificati rispetto alle previsioni di PE. Di seguito si riportano le caratteristiche principali dei viadotti come previsti in PE e con le modifiche apportate in perizia. In particolare si evidenzia che la lunghezza totale dei tratti su impalcato aumenta nella configurazione di perizia a 787m rispetto ai 459m di PE.

La principale modifica apportata alla sezione tipologica degli impalcati dei viadotti di Lainate riguarda l'adozione delle predalles metalliche piolate rispetto alle predalles in cls previste in PE. Le lastre vengono saldate a piè d'opera alle piattabande superiori delle travi metalliche in fase di preassemblaggio in cantiere.

Tale modifica permette di limitare le controventature necessarie per la movimentazione della struttura in fase di varo ed "alleggerire" la struttura metallica, anche se nel caso dei viadotti, a seguito della maggiore estensione delle opere si registra comunque un aumento del peso della carpenteria metallica di circa 1.000t. La funzione di irrigidimento delle predalles è comunque confermata dalla minore incidenza delle carpenterie in termini di t/m rapportate allo sviluppo totale dei viadotti nella nuova configurazione, passando da $2.302t/459m=5t/m$ di PE alle $3.308t/787m=4.2t/m$ di perizia. Inoltre, come già ricordato, è possibile procedere al posizionamento in opera degli impalcati già solidarizzati alle predalles limitando le interferenze con l'esercizio stradale in quanto non vengono attuate le cantierizzazioni altrimenti previste per il varo delle coppelle in cls.

Al fine di ottimizzare le opere in termini di ispezione, manutenzione e durabilità si propongono di seguito alcune modifiche al progetto esecutivo.

Tali modifiche, coerenti con i principi base della progettazione e rispettose degli standard qualitativi e prestazionali del progetto esecutivo, peraltro si prestano all'industrializzazione del ciclo di fabbricazione con conseguente riduzione dei tempi realizzativi e determinano una miglioria in termini di estetica.



Esse interessano esclusivamente la parte metallica dei viadotti. La carreggiata, la dimensione dei marciapiedi e gli arredi non vengono in alcun modo modificati.

Le modifiche tecniche proposte più significative interessano le seguenti componenti:

- Schema statico
- Sezioni trasversali (numero di travi)
- Solette (predalles metallica)

Schema statico

Rispetto al Progetto Esecutivo, per esigenze legate alle casistiche di montaggio, si è deciso di eliminare il rilevato interposto tra i viadotti 01 e 04 così da avere una sola campata di transizione di luce 48m.

Così facendo, per altro, si eliminano due giunti di pavimentazione con i conseguenti benefici sulla fruibilità dell'opera garantendo un maggiore confort agli utilizzatori.

Detta "continuizzazione" comporta una sensibile riduzione delle caratteristiche di sollecitazione sulla campata di riva permettendone la riduzione del numero di travi.

Sezioni trasversali

Nel rispetto delle varie geometrie della piattaforma stradale si è proposto di adottare una sezione trasversale a due travi principali più trave di spina centrale per tutto lo sviluppo del viadotto, invece della soluzione a tre travi principali presente a progetto per la campata isostatica.

Questa soluzione è resa possibile dalla continuizzazione degli impalcati proposta a punto precedente nonché all'assenza di particolari problematiche in fase di montaggio.



La proposta comporta i seguenti vantaggi:

- un minor numero di travi principali implica una diminuzione del numero di appoggi, che passano da 3 a 2 per ogni pila/spalla, e di conseguenza una riduzione dei futuri costi di ispezione e manutenzione di questi.
- la compattazione delle sezioni resistenti aumenta la durabilità dell'opera, sia perché implica una riduzione delle superfici esposte ad aggressione atmosferica, sia perché porta ad un aumento degli spessori in gioco (con conseguente diminuzione della sensibilità del ponte alla corrosione).

In definitiva, per quanto detto, la riduzione del numero di travi comporta sicuramente un notevole vantaggio per l'amministrazione che dovrà gestire l'opera.

Solette

Sostituzione soletta in c.a. gettata su predalles in cls con piastra in sezione mista.

La piastra in sezione mista che proponiamo in sostituzione alla soletta in c.a. è così costituita:

- Lamiera d'intradosso con saldati pioli tipo Nelson di collegamento al cls e tralicci metallici quali armature provvisorie atte a garantire adeguata resistenza in fase di getto.
- Armatura integrativa trasversale solo ad estradosso di soletta in quanto la lamiera all'intradosso, dotata di adeguata sovrarmatura di corrosione, costituisce l'armatura lenta in tale direzioni.
- Vele laterali, anch'esse metalliche, adeguatamente connesse per piolatura e tralicci alla piastra metallica ed al successivo getto di cls.
- Getto di cls a spessore complessivo di 28 cm. La presenza della piastra inferiore metallica quale armatura lenta, consente di ottimizzare i bracci di leva interni e



quindi di ridurre lo spessore complessivo a parità di luci di lamiera rispetto ad una soletta in c.a. tradizionale.

Confronto piastra mista – soletta in c.a. tradizionale

Parlando di impalcati in sezione mista vale la pena soffermarsi sul confronto fra soletta in c.a. tradizionale e soletta in piastra mista.

Nel confronto fra le due soluzioni si evidenziano gli aspetti fondamentali:

- Sezione resistente
- Tempi di posa
- Durabilità

Per quanto riguarda la **sezione resistente** la possibilità di godere di una forte armatura di intradosso, quale la lamiera, consente una riduzione complessiva di spessore strutturale e quindi un alleggerimento dei carichi permanenti agenti sull'intera struttura mista.

La presenza della lamiera d'intradosso consente l'eliminazione pressoché totale dell'armatura integrativa trasversale di intradosso, peraltro la più complessa da posizionarsi, con sensibile **riduzione dei tempi di posa** delle armature stesse.

La maggior leggerezza della lamiera rispetto alle tradizionali coppelle in c.a. facilita trasporti e movimentazioni, consentendo peraltro, là dove necessario, di varare frontalmente le strutture complete di predalles ed armature integrative, senza incidere sulle sezioni resistenti delle travi.

Infine per quanto riguarda la **durabilità**, si osserva che la presenza di una lamiera, peraltro incrementata da adeguato sovrametallo, consente di "sigillare" il getto di cls nei confronti degli agenti atmosferici insieme alla impermeabilizzazione superficiale ed alle velette laterali.

Rispetto alle coppelle in c.a. tradizionali che in corrispondenza degli accostamenti, lasciano inevitabilmente dei varchi attraverso i quali si possa creare l'aggressione ai ferri di



armatura, per assenza o insufficienza di copriferro, il miglioramento ai fini della durabilità è evidente.

Così come evidente è il beneficio che si ottiene dalla riduzione possibile di spessore della soletta, in termini di carichi agenti e quindi di caratteristiche di sollecitazione sulle strutture principali con conseguenti benefici in termini di regimi tensionali e/o quantità strutturali.



Figura 3.7 - Esempio di cavalcavia su autostrada A4 (impalcato a 4 travi), vista frontale, travi in acciaio corten con veletta in acciaio inox



Figura 3.8 - Esempio di cavalcavia su autostrada A4 (impalcato a 4 travi), vista frontale, travi in acciaio corten con veletta in acciaio inox



Figura 3.9 - Esempio di cavalcavia su autostrada A4 (impalcato a 4 travi), vista intradosso, travi in acciaio corten con coppelle metalliche



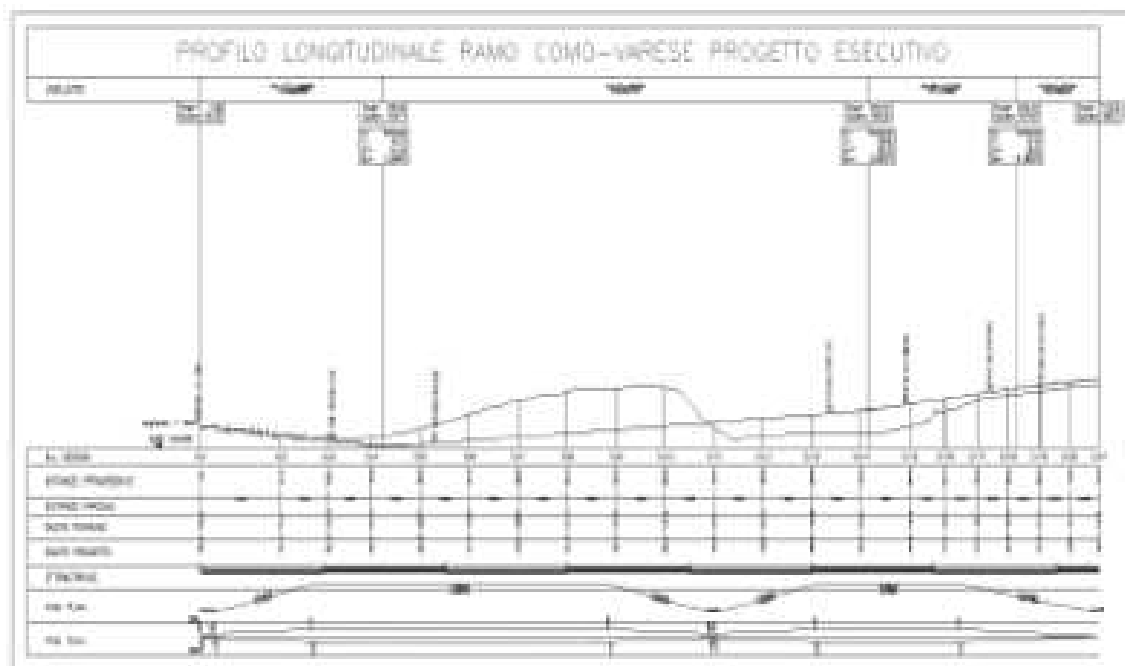
Rampa Como – Varese

Come precedentemente accennato in fase di realizzazione, al fine di limitare i disagi connessi alla cantierizzazione per la realizzazione delle nuove rampe e al contempo per semplificare le fasi di realizzazione si è apportata una modifica altimetrica della rampa Como – Varese.

Tale modifica consiste fondamentalmente nel realizzare la nuova rampa alla medesima quota dell'attuale realizzando un semplice allargamento della stessa anziché prevederne l'abbassamento a quota piano campagna come previsto in fase di progettazione.

La variazione altimetrica consente infatti la realizzazione della rampa senza effettuare deviazioni di traffico sull'attuale rampa Varese – Como e quindi svincolandosi dall'ultimazione della nuova rampa Varese – Como oltre a semplificare lo scarico delle acque di piattaforma, realizzato mediante embrici in quanto la stessa risulta sempre in rilevato eliminando i collettori di raccolta altrimenti necessari nei tratti in trincea.

Nelle figure sottostanti sono messi a confronto il profilo longitudinale della rampa Como – Varese prevista nel progetto appaltato e quella proposta con la perizia di variante.



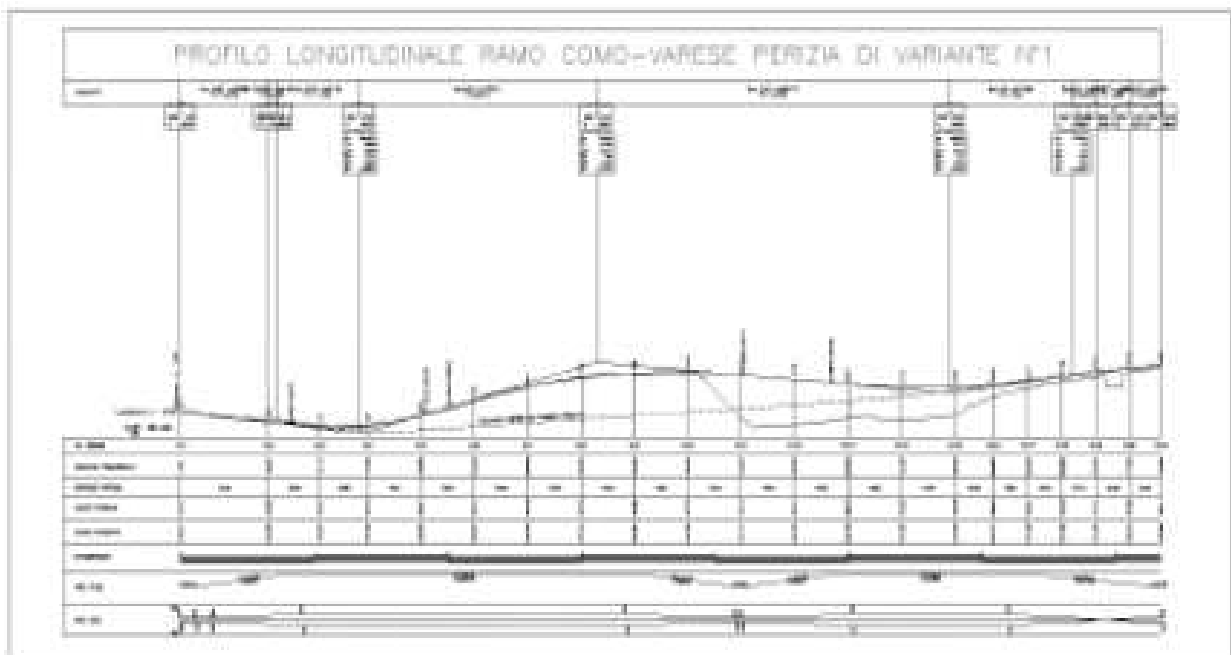


Figura 3.11 – Proposta di variante, profilo longitudinale rampa Como – Varese

Le variazioni introdotte consentono di garantire le stesse performance previste in progetto sia per quanto riguarda la velocità di percorrenza sia in termini di sicurezza in quanto i raccordi verticali introdotti garantiscono sempre la distanza di visibilità per l'arresto in relazione alla velocità di percorrenza.

Rampa Como – Milano, Sottopasso SP101

Nel progetto esecutivo era prevista la realizzazione di una predisposizione per l'esecuzione in un secondo tempo di uno scatolare della SP101 sotto la costruenda rampa Como Milano in prossimità della spalla n.2 del viadotto n.1 di Lainate,. Tale predisposizione consisteva nella realizzazione di una paratia di pali GD D1200mm con H=20m e sovrastante solettone in opera, per un lunghezza di 50m.

Nella presente perizia di variante, anche a seguito dell'arretramento del posizionamento della spalla 2 del viadotto 1 e la conseguente eliminazione della sovrapposizione tra la rampa autostradale ed il tracciato della SP101 futura, è stato possibile semplificare il manufatto di predisposizione inizialmente previsto in PE. Nella nuova configurazione infatti



sarà possibile eseguire scavi a cielo aperto per la realizzazione dell'opera di competenza della Provincia di Milano. La predisposizione per il futuro intervento può limitarsi pertanto alla sola realizzazione di due file di diaframmi di 12metri di altezza a protezione delle strutture di fondazione della spalla, per uno sviluppo totale di 50metri, come da schema seguente. Per l'esecuzione delle opere descritte (diaframmi) è stato necessario prevedere i corrispondenti nuovi prezzi: NP28 per esecuzione di diaframma a parete continua sp=100cm (rif Anas 2008 B.1.23/2.d) e NP29 per scavo a vuoto per l'esecuzione del diaframma (rif Anas 2008 B.1.23/3.d)

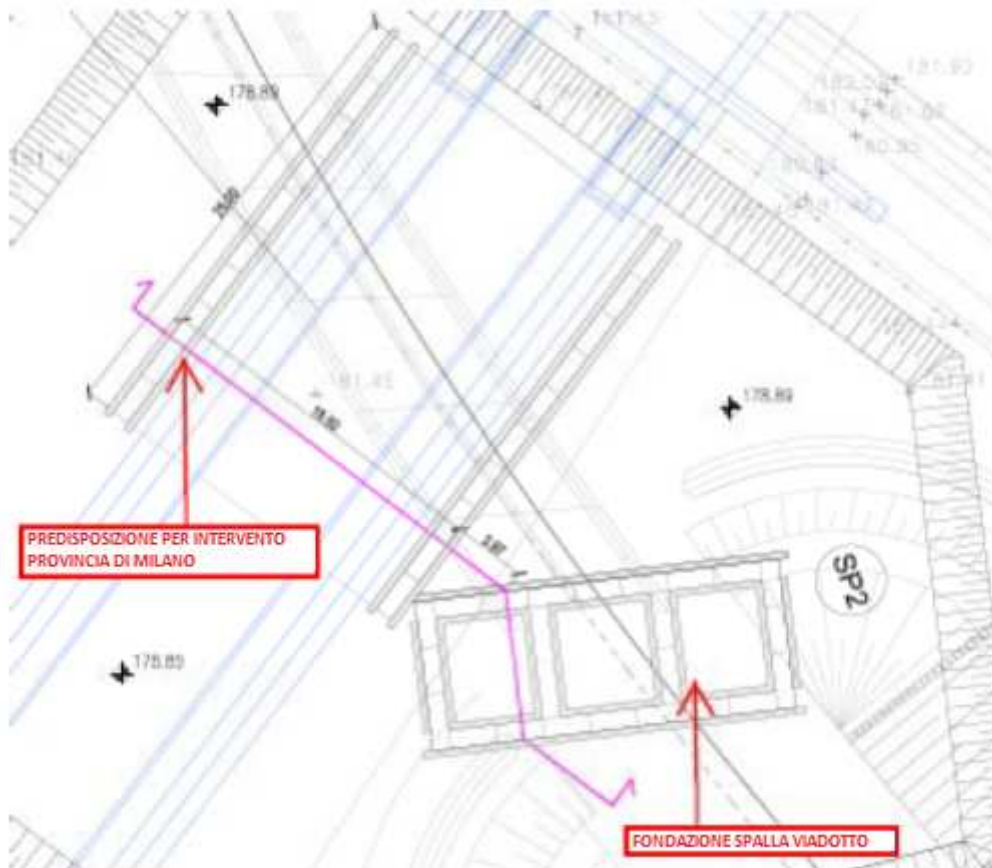


Figura 3.12 - Planimetria interventi propedeutici per realizzazione sottovia Provincia di Milano

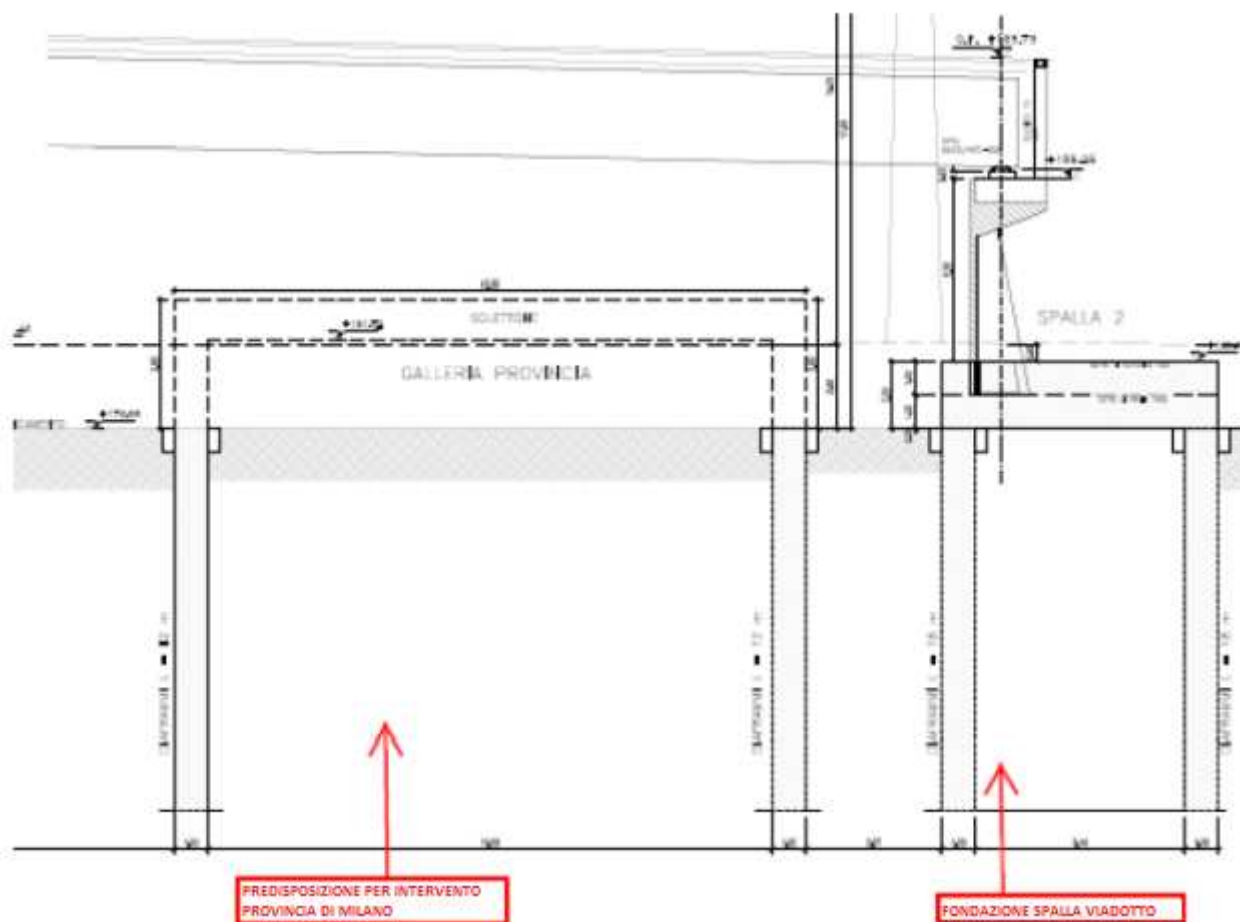


Figura 3.13- Sezione trasversale interventi propedeutici per realizzazione sottovia Provincia di Milano

Movimenti materia

In fase iniziale l'impresa appaltatrice ha provveduto ad eseguire un nuovo rilievo topografico delle aree interessate dai lavori sulla base del quale sono state estratte nuovamente tutte le sezioni trasversali sia del corpo autostradale che della viabilità interferita con le finalità di verificare eventuali variazioni rispetto a quanto riportato nei documenti contrattuali. Questo nuovo rilievo ha confermato quello eseguito in fase di progettazione (2003 – 2004) salvo alcune piccole differenze soprattutto sulla viabilità esterna per effetto di successive lavorazioni eseguite ad opera delle Amministrazioni Comunali e Provinciali, che hanno comportato alcune variazioni di dettaglio senza peraltro avere ricadute economiche.



Parallelamente nel secondo semestre 2009, l'appaltatore ha eseguito una campagna di prelievi lungo l'asse autostradale, sia per ottemperare a quanto previsto dal disciplinare unico per la gestione delle terre da scavo sia per stabilire da un lato la necessità di interventi di bonifica durante le lavorazioni e dall'altro definire il criterio di utilizzo dei terreni per la formazione dei rilevati (eventualmente anche mediante l'utilizzo di leganti idraulici) e fornire i parametri di riferimento per un corretto sistema di controllo sulla messa in opera.

Sono stati eseguiti dei pozzetti e da ciascuno è stato prelevato almeno un campione rappresentativo del suolo fino alla profondità di circa 1 metro sul quale è stata eseguita la classificazione secondo la norma UNI 10006. In corrispondenza delle zone in trincea e dei bacini di dispersione sono stati invece prelevati più campioni, rappresentativi dei suoli fino a circa 5 ÷ 6 metri di profondità. I risultati delle indagini eseguite hanno confermato la ricostruzione stratigrafica e litologica dei terreni interessati dalle opere previste in ampliamento.

In fase realizzativa le attività di movimento materie per la realizzazione dei rilevati, tuttavia, hanno incontrato condizioni operative particolari e/o contingenti di varia natura sotto il profilo tecnico costruttivo, le quali se pur previste nel corso della redazione del Progetto Esecutivo, erano in tale fase di difficile stima in termini di "entità" e di "frequenza".

Le condizioni operative riscontrate possono sostanzialmente essere suddivise in due categorie, la prima di carattere tecnico legata all'idoneità geotecnica dei suoli provenienti dagli scavi, in relazione al possibile reimpiego nella costruzione dei rilevati, valutata attraverso prove di laboratorio, secondo un duplice criterio:



- idoneità “tipologica” (a livello propedeutico): il suolo viene sottoposto a classifica secondo la norma UNI10006, mediante Analisi Granulometrica e Determinazione dei Limiti di Atterberg;
- idoneità dello stato “fisico contingente” (a livello costruttivo): dei suoli provenienti dagli scavi viene controllato lo stato di Umidità Naturale, allo scopo di confrontarne il valore con quello di “Umidità Ottimale” verificato attraverso Prova Proctor, necessario all’ottenimento delle massime prestazioni in fase di posa in opera.

La seconda di tipo logistico – programmatico, che riguarda la “disponibilità” degli scavi in funzione della loro ubicazione spesso vincolata dalla presenza di sottoservizi e/o legate alla fasizzazione dei lavori che comporta, come nel caso delle rampe dei cavalcavia esistenti, la possibilità di impiego dei materiali di scavo, solamente dopo il completamento delle nuove rampe sostitutive.

Nel seguito vengono descritte e motivate queste particolari condizioni che hanno obbligato a modificare in termini quantitativi le lavorazioni già previste in fase di progettazione affinché le condizioni effettivamente riscontrate sul campo non compromettano, né nei “modi” né nei “tempi”, la corretta funzionalità delle opere al momento della loro entrata in esercizio.

Idoneità geotecnica dei suoli

La maggior parte suoli provenienti dagli scavi appartiene alla categorie A1a – A2-4, confermando pertanto l’idoneità “tipologica” eseguita in fase di progetto, tuttavia la percentuale dei materiali tipo logicamente ritenuti NON idonei, in quanto appartenenti alle Classi A4, A5, A6, A7 della UNI 10006, è risulta superiore rispetto alle aspettative con una prevalente percentuale appartenente al gruppo A4.

La quantità degli scavi tipologicamente NON idonea dovrebbe essere conferita a discarica (i soli suoli vegetali appartenenti alla Classe A8 vengono reimpiegati nel rivestimento delle scarpate). Ciò determina un “gap” di bilancio, rendendo inoltre necessaria l’acquisizione di una equivalente maggior quantità di suolo presso cave di prestito esterne al Progetto.



L'analisi dello stato di Umidità Naturale del materiale di scavo, stato "fisico contingente", allo scopo di confrontarne il valore con quello di "Umidità Ottimale" verificato attraverso prova Proctor e necessario all'ottenimento delle massime prestazioni in fase di posa in opera, ha messo in evidenza che l'Umidità Naturale di tutti i suoli di scavo, anche di quelli appartenenti alle Classi A1, A2, A3 della UNI 10006 (e cioè "tipologicamente" idonei ad essere impiegati nella costruzione dei rilevati), risulta sistematicamente superiore all'"Acqua Ottima Proctor". In sostanza, i suoli provenienti dagli scavi, pur se "tipologicamente" idonei, non possono di fatto essere impiegati a breve termine, secondo quanto prescritto dal CSA (Capitolato Speciale d'Appalto), nel quale si precisa che *"La compattazione potrà avere luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ($\pm 1,5\%$ circa) a quello "ottimo" determinato mediante la prova AASHTO modificata.*

L'umidità presente nel materiale scavato è funzione anche delle caratteristiche fisiche locali dell'area, quali la zona climatica, la morfologia del terreno e le caratteristiche pedologiche che possono influenzare alcuni parametri del bilancio idrologico quali evapotraspirazione ed infiltrazione.

In particolare per quanto riguarda i parametri idrologici è interessante notare quanto segue:

la piovosità media annua registrata alla stazione meteorologica di Varese nel biennio 2008 – 2009 è risultata maggiore rispetto alla media calcolata negli ultimi 44 anni, pari a 1.440 mm, e notevolmente superiore alla media registrata nel periodo 2005 -2007 durante il quale sono state condotte le analisi sulla base delle quali è stato redatto il progetto esecutivo.

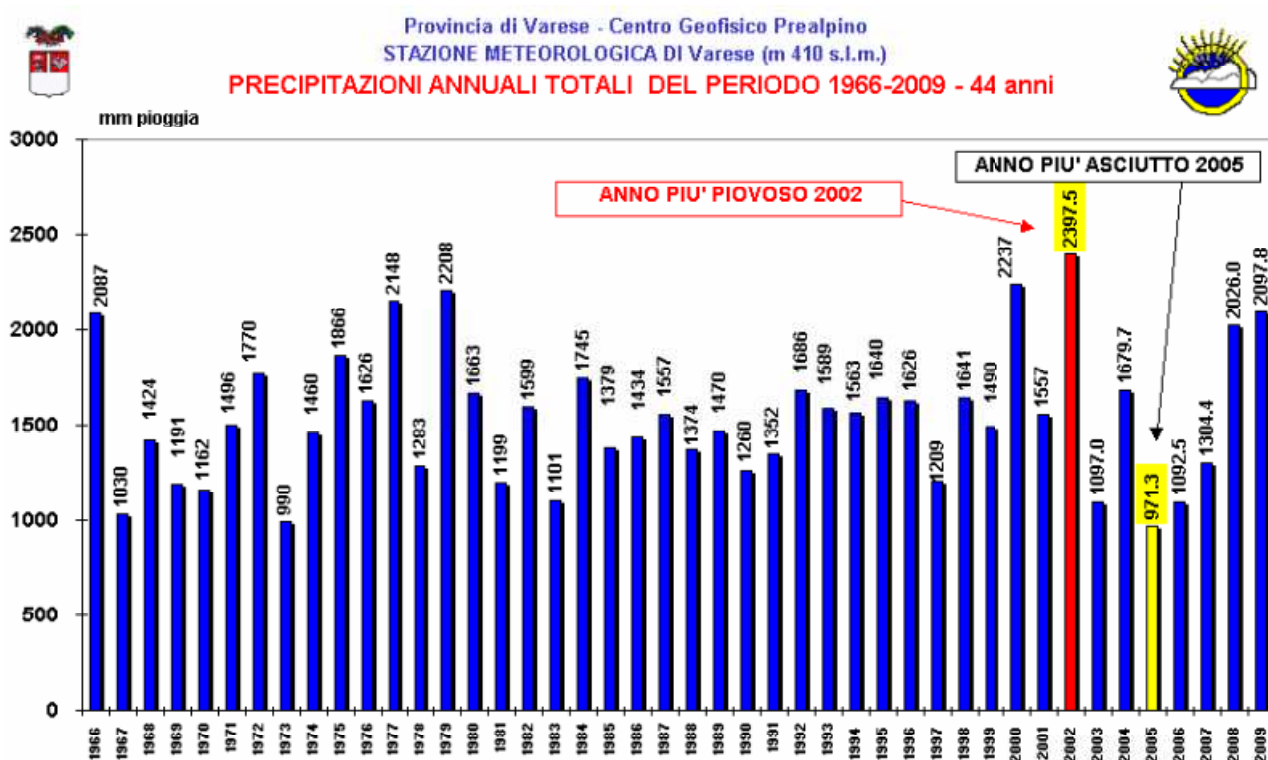


Figura 3.14 – Precipitazioni annuali totali nella Provincia di Varese dal 1966 al 2009

Il reimpiego a lungo termine dei suoli provenienti dagli scavi, quando si trovano in condizioni di “sovrappienezza”, che prevede l’essiccazione per areazione risulta inoltre di difficile applicazione, sia a causa del quadro climatico, ove periodi prolungati e costanti di insolazione sono assai limitati nell’arco dell’anno; sia per le particolari condizioni logistiche tipiche dei lavori di allargamento delle sedi autostradali, ove le aree di cantiere sono numerose quanto planimetricamente limitate, “segmentate” e scollegate l’una dall’altra, tali da non consentire una flessibile gestione dei mezzi d’opera.

Per porre in parte rimedio a tali condizioni di criticità, perseguendo comunque le logiche alla base del progetto esecutivo, ovvero di “porre particolare attenzione, in fase di costruzione, a ottimizzare l’uso dei materiali” e a “sviluppare e migliorare tecniche di riciclaggio dei materiali per ridurre ulteriormente il consumo di materie e la produzione di rifiuti”, si è previsto di ricorrere in misura maggiore, rispetto a quanto già previsto in progetto all’applicazione del trattamento di stabilizzazione a cemento limitatamente ai suoli appartenenti alla Classe A4 (i meno sfavorevoli tra quelli NON idonei).



Al fine e di consentire l'esecuzione delle opere secondo le tempistiche previste, nel rispetto delle Specifiche Tecniche del CSA, si è inoltre ricorsi alla stabilizzazione a cemento anche, nel caso peculiare del reimpiego a breve termine dei suoli provenienti dagli scavi, appartenente alla Classe A1, A2, A3 "tipologicamente" idonei, ma in condizioni "contingenti" di sovra saturazione, così da garantirne, a breve termine, le condizioni di portanza previste dal CSA e di transitabilità (le tratte vengono spesso utilizzate come "piste" atte ad assicurare un minimo di continuità logistica); e da consentire la prosecuzione delle lavorazioni successive.

Si segnala infine che in alcuni tratti è stato inoltre necessario provvedere alla stabilizzazione in sito a cemento in corrispondenza del piano di posa della nuova pavimentazione in corrispondenza della vecchia corsia di emergenza in quanto i risultati delle prove su piastra effettuate sistematicamente hanno evidenziato dei valori di portanza insufficienti dell'ultimo strato del vecchio rilevato.

La stabilizzazione a cemento oltre a consentire la riutilizzabilità del materiale, il rispetto delle tempistiche previste costituisce anche maggiori garanzie sulla stabilità dei rilevati del corpo autostradale limitando gli effetti dei cedimenti a lungo termine.

Disponibilità dei materiali

Durante l'esecuzione dei lavori, vuoi per ragioni legate alla risoluzione delle interferenze vuoi per ragioni contingenti che hanno richiesto una modifica alle fasi costruttive, la disponibilità dei materiali provenienti dagli scavi non risulta allineata con il fabbisogno di materiale per la costruzione dei rilevati; caso tipico è rappresentato dagli scavi provenienti dalle rampe dei cavalcavia esistenti, che sono generalmente disponibili solo dopo l'apertura al traffico dei nuovi cavalcavia; e cioè dopo il completamento delle nuove rampe sostitutive.

Tale circostanza unita al fatto che in alcune zone localizzate soprattutto in corrispondenza dei fossi di guardia e zone interessate dalla presenza di corsi d'acqua prossimi alla sede autostradale dove per effetto della percolazione delle acque superficiali si sono riscontrati strati particolarmente cedevoli ed imbibiti di acqua, per i quali è stato necessario prevedere, un'ulteriore strato di bonifica per asportazione del terreno di sottofondo, per



raggiungere i valori del Modulo di Deformazione necessari per impostare il piano di posa dei nuovi rilevati.

Correlato all'aumento di fabbisogno del materiale da cava, corrisponde una maggior quantità di materiale in esubero proveniente dagli scavi che se non impiegato, deve essere conferito a discarica. In considerazione della natura dei materiali la risposta più razionale, sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista economico, è quella di inglobare i volumi in oggetto in contesti di riconfigurazione paesaggistica utilizzando le aree già a disposizione per tali interventi.

Pertanto in fase di perizia si è provveduto a rivedere la rimodellazione delle aree intercluse rispetto a quanto già previsto in fase di progetto riducendo l'apporto del materiale da portare in discarica.

Pavimentazioni

Il Progetto Esecutivo delle pavimentazioni prevedeva differenti pacchetti di sovrastruttura stradale, opportunamente dimensionati, da impiegarsi per l'ampliamento della piattaforma sia in relazione ai differenti volumi di traffico sulle diverse tratte autostradali, sia in funzione della tipologia di ampliamento (simmetrico o asimmetrico).

In particolare nei tratti di ampliamento simmetrico, per quanto riguarda la porzione di piattaforma non interessata dalla realizzazione di una nuova pavimentazione o da interventi di risanamento, era prevista la stesa del solo strato di usura drenante in sovrassessore a quello già in opera. La necessità di dover prevedere un ulteriore strato di conglomerato bituminoso (binder drenante) nei pacchetti delle nuove pavimentazioni nasce dall'esigenza di dare continuità allo strato di usura drenante attualmente in opera e garantire il drenaggio delle acque di piattaforma impedendo la formazione di "scalini" che avrebbero potuto provocare il ristagno d'acqua all'interno della pavimentazione stessa con gravi conseguenze sulla durabilità (effetto degradante provocato dal gelo – disgelo).

Il PE comprendeva inoltre il risanamento di alcuni tratti della piattaforma stradale esistente sia in carreggiata nord che in carreggiata sud individuati a seguito di un'apposita



campagna di prove di portanza eseguita sulle corsie di marcia lenta e di sorpasso nel periodo 2003 – 2004.

Nel dettaglio erano previste due tipologie di risanamento di cui una superficiale, che consisteva nella ricostruzione dello strato superficiale mediante fresatura dell'attuale usura e la ricostruzione dello strato eliminato mediante binder drenante per garantire la continuità allo strato di usura drenante, e l'altro di tipo profondo, che prevedeva la ricostruzione di un pacchetto costituito da 10 cm di base e 10 cm di binder (di cui gli ultimi 4 cm di binder drenante) da realizzare dopo aver effettuato sul piano di appoggio il riciclaggio in sito dei residui strati esistenti (fondazione) con bitume schiumato e cemento per una profondità di 25 cm.

Da un'analisi effettuata sullo stato della pavimentazione esistente prima dell'inizio dei lavori, si è riscontrato un generale stato di degrado e ammaloramento soprattutto dello strato superficiale (usura drenante).

Tale determinazione ha fatto propendere per una modifica del progetto delle pavimentazioni che, lasciando inalterate le quote di progetto, prevede la rimozione di tutto lo strato drenante esistente e la ricostruzione di uno strato di 5 cm di binder. Così facendo oltre ad apportare uno specifico valore aggiunto alla pavimentazione esistente (aumento dello spessore strutturale) si sono soppesate le esigenze della Direzione di Tronco (Società Autostrade per l'Italia) di avere una piattaforma uniformemente adeguata ad affrontare i periodi invernali soprattutto in presenza di cantieri.

Tale impostazione comporta anche la modifica dei pacchetti di pavimentazione previsti in fase esecutiva per i tratti in ampliamento simmetrico con l'eliminazione dello strato di binder drenante, non più necessario per garantire la continuità idraulica, ma senza alterare gli spessori degli strati strutturali (stabilizzato, cementato, base e binder).

Come conseguenza di quanto sopra è stato necessario anche rivedere l'impostazione dei risanamenti programmati, che sono tra l'altro anche stati ottimizzati in relazione alla nuova giacitura delle corsie ovvero tenendo in considerazione i tratti di ampliamento simmetrico e asimmetrico. In particolare, per quanto riguarda i risanamenti superficiali, si è provveduto unicamente a sostituire il binder drenante con binder tradizionale, mentre, per i risanamenti profondi, nell'ottica di anticiparne la realizzazione in relazione alle esigenze



della Direzione di Tronco intervenendo anche su tratti ormai cantierizzati, si è previsto di adottare un risanamento che prevede la fresatura della pavimentazione esistente per 15 cm e la ricostruzione del pacchetto con binder fino ad arrivare alla quota esistente interponendo un telo di tessuto geo-sintetico armato come è in uso negli interventi di risanamento programmati sulla rete di Autostrade per l'Italia. Tale soluzione consente per altro di effettuare i risanamenti in assenza di deviazione di traffico autostradale avendo minor impatto sull'esercizio, in quanto è possibile effettuarli in una sola notte a differenza del riciclaggio in sito che ha tempi più lunghi per la maturazione.

Da ultimo si segnala la variazione del pacchetto di pavimentazione, in corrispondenza delle rampe di svincolo, conseguente al trattamento a cemento del materiale costituente il corpo del rilevato associato all'utilizzo di materiale proveniente da cava per la realizzazione dell'ultimo strato di rilevato, che consente di ottenere un valore del modulo di deformazione maggiore rispetto a quanto richiesto dal CSA con conseguente aumento dei moduli elastici rispetto a quelli utilizzati nel dimensionamento dei pacchetti stradali in fase di progetto.

Ulteriore modifica introdotta rispetto al progetto esecutivo, considerate le necessità operative segnalate dalla Direzione di Tronco per agevolare la gestione degli eventi meteorici (nevicata), è stata quella di sostituire sulle rampe degli svincoli e dell'Interconnessione l'usura drenante prevista in progetto, con uno strato di usura di tipo chiuso (bitume hard). Da una analisi di dettaglio, la modifica introdotta, viste anche le elevate pendenze trasversali e longitudinali presenti sulle rampe, non comporta nessun peggioramento sullo smaltimento delle acque di piattaforma ma consente invece una maggior efficacia degli interventi di salatura frequentemente necessari a queste latitudini.

Nello specifico, venuta a mancare la necessità di dare continuità allo strato di usura drenante per garantire il corretto drenaggio delle acque di piattaforma tra la parte esistente e quella in ampliamento, ha consentito di eliminare le sovrastrutture Tipo 1 e Tipo 2 previste nel progetto esecutivo nei tratti di ampliamento simmetrico.

Rimangono invece inalterate le caratteristiche delle tipologie Tipo 3 e Tipo 4 delle sovrastrutture inizialmente previste nei tratti di ampliamento asimmetrico estese con la variante ai tratti in ampliamento simmetrico.



Nella figura sottostante sono a confronto le sovrastrutture previste nella perizia di variante con quelle previste in fase di progettazione.

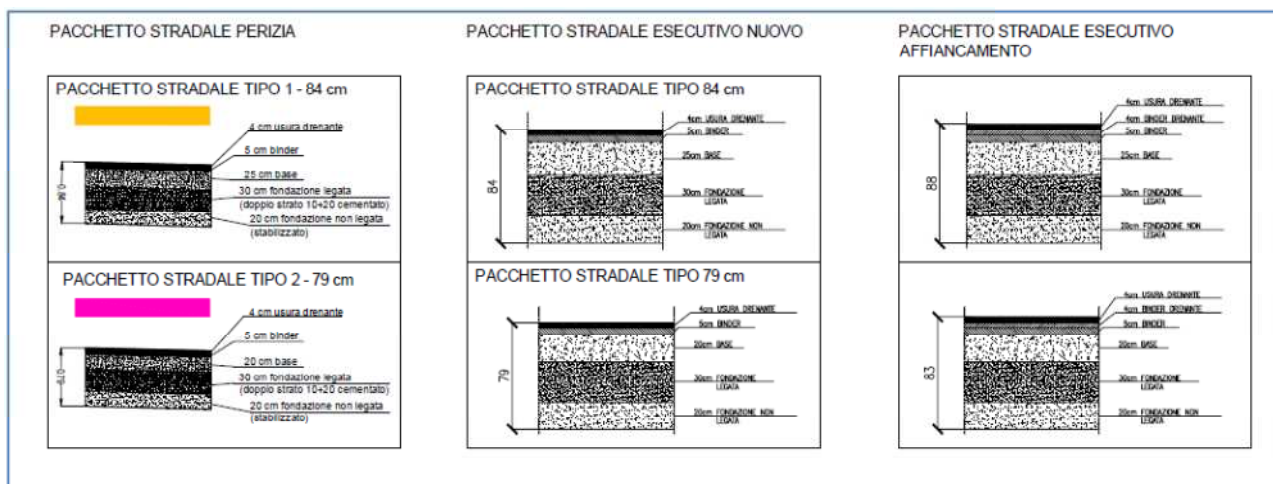


Figura 3.15 – Confronto tra pacchetti autostradali, Progetto Esecutivo e proposta di variante

Ora vediamo più nel dettaglio i seguenti aspetti precedentemente accennati:

- le tipologie di risanamento superficiale/profondo;
- la composizione del pacchetto autostradale definitivo;
- la sovrastruttura delle pavimentazione delle rampe di svincolo.

Risanamenti pavimentazione esistente

In relazione alle varie condizioni della pavimentazione esistente rispetto a quanto riscontrato in fase di progettazione, pur lasciando invariate le superfici, è stata introdotta una modifica sia per i risanamenti superficiali che per quelli profondi; in particolare, per i risanamenti superficiali la variazione consiste unicamente nel sostituire lo strato di 5 cm di “binder drenante” previsto in progetto con uno strato di analogo spessore di binder di tipo hard chiuso, che migliora le caratteristiche meccaniche della pavimentazione.

Con riferimento all’intervento di risanamento profondo delle pavimentazioni esistenti, previsto nell’ambito del progetto di ampliamento alla terza corsia, il progetto esecutivo



prevedeva invece la demolizione della pavimentazione esistente per uno spessore di 45 cm e la successiva posa in opera della sovrastruttura riportata in figura.

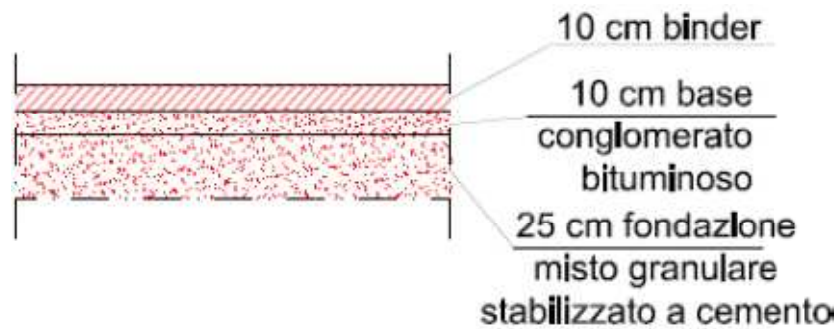


Figura 3.16 – Progetto Esecutivo, sezione tipo risanamento profondo

La variante tecnica, studiata al fine di ottimizzare le fasi di lavorazione e minimizzare gli effetti negativi della cantierizzazione sulla circolazione, prevede invece la demolizione della pavimentazione esistente per uno spessore di 15cm, la successiva posa in opera di un sistema di rinforzo costituito da una geogriglia di tipo polyfelt PGM G100ID (geotessile non tessuto con griglia in fibra di vetro) che viene posizionata sul fondo del piano fresato, imbevuta di emulsione bituminosa avente funzione adesiva, e rullata prima di procedere alla stesa dello strato in conglomerato bituminoso (binder 10+5 cm); in fase finale è poi prevista la stesa dello strato di usura drenante sull'intera piattaforma in analogia a quanto previsto nel progetto esecutivo.

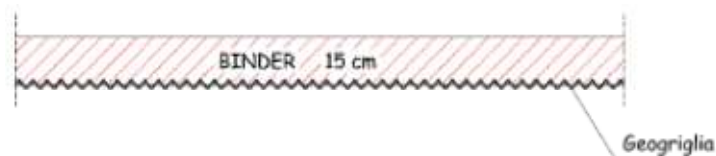


Figura 3.17 – Proposta di variante, sezione tipo risanamento profondo



La combinazione del geotessuto in polipropilene con griglia in fibra di vetro ha le seguenti funzioni:

- Impermeabilizzazione contro infiltrazioni d'acqua e di sali antigelo (funzione svolta dal geotessuto);
- Assorbimento delle tensioni dovute a trazione limitando di conseguenza la formazione di fessure e relativa propagazione in superficie (funzione svolta dalle fibre di vetro che essendo dotate di elevato modulo elastico – $E = 80'000$ MPa – possono assorbire le forze di trazione in caso di ridotte dilatazioni e sono quindi idonee come armatura per pavimentazioni in conglomerato bituminoso).

Le fibre di vetro sono inoltre fresabili insieme alla pavimentazione e quindi riciclabili.

La presenza della griglia in fibra di vetro garantisce, l'unione tra gli strati (conglomerato bituminoso residuo e nuovo strato di binder); i singoli tratti di fibra vengono allargati dai granuli del conglomerato bituminoso e lasciano passare quelli di maggiori dimensioni, consentendo di raggiungere un buon interlocking.

La sovrastruttura di progetto prevista in perizia di variante presenta caratteristiche meccaniche superiori a quelle offerte dalla pavimentazione esistente per effetto, della demolizione dei primi 15 cm di quest'ultima, della successiva realizzazione di uno strato di binder vergine di uguale spessore, a cui si associano i suddetti benefici apportati dall'inserimento della geogriglia tra il nuovo strato e quello in conglomerato bituminoso residuo (6 cm) che viene mantenuto in opera. Inoltre a seguito dell'innalzamento della quota di progetto di 4 cm rispetto all'esistente l'attuale usura drenante verrà ad essere sostituita da uno strato in conglomerato bituminoso chiuso. Al netto dell'usura drenante l'intervento proposto può quindi essere strutturalmente schematizzabile come un rinforzo realizzato in parte tramite un sovrasspessore di 4 cm (overlay) ed in parte tramite sostituzione degli strati di conglomerato bituminoso esistenti per i restanti 11 cm (a cui si aggiunge la posa della geogriglia).

Inoltre la soluzione prevista in perizia di variante può essere considerata equivalente a quella definita in fase di progetto esecutivo in quanto la realizzazione dello strato di binder di spessore 15 cm, associato alle proprietà meccaniche della geogriglia e a quelle della



quota parte di pavimentazione esistente che rimarrà in opera (6 cm di base e 25 cm di misto cementato), consentono di uguagliare in termini di caratteristiche meccaniche (modulo elastico e comportamento a fatica) gli strati interamente vergini previsti nel progetto esecutivo.

Pista di Emergenza Lainate

Al fine di velocizzare le operazioni di cantierizzazione allo scopo di limitare le interferenze con l'esercizio autostradale in corrispondenza dell'Interconnessione per realizzare la Pila 3 del Viadotto 1 interferente con l'attuale rampa Como – Milano, si è reso necessario provvedere alla deviazione provvisoria della rampa. Tale deviazione, anziché essere eseguita come previsto in fase di progetto appaltato, ovvero realizzando una deviazione con restringimento della carreggiata tra le pile P1 e P2 realizzate in una fase precedente, è stata eseguita modificando il tracciato dell'attuale rampa in corrispondenza dell'innesto sull'autostrada A8 costruendo contestualmente un flesso utilizzando l'attuale emergenza come corsia di marcia lenta.

Con questa cantierizzazione è stato possibile eseguire tutte le pile del viadotto in oggetto con un'unica deviazione di traffico diminuendo l'impatto dei cantieri sulla circolazione stradale e velocizzando l'esecuzione dei lavori.

La cantierizzazione sopra descritta, in relazione all'eliminazione della corsia di emergenza sulla carreggiata sud dell'A8 nel tratto sotteso dall'Interconnessione ha tuttavia comportato la necessità, come evidenziato dalla Direzione di Tronco, di realizzare una pista di emergenza accessibile dall'esterno dell'autostrada utilizzabile dai mezzi di soccorso in caso di incidente consentendo di garantire il medesimo livello di sicurezza preesistente sull'autostrada A8.

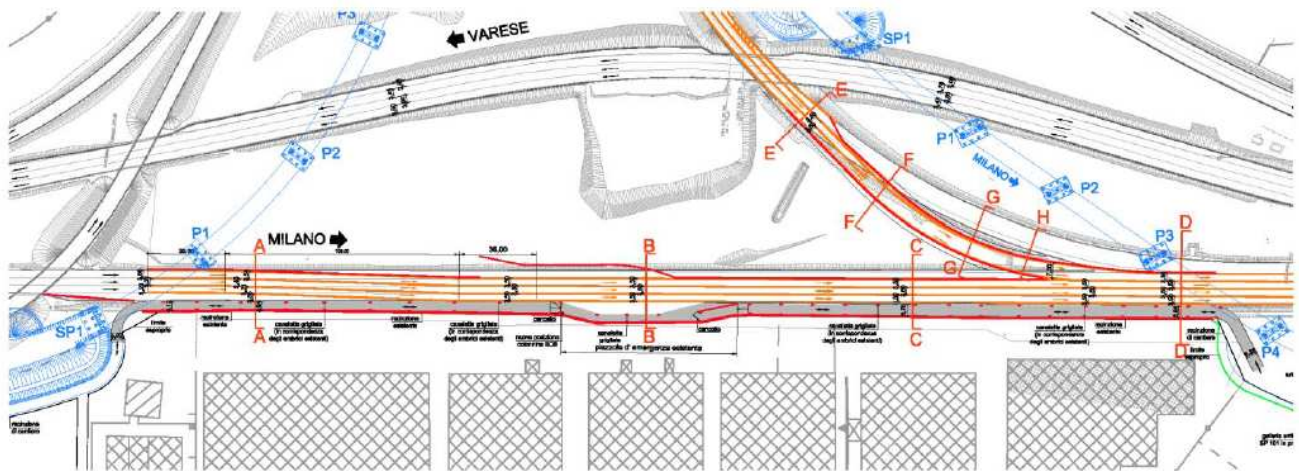


Figura 3.18 – Stralcio planimetrico pista di emergenza Lainate

La pista realizzata in adiacenza all'attuale corsia di emergenza rimanendo all'interno dei limiti di proprietà ha uno sviluppo complessivo di circa 500 metri e consente l'accesso alla piattaforma autostradale mediante un apposito cancello posizionato in corrispondenza della piazzola di sosta esistente.

La larghezza della pista è variabile da un minimo di 3,90 m ad un massimo di 5,70 m ed occupa l'attuale spazio compreso tra la barriera di sicurezza e la recinzione ove ha sede la cunetta per lo smaltimento delle acque di piattaforma, come si evince dalla sezione sotto riportata.

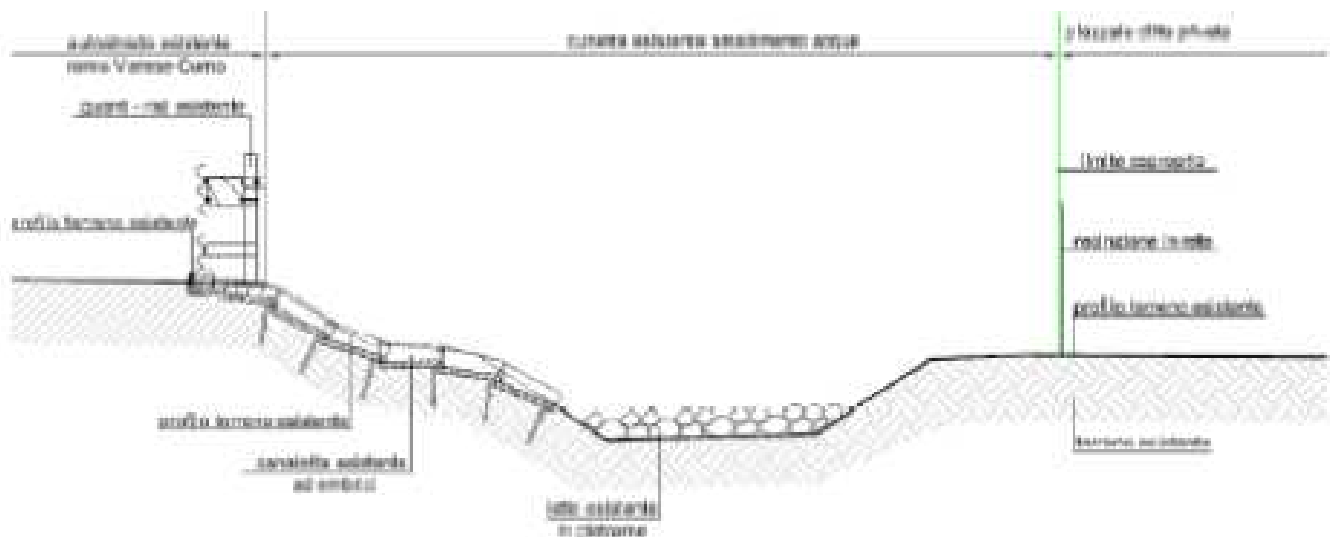


Figura 3.19 - Sezione trasversale esistente in adiacenza alla carreggiata sud dell'A8

La pista viene realizzata posizionando un NJ a protezione della recinzione con la funzione sia di barriera di sicurezza che di contenimento del pacchetto di pavimentazione della pista.

Per dare continuità e garantire il corretto funzionamento e smaltimento delle acque di piattaforma al di sotto della pista viene realizzato un sistema di drenaggio che consente di mettere in comunicazione le cunette disperdenti attuali nei tratti a monte e a valle della pista stessa. Nella figura sottostante è riportata la sezione trasversale tipo della pista in oggetto.

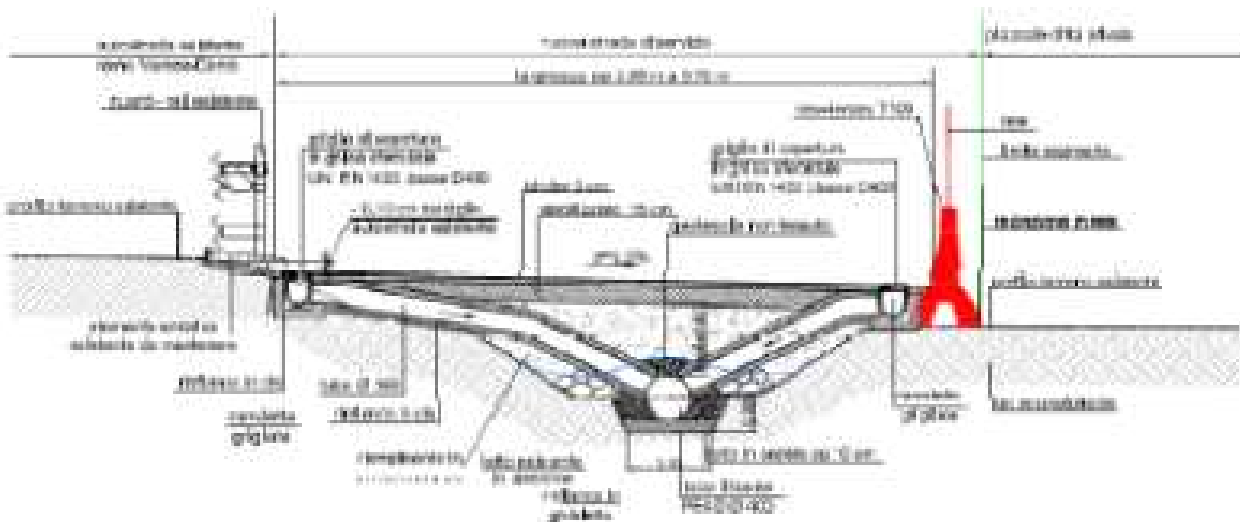


Figura 3.20 – Pista di emergenza, sezione trasversale tipo

Questa soluzione si è resa necessaria al fine di garantire elevati standard di sicurezza per gli utenti dell'autostrada.



Idrologia – idraulica

Bacino di Lainate

Il progetto esecutivo prevedeva complessivamente la realizzazione di 11 presidi idraulici per il trattamento, la laminazione e lo scarico delle acque di piattaforma; in particolare era previsto il posizionamento di un presidio idraulico all'interno dell'area interclusa dell'Interconnessione, che raccoglieva le acque insistenti sulla piattaforma autostradale tra la progressiva 11+000 e la progressiva 17+300 circa, sia per la carreggiata nord che per quella sud, per un totale di circa 6,3km.

La perizia di variante ha percepito la possibilità di realizzare all'interno dell'area interclusa dello svincolo di Origgio – Uboldo un nuovo presidio idraulico in modo da suddividere l'originaria area scolante afferente al presidio dell'Interconnessione in due parti equivalenti come riportato nella figura sottostante.

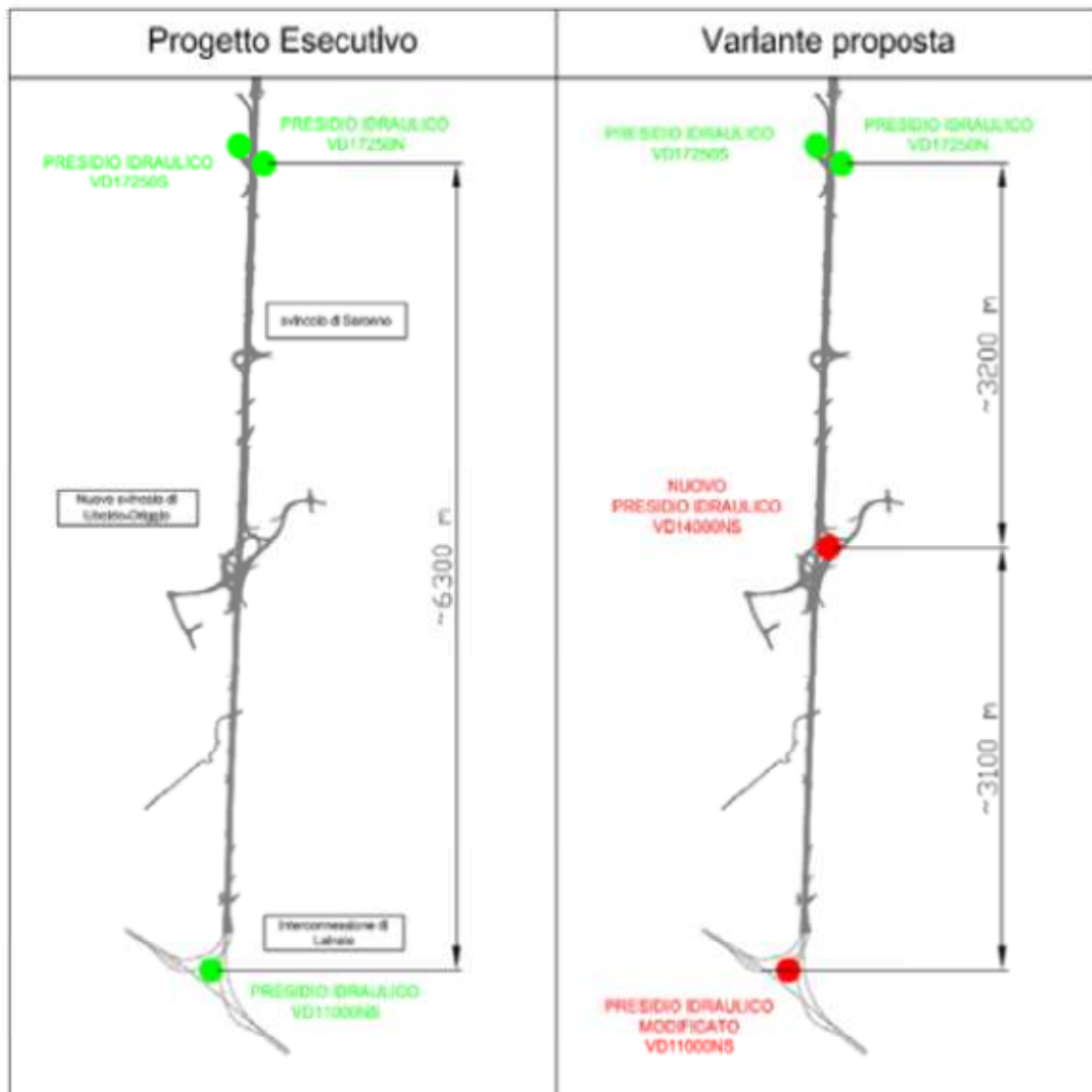


Figura 3.21 – Confronto presidi idraulici tra Progetto Esecutivo e proposta di variante

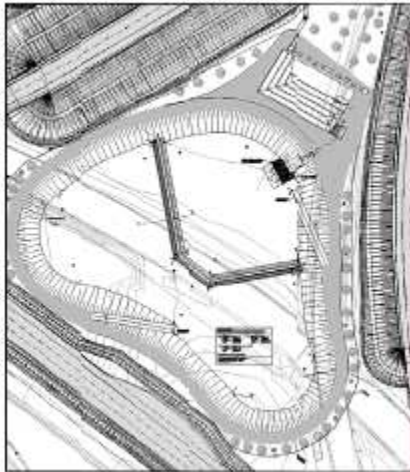
La riduzione dell'area scolante afferente al bacino di Lainate, per effetto della realizzazione del nuovo presidio idraulico, ha permesso una significativa riduzione del volume di invaso necessario alla laminazione e successiva dispersione delle piene..

In particolare il volume utile della vasca previsto in progetto esecutivo, pari ad oltre 15'000mc, viene ridotto a circa 10'000mc; riducendo conseguentemente anche la superficie occupata dalle vasche che si riduce di circa 4'000mq passando dai 9'000mq previsti a 5'200mq.



Si evidenzia inoltre che la vasca prevista in perizia non risulta più interferente con il ramo esistente MI-VA dell'autostrada A8, come meglio illustrato nell'estratto planimetrico seguente, grazie alle ridotte dimensioni e alle maggiori disponibilità di aree generate dalla nuova configurazione dei viadotti in sostituzione dei rilevati previsti originariamente, consentendo pertanto il completamento della vasca indipendentemente dal completamento della nuova rampa MI-VA.

PROGETTO ESECUTIVO



PROPOSTA DI VARIANTE



Figura 3.22 - Confronto vasche tra Progetto Esecutivo e proposta di variante

Presidio di Lainate

La riduzione dell'area scolante afferente al bacino di Lainate ha comportato una proporzionale riduzione del volume di acqua di prima pioggia da trattare e successivamente da restituire al bacino di dispersione.

In particolare il Progetto Esecutivo prevedeva una vasca con dimensioni in pianta pari a 35 x 20 m, ridotte con la presente perizia a circa 25 x 15 m; l'altezza interna è rimasta invece inalterata.

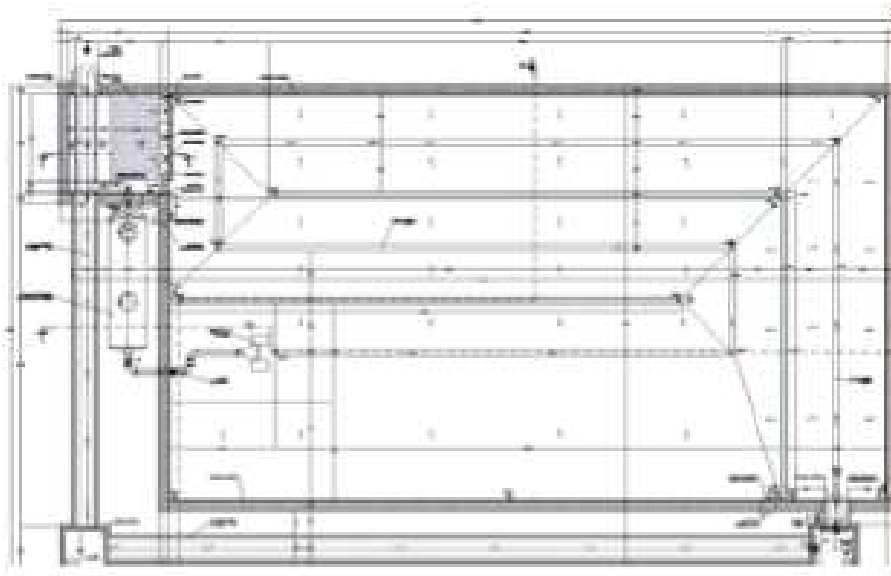


Figura 3.23 – Progetto Esecutivo, planimetria presidio di Lainate

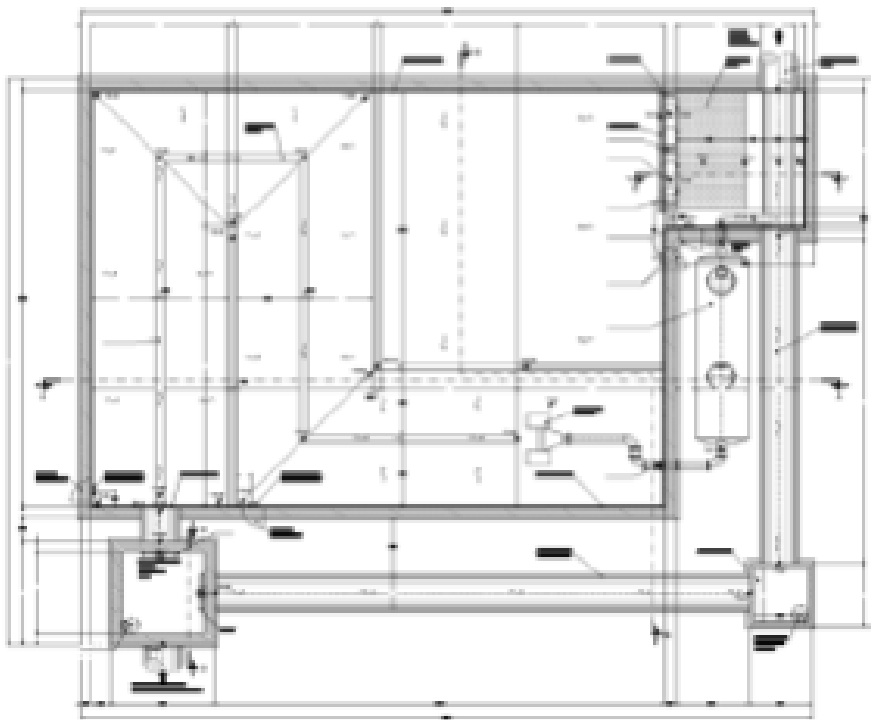


Figura 3.24 – Proposta di variante, planimetria presidio di Lainate



Sistema di raccolta acque di piattaforma

L'inserimento del nuovo presidio idraulico e bacino di dispersione in corrispondenza dello svincolo di Origgio - Uboldo ha permesso di sezionare il tratto di collettori che recapitavano alla vasca di Lainate, lungo originariamente circa 6,3 Km in due tratte rispettivamente di 3,2 Km (recapito alla nuova vasca di Saronno) e di 3,1 Km (recapito alla vasca di Lainate).

Di conseguenza le dimensioni delle tubazioni hanno subito una riduzione di diametro nel tratto di recapito alla vasca di Lainate; di seguito è riportata la tabella di confronto tra le quantità delle tubazioni in Pead, suddivise per diametro, tra quanto previsto nel progetto appaltato e la perizia di variante.

DIAMETRO COLLETTORI PEAD	Lunghezza complessiva da Progetto esecutivo [m]	Lunghezza complessiva da Proposta di Perizia [m]
DN500	675	1350
DN630	500	1050
DN800	1600	2575
DN1000	1150	3500
DN1200	2675	3625
DN1200sp	5500	0
DN1400sp	0	100
DN1600sp	100	0
totale	12500	12500

Tabella 3.4 – Raffronto tubazioni Pead tra Progetto Esecutivo e proposta di variante

In particolare è importante osservare come la soluzione adottata consenta di eliminare completamente l'utilizzo dei tubi spiralati (ad eccezione di un breve tratto di DN1400sp necessario per il collegamento finale con il presidio idraulico dell'Interconnessione).

Ulteriore modifica apportata al sistema di drenaggio delle acque di piattaforma è rappresentato dalla sostituzione del cordolo laterale a bordo pavimentazione inizialmente



previsto in cls prefabbricato, con un cordolo estruso, come rappresentato nella sezione tipo sotto riportata.

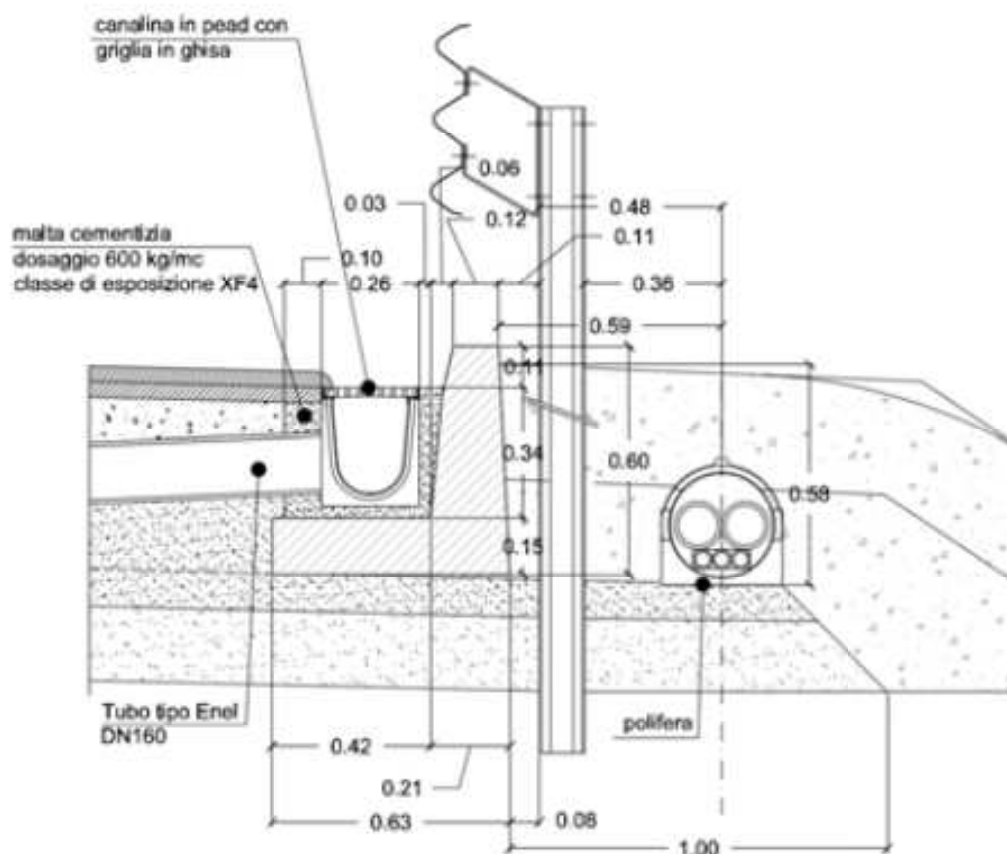


Figura 3.25 – Particolare cordolo estruso a "L" in rilievo

Il cordolo, delle dimensioni 63x60cm viene prodotto in campo da una cordolatrice che si muove sul primo strato di misto cementato del pacchetto stradale di altezza pari a 10cm. Le griglie di raccolta delle acque meteorologiche vengono appoggiate sulla parte orizzontale di tale cordolo che risulta già essere alla quota finale rispetto al pacchetto di pavimentazione da realizzare. Una volta posate le canaline viene completato lo strato di misto cementato (20 cm) andando a rinfiancare il cordolo estruso. Il cordolo estruso così realizzato delimita, due distinte aree di lavoro una interna e l'altra esterna rispetto alla piattaforma autostradale consentendo pertanto di svincolare le lavorazioni di

completamento della pavimentazione da quelle relative alla posa dell'infrastruttura tecnologica e di completamento della banchina laterale in terra.

Tale soluzione consente inoltre un risparmio del pacchetto stradale, che viene terminato a ridosso del cordolo anziché prevedere la realizzazione dell'unghia necessaria per realizzare i vari strati di pavimentazione. Il cordolo estruso viene previsto per uniformità, anche nei tratti in trincea in sostituzione della cunetta prefabbricata alla francese prevista in progetto.

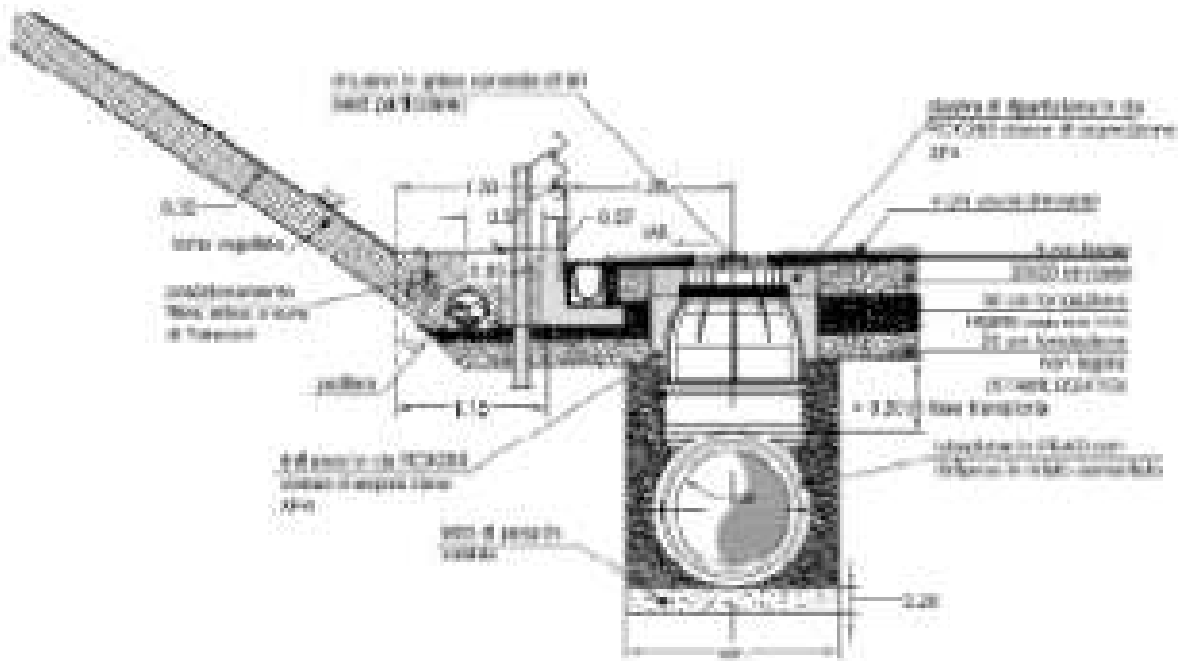


Figura 3.26 – Particolare cordolo estruso a “L” in trincea

Idraulica dell'Interconnessione

Come precedentemente accennato, nella perizia di variante si sono apportate alcune modifiche di dettaglio al sistema di smaltimento delle acque di piattaforma delle rampe Como-Milano e Milano-Como dell'Interconnessione per adeguare le opere oggetto d'appalto in relazione ai futuri lavori di ampliamento alla 5ª corsia dell'autostrada A8 nel tratto compreso tra l'interconnessione e la barriera di Milano Nord il cui progetto è stato



Il tratto interessato dalle nuove opere idrauliche, come si evince dalla figura sotto riportata, ha una lunghezza di circa 370 m, ed è costituito da una tubazione in pead di sezione variabile che aumenta progressivamente verso valle da DN500 a DN800.

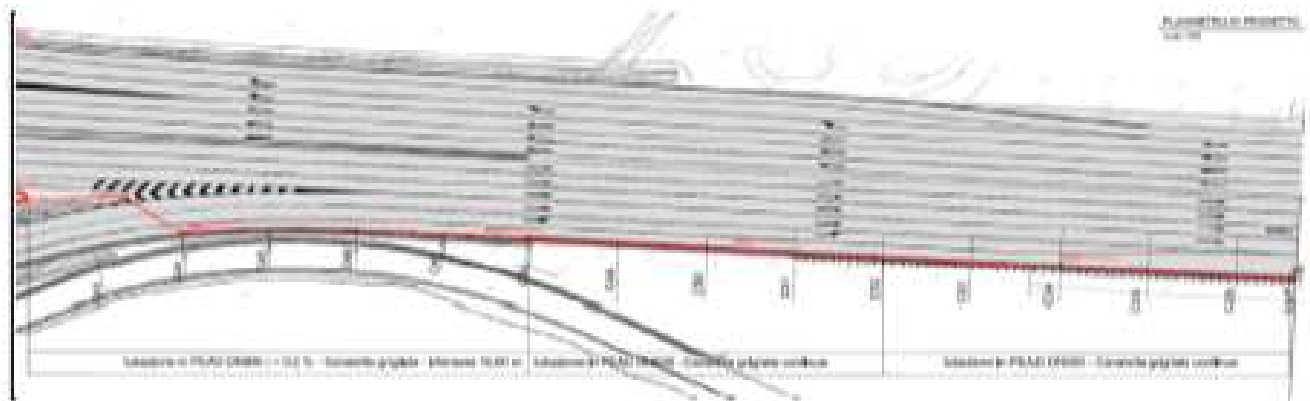


Figura 3.28 – Estratto planimetrico opere idrauliche piattaforma rampa CO-MI

Lo stesso sistema è stato adottato in corrispondenza della rampa Milano-Como nel tratto interessato dalla barriera antifonica, in modo da consentire un migliore deflusso delle acque in caso di pioggia; il tratto in questo caso risulta avere uno sviluppo complessivo di circa 200 m con sezione costante della tubazione in Pead DN500.

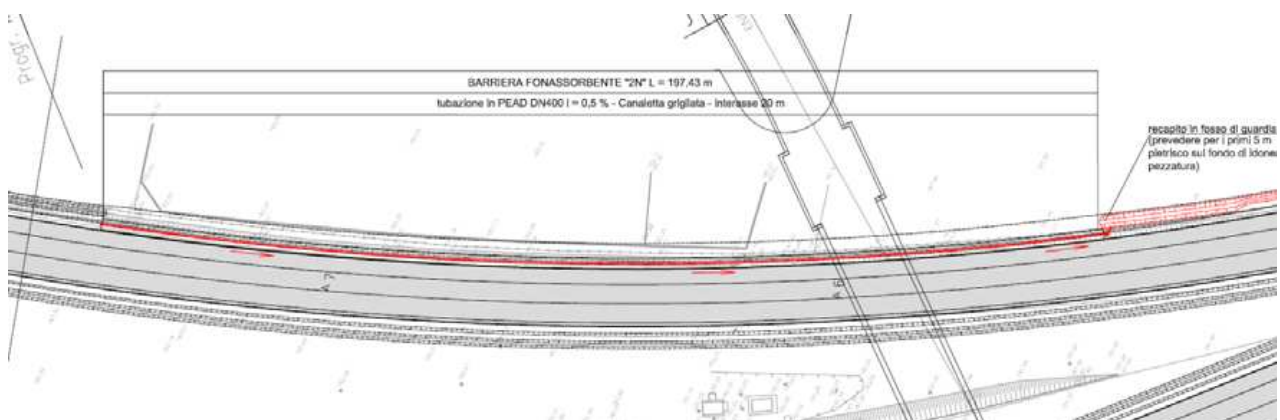


Figura 3.29 – Estratto planimetrico opere idrauliche piattaforma rampa MI-CO



Gli schemi realizzativi delle opere sono i seguenti:

Bozzente 1 - opera 1 – Ponticello con luce L= 13.00m ed ampliamento pari a 4m

Sono stati adottati come sotto fondazione 17+17 micropali D220 e L=15m, secondo lo schema seguente:

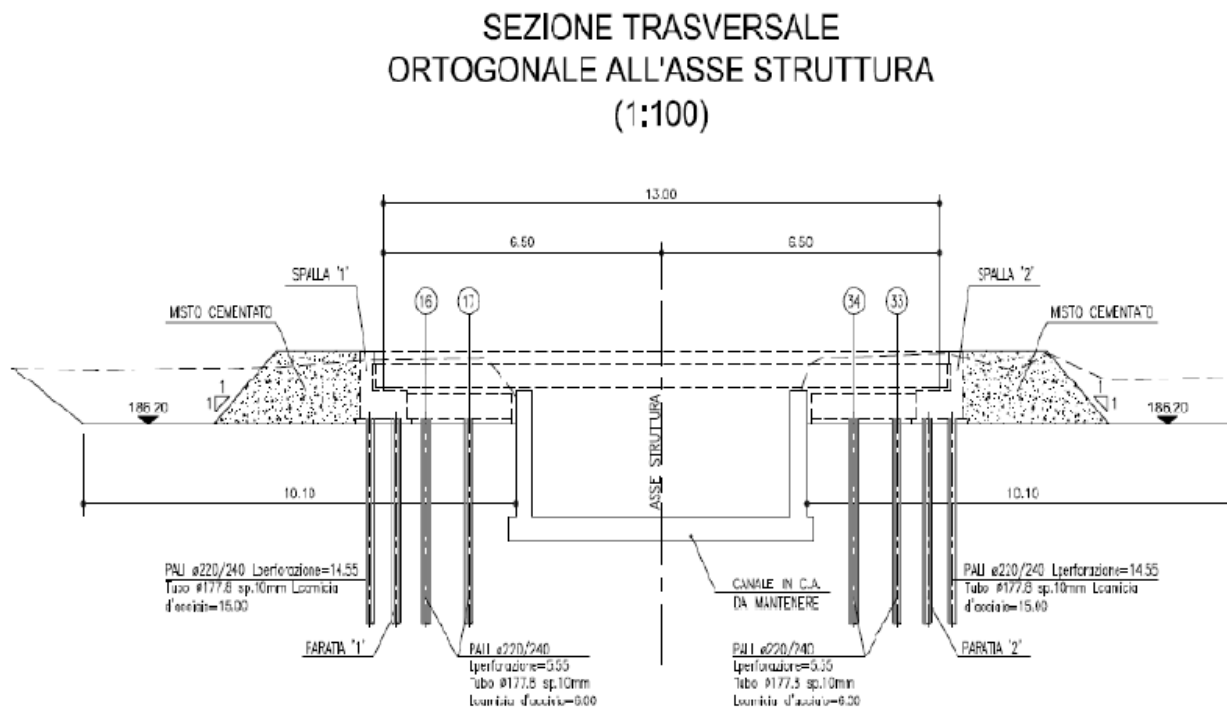


Figura 3.31 – Proposta di variante, sezione trasversale Bozzente 1-opera 1



Bozzente 1 - opera 2 – Ponticello con luce L= 10.35m ed ampliamento pari a 2.60m

Sono stati adottati come sotto fondazione 10+10 micropali D220 e L=15m, secondo lo schema seguente:

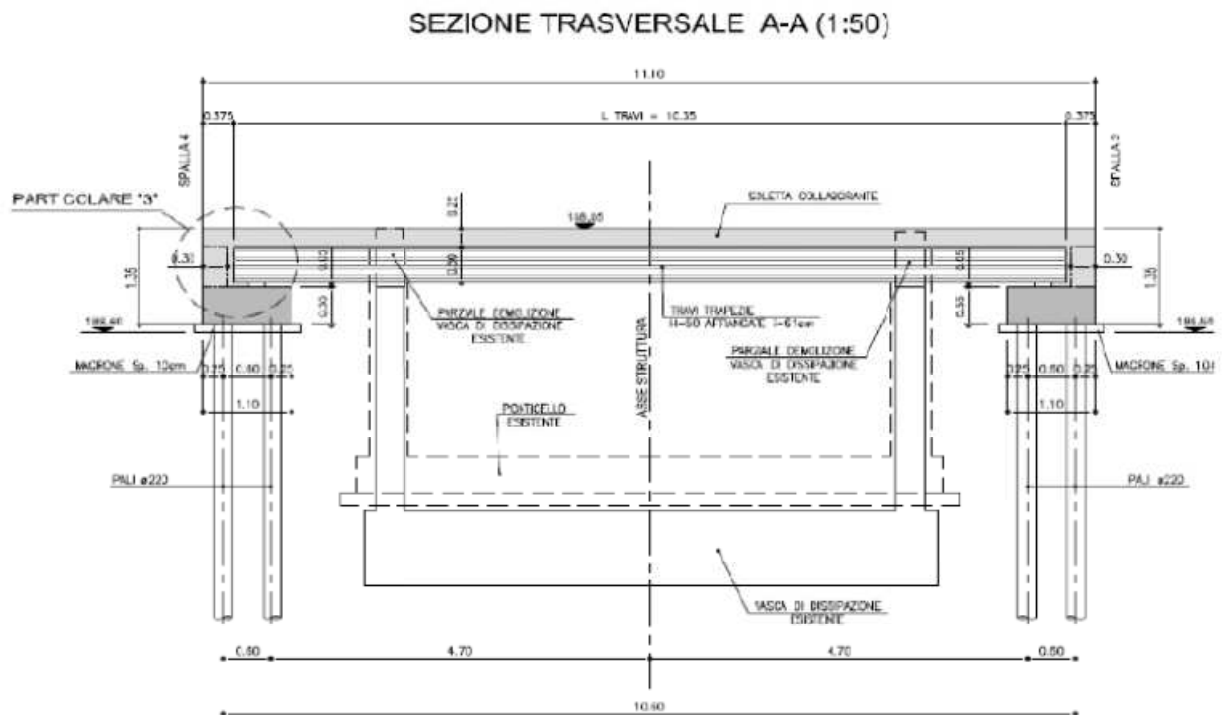


Figura 3.32 – Proposta di variante, sezione trasversale Bozzente 1-opera 2



Bozzente 2 - opera 3 – Ponticello con luce L= 8m copertura tra le carreggiate

Sono stati adottati come sotto fondazione 66+66 micropali D220 e L=15m, secondo lo schema seguente:

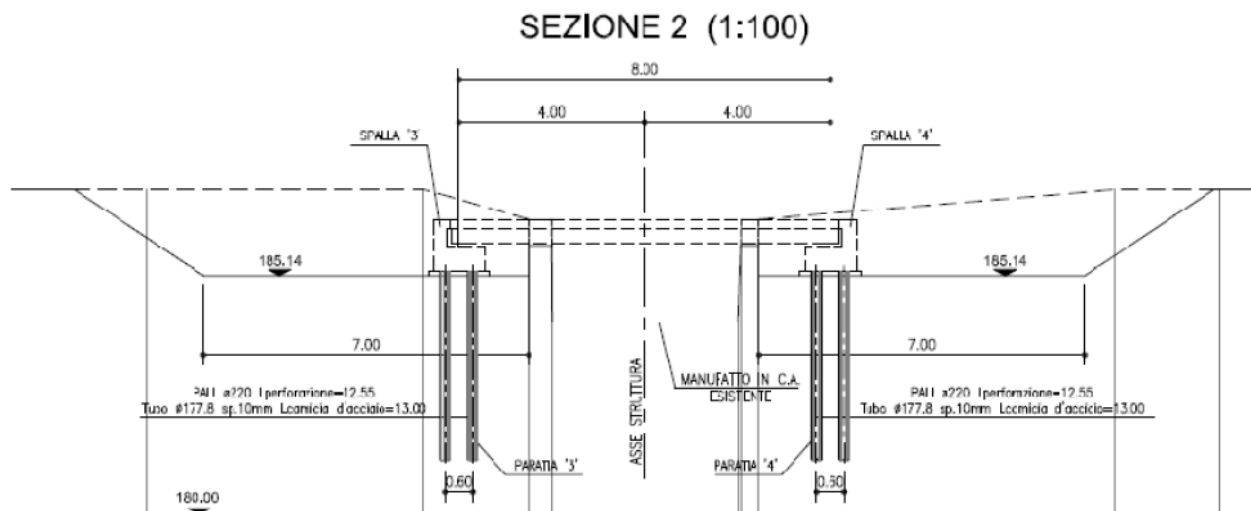


Figura 3.34 – Proposta di variante, sezione trasversale Bozzente 2-opera 3

Bozzente 2 - opera 4 – Ponticello con luce L= 12.05m ed ampliamento pari a 7.88m

Sono stati adottati come sotto fondazione 16+16 micropali D220 e L=12m, secondo lo schema seguente:

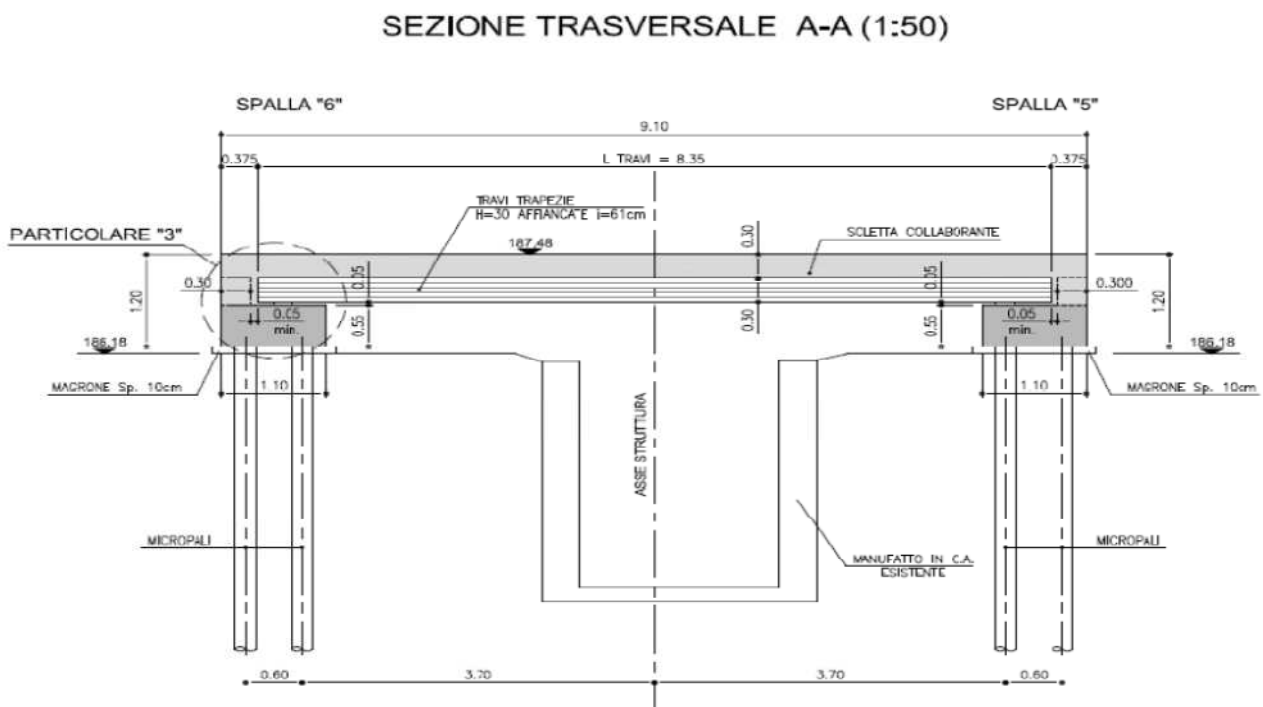


Figura 3.35 – Proposta di variante, sezione trasversale Bozzente 2-opera 4

Muri di sostegno

MS.23

Lungo il ramo di immissione della rampa Como-Varese dell'Interconnessione, nel tratto compreso tra i manufatti Bozzente 2 Opera 4 (S1-SC02) e Bozzente 1 Opera 2 (S1-SC01), l'esigenza di salvaguardare l'argine del canale scolmatore del torrente Bozzente che corre parallelo all'autostrada ha comportato la realizzazione di un muro di sostegno in sostituzione della scarpata prevista dal Progetto Esecutivo.



Tale opera, indicata con la denominazione MS.23, è realizzata interamente gettata in opera e presenta una lunghezza di 228.55 m mentre l'altezza è variabile tra 2.05 m e 2.55 m.

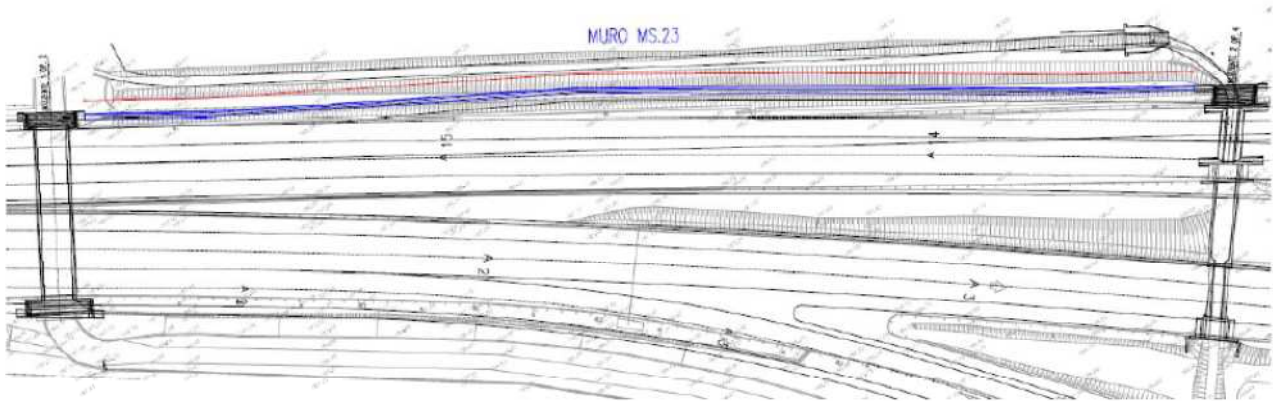


Figura 3.36 – Pianta muro MS23

MS.24

Al fine di adeguare il ramo di immissione della rampa Como-Milano dell'Interconnessione al progetto dell'allargamento alla 5ª corsia dell'autostrada A8 è stato necessario prevedere lungo tale rampa una nuova struttura di sostegno della carreggiata autostradale denominata MS.24.

Tale opera presenta uno sviluppo complessivo di 216.5 m ed è costituita da una prima parte, di altezza limitata, gettata in opera, e da una seconda parte realizzata mediante elementi prefabbricati. La parte d'opera realizzata in calcestruzzo gettato in opera ha una lunghezza di 74 m ed è a sua volta suddivisa in due porzioni di differenti caratteristiche: un primo tratto di lunghezza 50 m e di altezza massima 1.16 m, ed uno di lunghezza 24.28 m ed altezza massima 1.53 m. La parte di muro realizzato in pannelli prefabbricati ha invece una lunghezza di 142.5 m ed è costituita da 57 elementi modulari di larghezza 2.50 m ed altezza variabile tra 1.74 m e 3.44 m.

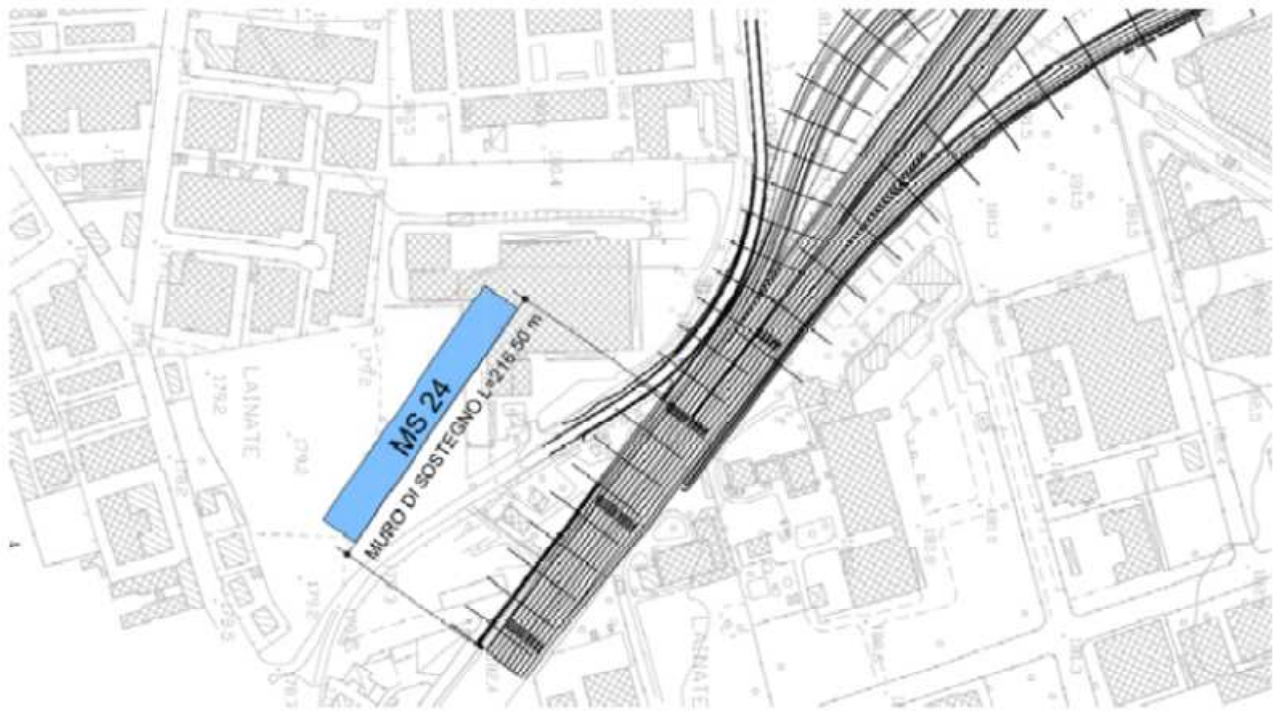


Figura 3.37 – Pianta muro MS24

Barriere di sicurezza

A seguito delle modifiche apportate alle diverse opere come descritto nei precedenti capitoli, sono state adottate alcune modifiche di dettaglio che hanno comportato variazioni anche nel capitolo relativo alle barriere di sicurezza.

Per quanto riguarda l'Interconnessione, a seguito dell'allungamento dei viadotti sono aumentate le quantità relative alle barriere di sicurezza bordo ponte rispetto a quelle bordo rilevato previste in progetto esecutivo sui rilevati dell'interconnessione che non vengono eseguiti.

Sugli stessi tratti dei viadotti è previsto in perizia il posizionamento della rete di protezione di tipo B con altezza pari a 3m come da sezione tipologica seguente.

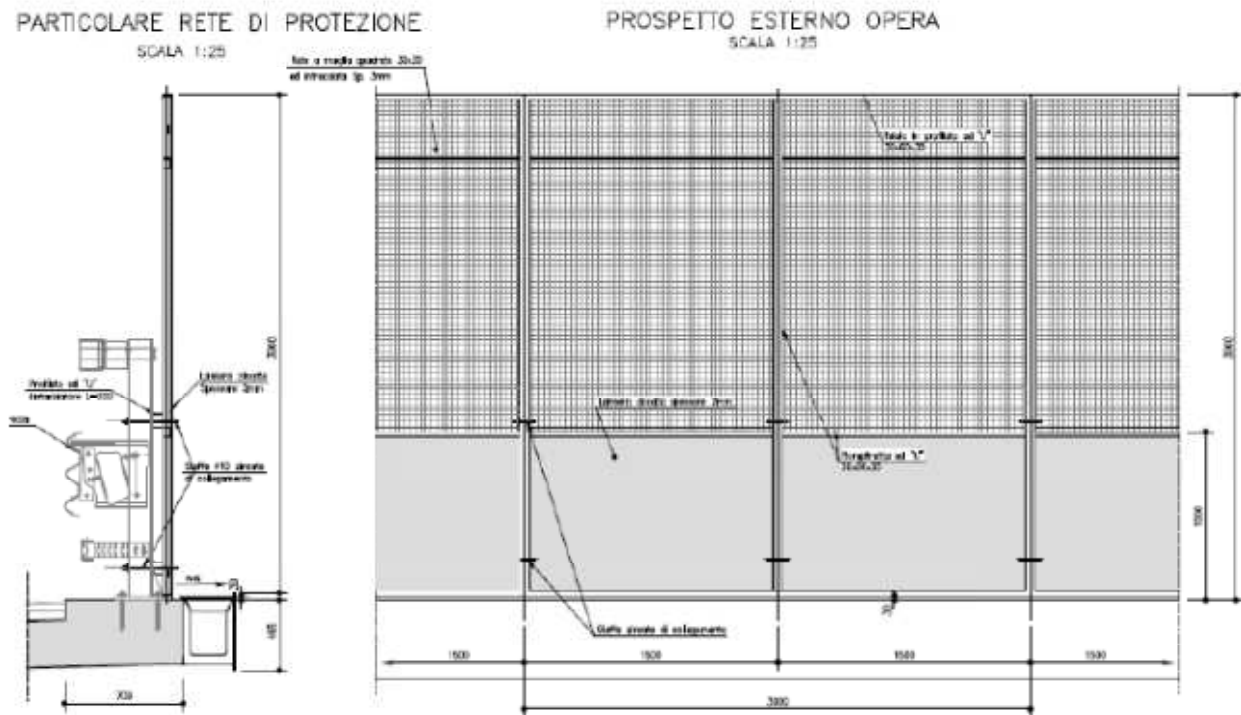


Figura 3.38 – Sezione tipologica rete di protezione sui viadotti

Oneri per lavorazioni in presenza di traffico

La variazione dell'importo complessivo dell'infrastruttura, scaturito dalle modifiche fin qui menzionate, avrebbe comportato, adottando i medesimi criteri utilizzati in fase di progetto, anche una variazione economica relativa all'applicazione del sovrapprezzo per lavorazioni eseguite in presenza di traffico.

Tuttavia per effetto delle scelte tecnico realizzative e logistiche, adottate per l'esecuzione di alcune opere in variante, eseguite non più in soggezione di traffico ma in regime di chiusura totale della sede autostradale, ha generato, nonostante l'aumento dell'importo complessivo delle opere, una riduzione del compenso da corrispondere all'Appaltatore per l'esecuzione dei lavori in presenza di traffico.



In particolare non sono stati valorizzati gli oneri in presenza di traffico autostradale per le seguenti lavorazioni:

- assemblaggio e varo dei nuovi sottopassi ciclopedonali;
- assemblaggio e varo impalcati metallici;
- demolizione cavalcavia e viadotti;
- scavo vasche e presidi idraulici posti ad una distanza maggiore di 20 m rispetto al ciglio.

Adeguamento del Piano di Sicurezza e Coordinamento

Con l'aggiornamento del PSC in occasione della perizia di variante si è provveduto a rivalutare, sulla base delle modifiche sopravvenute, la stima degli oneri della sicurezza.

La variazione della stima degli oneri della sicurezza deriva dall'introduzione/variazione dei seguenti argomenti:

1. Modifiche dell'Interconnessione
2. Passerelle

Modifiche dell'interconnessione

La modifica delle fasi di realizzazione dell'Interconnessione ha comportato una riduzione dei costi riguardanti le cantierizzazioni; in particolare il risparmio è dovuto ad un numero minore di mesi di noleggio dei new jersey.

Passerelle

La modifica delle fasi di realizzazione dell'Interconnessione ha comportato una riduzione dei costi riguardanti le cantierizzazioni generando un risparmio di noleggio dei new jersey ciò nonostante per consentire gli spostamenti da un'area di cantiere all'altra sono state installate delle passerelle pedonali metalliche.



Opere stralciate

Con la proposta di variante si è ritenuto necessario stralciare le due barriere fonoassorbenti 1N e 1S previste in corrispondenza nell'Interconnessione sui tratti di accelerazione e decelerazione delle rampe da e per Milano poiché interferenti con il progetto di ampliamento alla 5^a corsia della A8 recentemente pubblicato.



4. Riepilogo dei vantaggi e degli svantaggi delle varianti di progetto

Si parla di variante quando sussiste una delle voci esposte di seguito:

- le variazioni dei lavori resesi necessarie per cause imprevedute e imprevedibili accertate nei modi stabiliti dal regolamento, o per l'intervenuta possibilità di utilizzare materiali, componenti e tecnologie non esistenti al momento della progettazione che possono determinare, senza aumento di costo, significativi miglioramenti nella qualità dell'opera o di sue parti e sempre che non alterino l'impostazione progettuale;
- le variazioni dei lavori resesi necessarie per la presenza di eventi inerenti alla natura e alla specificità dei beni sui quali si interviene verificatisi in corso d'opera, o di rinvenimenti impreveduti o non prevedibili nella fase progettuale;
- gli interventi disposti dal direttore dei lavori per risolvere aspetti di dettaglio;
- le varianti, in aumento o in diminuzione, finalizzate al miglioramento dell'opera e alla sua funzionalità, sempreché non comportino modifiche sostanziali e siano motivate da obiettive esigenze derivanti da circostanze sopravvenute e imprevedibili al momento della stipula del contratto.



Vantaggi Soluzioni Proposte

Le soluzioni tecniche proposte portano dei vantaggi relativamente ai seguenti aspetti tecnici:

- Riduzione dei tempi costruttivi di circa 8 mesi.
- Forte riduzione dell'impatto visivo con l'eliminazione del blocco "Spalle e muri" alto circa 9m sulla rampa Co – Mi
- Forte riduzione dell'impatto visivo con l'eliminazione del blocco "Spalle e rilevato" alto circa 15 m sulla rampa Va – Co
- Maggiore distanza della pila a destra della carreggiata Va- Mi con ancora riduzione di impatto visivo
- Eliminazione di due giunti trasversali sulla rampa Co – Mi, con minore onore di manutenzione e maggior confort per gli utenti
- Possibilità di eliminare parte della struttura (Pali e Soletta) per la predisposizione della futura strada provinciale, con conseguente riduzione delle opere necessarie per rendere compatibile la configurazione del nuovo svincolo con la realizzazione dell'intervento programmato dalla provincia di Milano;
- Minor transito di veicoli per il trasporto terra: circa 7.000 camion in meno (per la sola costruzione del rilevato fra il viadotto 2 ed il viadotto 3)
- Maggiore superficie disponibile all'interno dell'Interconnessione, con possibilità di anticipare la realizzazione della vasca di dispersione, indipendentemente dalla costruzione delle rampe.
- Possibilità di utilizzare la vasca di dispersione anche nel periodo transitorio di cantiere.



Quadro economico

Dalla tabella seguente vengono trattati i costi delle singole lavorazioni e dalla quale si evince che la differenza tra gli importi necessari alla realizzazione dei lavori secondo la perizia di variante rispetto al Progetto Esecutivo sono maggiori di € 437'589,50.

DESCRIZIONE MAPPALE	IMPORTO LORDO PROGETTO ESECUTIVO	IMPORTO LORDO PERIZIA DI VARIANTE
VIADOTTO LAINATE 1	€ 2.831.502,35	€ 5.078.165,15
VIADOTTO LAINATE 2	€ 4.149.501,66	€ 9.172.672,18
VIADOTTO LAINATE 3	€ 3.222.604,84	
VIADOTTO LAINATE 4	€ 2.145.346,56	
RAMPA COMO – MILANO-SOTTOPASSO SP101	€ 1.235.157,96	€ 459.632,41
DEMOLIZIONI	€ 118.132,75	€ 118.132,75
MOVIMENTI MATERIE	€ 1.236.272,73	€ 916.709,04
PAVIMENTAZIONE	€ 1.132.664,27	€ 444.562,57
PISTA DI EMERGENZA		€ 222.711,84
BACINO DI DISPERSIONE	€ 287.746,59	€ 191.251,85
PRESIDIO IDRAULICO	€ 361.156,04	€ 278.884,44
IDRAULICA RAMPE	€ 29.565,60	€ 179.478,71
SCATOLARI BOZZENTE		€ 274.736,67
MURI DI SOSTEGNO		€ 217.174,54
BARRIERE DI SICUREZZA	€ 443.828,04	€ 370.092,58
ONERI PER LAVORAZIONI IN PRESENZA DI TRAFFICO	€ 291.103,59	
CANTIERIZZAZIONI	€ 70.272,92	
PASSERELLE TRA VIADOTTI		€ 68.240,67
	€ 17.554.855,90	€ 17.992.445,40

Tabella 4.1 – Differenza importi tra progetto esecutivo e perizia di variante



Schema riepilogativo

I vantaggi dati dalle proposte della perizia di variante rispetto al Progetto Esecutivo sopra descritta, sono maggiormente evidenti in termini di risparmio di tempo per gli utenti.

Il tempo è un bene che può essere quantificato in quanto diventa una forma di risparmio per coloro che percorrono l'infrastruttura in minor tempo e maggior sicurezza.

Chiaramente il disagio provocato dal cantiere in questi anni per la realizzazione dell'opera, è stato elevato, nonostante la presenza continua di due corsie per senso di marcia, ma se l'opera non fosse stata realizzata, sarebbero stati ben maggiori, specialmente in una prospettiva futura.

E' risultato quindi essere determinante il periodo di tempo della cantierizzazione per l'esecuzione dei lavori che si è cercato di ridurre al minimo, particolarmente se si tiene conto del fatto che nel nostro Paese gran parte dei cantieri stradali hanno tempi di permanenza non certo brevi .

Quello di questo cantiere è stato un bell'esempio di efficacia, efficienza e rapidità di esecuzione.

Nel programma sottostante è ben evidente il risparmio che si ha con l'introduzione delle modifiche sopra proposte:

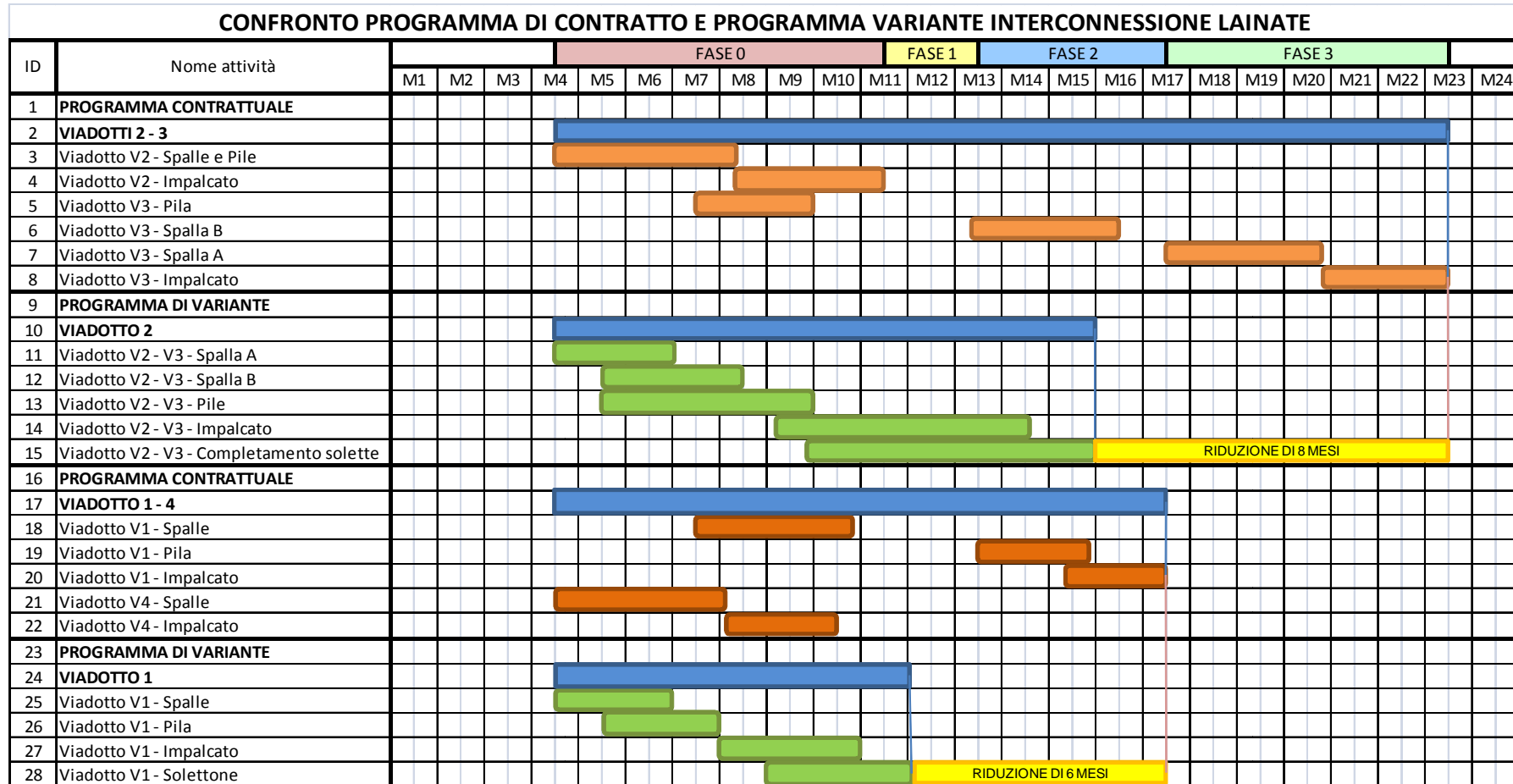


Figura 4.1 – Programma dei lavori, confronto tra Progetto Esecutivo e proposta di variante



5. Conclusioni

L'introduzione delle modifiche ha consentito di migliorare la sequenza operativa delle fasi di realizzazione dell'opera, conseguentemente la Stazione Appaltante ha beneficiato di una economia in termini di spesa e di tempo garantendo nel contempo lo stesso livello qualitativo delle opere previste nel progetto e mantenendo inalterate le condizioni di sicurezza dei lavoratori (D.Lgs. vo 81/08).

Nel progetto di variante dell'Interconnessione sono state inoltre previste delle modifiche di dettaglio finalizzate a limitare l'interferenza con l'esercizio autostradale corrente e nell'ottica di anticipare le fasi realizzative con conseguente riduzione dei tempi di cantierizzazione.

Il lavoro di ampliamento a terza corsia della A9 è un lavoro "articolato" in cui gli scavi e i rilevati devono essere bilanciati movimentando terra sfruttando la viabilità ordinaria e non quella autostradale.

L'intervento ha adeguato l'infrastruttura, che rappresenta uno dei principali collegamenti autostradali della Lombardia verso il nord Europa, agli attuali volumi di traffico migliorandone al tempo stesso gli standard di sicurezza.

In relazione alle modifiche introdotte e qui sopra relazionate, con particolare riferimento alle variazioni apportate sull'interconnessione di Lainate e alle ottimizzazioni introdotte quali ad esempio l'adozione di strutture prefabbricate per la realizzazione dei prolungamenti dei manufatti e delle opere di sostegno, hanno comportato una rideterminazione della durata delle lavorazioni che complessivamente si è ridotta di 14 mesi.

Infatti in data 26 Luglio 2011 è stata aperta al traffico l'interconnessione di Lainate tra l'autostrada A8 e l'autostrada A9.

Questo è stato possibile anche perché la ditta appaltatrice Pavimental s.p.a. è una controllata di Autostrade per l'Italia e quindi si sono potute gestire direttamente e nel minor tempo possibile, le problematiche tecniche in corso d'opera e tipiche delle prime fasi dei lavori, come le modifiche al Progetto Esecutivo con lecite proposte di variante.



PRIMA dei lavori



DOPO i lavori



Figura 5.1 – Situazione prima e dopo i lavori