

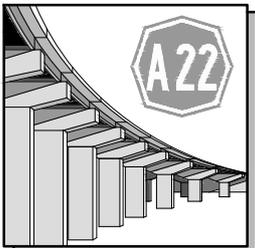
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**
INSCRIZIONE ALBO N° 1027

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
dott. ing. Roberto Bosetti

autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

A2	LOTTO 2 - dal km 230+717 a Nogarole Rocca (km 246+185)
3.2.	PROGETTO STRADALE Calcolo della pavimentazione

0	GEN. 2021	EMISSIONE	PROF. M. BOCCI	M. ZINI	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: LUGLIO 2009			<p>DIREZIONE TECNICA GENERALE</p>		<p>IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA:</p> <p>ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI BOLZANO Dott. ing. CARLO COSTA Nr. 891 INGENIEURKAMMER DER PROVINZ BOZEN</p>
NUMERO PROGETTO: 31/09					

AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.

*Realizzazione terza corsia tra Verona e Modena
e nuovo svincolo di interconnessione A22 – A1*

CONSULENZA SPECIALISTICA
per lo studio di pavimentazioni che prevedano
l'impiego di conglomerato bituminoso di recupero

RAPPORTO FINALE

Cingoli, 24 settembre 2020

Prof. Maurizio BOCCI

INDICE

Introduzione.....	3
1. AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA	4
1.1 Esame della documentazione esistente	4
1.2 Prove aggiuntive di dettaglio	9
1.3 Rapporto Preliminare	14
1.3.1 Programma delle attività da svolgere	14
1.3.2 Impiego di materiali di riciclo.....	17
1.4. Pavimentazione terza corsia.....	18
1.4.1 Pavimentazione con base a caldo (TC1)	18
1.4.2 Pavimentazione con base a freddo (TC2)	19
1.4.3 Ammorsamento della nuova pavimentazione	19
2 - CARICHI DI TRAFFICO.....	21
2.1 Coefficiente di equivalenza	21
2.2 Carichi di traffico.....	24
3. CALCOLO DELLE PAVIMENTAZIONI	26
3.1 Il dimensionamento delle sovrastrutture stradali flessibili	26
3.2 Il dimensionamento con metodo razionale	27
3.3 Verifica dei materiali con legante	29
3.3.1 Legge di fatica per i materiali legati a bitume.....	29
3.3.2 Legge di fatica per le miscele legate a cemento.....	29
3.4 Verifica dei materiali non legati	31
3.4.1 Legge di fatica per i misti granulari	31
3.4.2 Legge di fatica per il sottofondo	31
3.5 Pavimentazioni calcolate	32
3.6 Parametri di calcolo assunti	32
3.7 Analisi dei risultati.....	37
Bibliografia.....	39
Appendice – Output di calcolo del programma BISAR.....	40

Introduzione

Nell'ambito del Progetto della Terza Corsia nel tratto Verona - Modena dell'Autostrada del Brennero, è stata affidata al sottoscritto Prof. Maurizio Bocci, Ordinario di Strade, Ferrovie e Aeroporti nell'Università Politecnica delle Marche, una *Consulenza Specialistica* per lo studio di pavimentazioni che prevedano l'impiego di conglomerato bituminoso di recupero.

Il Progetto prevede che la realizzazione della terza corsia avvenga nella fascia erbosa centrale, larga circa 11 m, che attualmente divide le due carreggiate e contiene la barriera di sicurezza metallica.

Lo studio è stato avviato con l'esame della documentazione esistente, in particolare alcuni elaborati del progetto originario della costruzione della A22, il progetto del Prof. Alberto Bucci (Consolidamento dei terreni compresi tra le due attuali carreggiate), il Rapporto sui Sondaggi eseguiti dalla Ditta Vicenzetto e le analisi di traffico condotte dall'ing. Righetti. Questa attività ha consentito di individuare le modalità di intervento sulla fascia centrale, dallo scotico alla realizzazione della pavimentazione, e di definire un programma di prove di dettaglio da eseguire nella tratta compresa tra il km 305+500 ed il km 312+500 a cura del Laboratorio Pavenco.

Al termine della prima fase è stato redatto un Rapporto Preliminare in data 25 maggio 2020.

Sulla base dei documenti esaminati, dei risultati delle prove di dettaglio eseguite dal Laboratorio Pavenco e dal confronto con i tecnici di Autobrennero, sono state ipotizzate per la terza corsia due pavimentazioni alternative.

La verifica degli spessori ipotizzati per i vari strati è stata eseguita mediante il calcolo razionale delle diverse pavimentazioni con il software BISAR, sviluppato dalla Shell Research e ampiamente diffuso ed applicato anche in Italia. Tale software permette di calcolare le tensioni, le deformazioni e gli spostamenti in ogni punto di un sistema a multistrato elastico sottoposto a uno o più carichi uniformemente distribuiti su di un'impronta circolare. A loro volta, le tensioni e le deformazioni costituiscono i parametri di ingresso delle leggi di fatica (leggi di decadimento) relative a ciascun materiale. Tali leggi di fatica permettono di stabilire il numero di ripetizioni di carico ammissibile secondo un meccanismo di rottura che non arriva al collasso istantaneo, ma per progressiva riduzione del livello di servizio fino a valori non più tollerabili.

1. AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA

1.1 Esame della documentazione esistente

L'attività di consulenza è iniziata con l'esame della documentazione esistente a me pervenuta, in particolare alcuni elaborati del progetto originario della costruzione della A22, il progetto del Prof. Alberto Bucchi (Consolidamento dei terreni compresi tra le due attuali carreggiate), il Rapporto sui Sondaggi eseguiti dalla Ditta Vicenzetto.

La sezione del progetto originario (figura 1.1), la foto del cantiere al momento della costruzione della A22 (figura 1.2) e la sezione tipo del progetto della terza corsia del luglio 2009 (figura 1.3) fanno ritenere che tra le due carreggiate esista un rilevato (o comunque materiale da rilevato) ricoperto da terreno vegetale per uno spessore massimo (in corrispondenza dello spartitraffico centrale) di circa 1 metro.

Preso come riferimento la quota del manto stradale sul bordo sinistro (fig. 1.1. – fig. 1.3), il terreno vegetale arriverebbe alla profondità di circa 1,45 m.

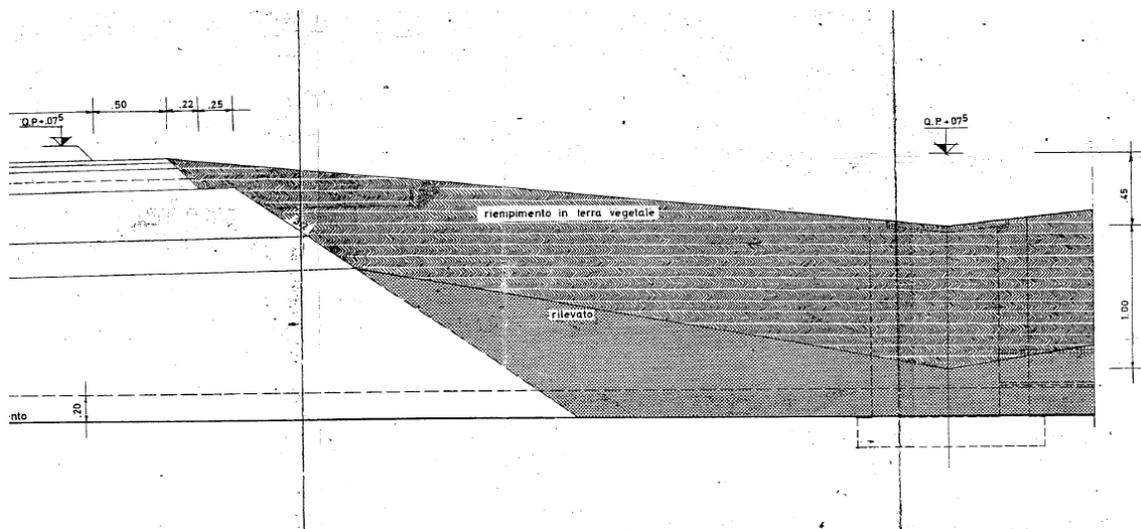


Figura 1.1. – sezione di progetto (originario)



Figura 1.2 – foto al momento della costruzione della A22

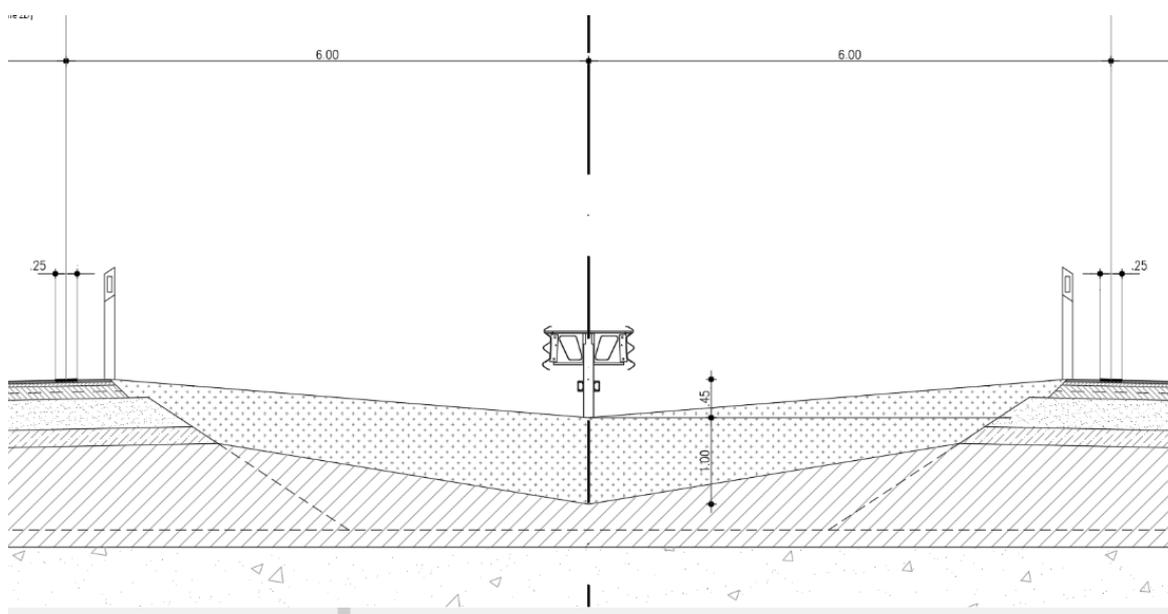


Figura 1.3 – sezione tipo (elaborato 2.1. del luglio 2009)

Questa situazione sembra confermata dai sondaggi eseguiti dalla Ditta Vicenzetto (marzo 2007) nell'ambito dello studio condotto dal Prof. Alberto Bucchi dell'Università di Bologna (rapporto finale del 16.1.2008).

Nella tabella 1.1 sono riportate le progressive dove sono stati eseguiti i sondaggi.

S	CPT	Progressiva km
S1	CPT 1	231 +000
S2	CPT 2	239+000
S3	CPT 3	247+000
S4	CPT 4	255+000
S5	CPT 5	261+700
S6	CPT 6	271+000
S7	CPT 7	279+000
S8	CPT 8	287+000
S9	CPT 9	295+000
S10	CPT 10	305+200

Tabella 1.1 – Ubicazione dei sondaggi

In tutti i sondaggi sono stati individuati superficialmente terreni di riporto di spessore variabile da 70 cm a 110 cm, con la sola eccezione del Sondaggio 5, dove il ricoprimento è risultato di 150 cm.

Nelle fig. 1.4 è riportata la parte superiore della stratigrafia del sondaggio 9, nella fig. 1.5 del sondaggio 10.

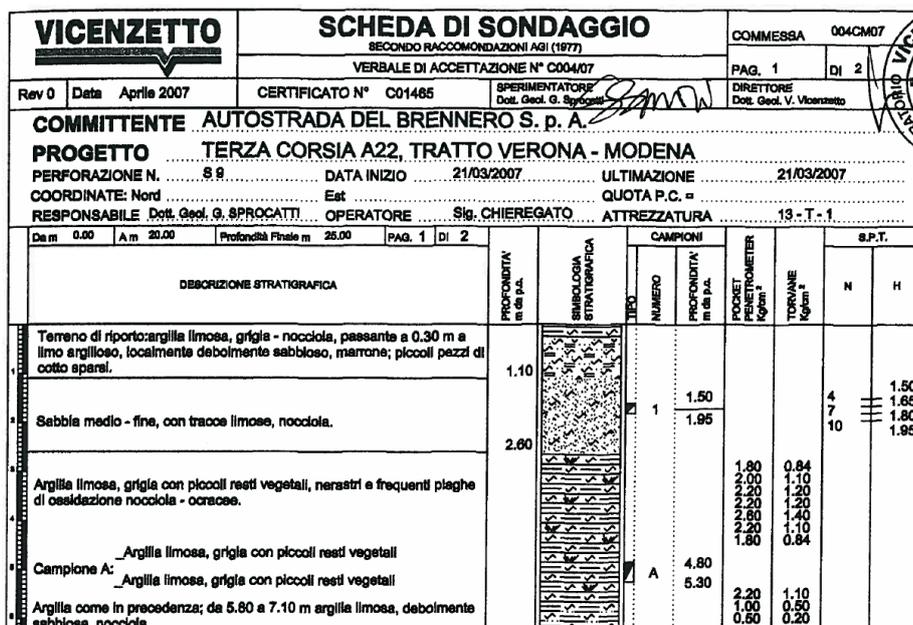


Figura 1.4 – Stratigrafia (parziale) del Sondaggio S9 al km 295+000

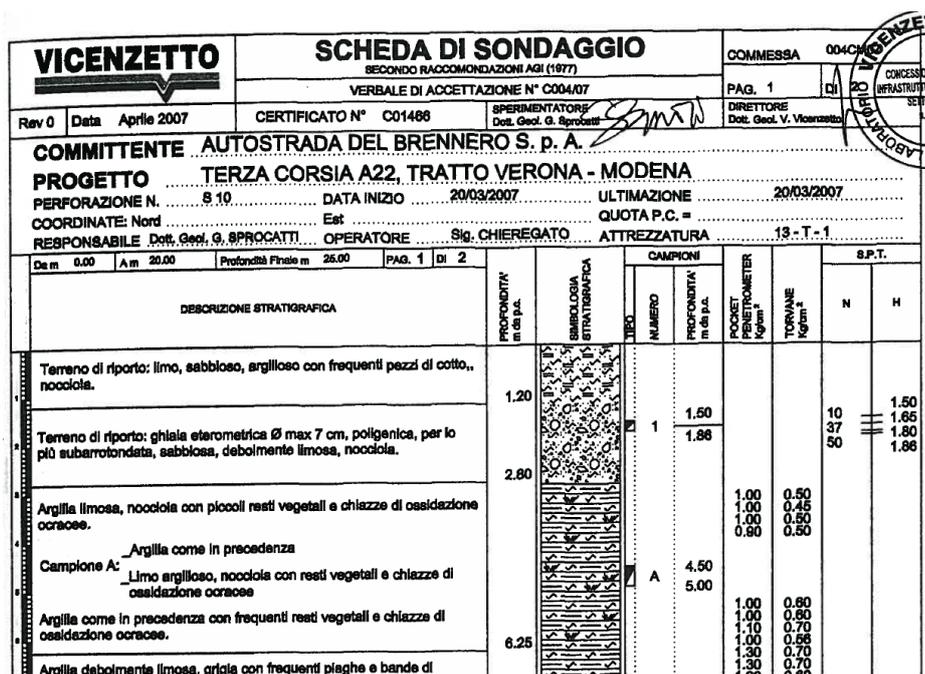


Figura 1.5 – Stratigrafia (parziale) del Sondaggio S10 al km 305+200

Sul materiale prelevato nei 10 sondaggi sono state eseguite prove su campioni individuati alle diverse profondità, come risulta dalla tabella 1.2 estratta dal certificato N. 173/2007 emesso in data 23.7.2007 dal Laboratorio di Geotecnica del Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle Acque, del Rilevamento, del Territorio (DISTART) dell'Università di Bologna.

Sondaggio	Campione	Profondità	Sondaggio	Campione	Profondità
S1	1	1.50 – 1.95	S6	1	1.50 – 1.95
S1	2	7.50 – 8.00	S6	2	15.00 – 15.45
S1	3	13.50 – 14.00	S6	3	18.60 – 18.80
S2	1	1.50 – 1.95	S6	4	23.80 – 24.00
S2	2	4.50 – 4.95	S6	5	27.00 – 27.45
S2	3	7.50 – 8.00	S7	1	1.50 – 1.95
S2	4	10.50 – 10.95	S7	2	12.00 – 12.20
S2	5	13.50 – 13.95	S7	3	13.50 – 13.95
S2	6	16.50 – 16.95	S7	4	16.50 – 16.95
S2	7	19.50 – 19.95	S8	1	1.50 – 1.95
S2	8	22.50 – 22.95	S8	2	4.50 – 4.95
S3	1	1.50 – 1.95	S8	3	7.80 – 8.25
S3	2	2.60 – 2.80	S8	4	10.50 – 10.95
S3	3	12.00 – 12.45	S8	5	17.00 – 17.45
S3	4	18.00 – 18.45	S8	6	21.00 – 21.45
S3	5	21.00 – 21.45	S8	7	24.00 – 24.45
S4	1	1.50 – 1.95	S9	1	1.50 – 1.95
S4	2	4.50 – 4.95	S9	2	6.50 – 6.80
S4	3	9.00 – 9.45	S9	3	18.50 – 18.80
S4	4	15.00 – 15.45	S9	4	21.00 – 21.45
S5	1	1.50 – 1.95	S9	5	24.00 – 24.20
S5	2	5.00 – 5.15	S10	1	1.50 – 1.86
S5	3	7.50 – 8.00	S10	2	10.70 – 10.90
S5	4	13.50 – 13.95	S10	3	18.00 – 18.45
S5	5	20.00 – 20.20	S10	4	20.65 – 20.85

Tabella 1.2 – Elenco dei campioni analizzati dal Laboratorio Geotecnico DISTART

I risultati delle prove sono riassunti nella tabella 1.3 e 1.4, tabelle estratte rispettivamente da pag. 4 e pag. 5 dello stesso certificato DISTART N. 173/2007.

TABELLA RIASSUNTIVA VALORI CAMPIONI RIMANEGGIATI

CAMPIONE	CARATTERISTICHE	W (%)	w _L (%)	w _P (%)	I _P	GRUPPO	INDICE DI GRUPPO	PASSANTE SET. 0.075
S.1-C.1 (m 1,50-1,95)	Argilla limosa	13.89	23	18	5	A 4	5.40	61.77
S.1-C.2 (m 7,50-8,00)	sabbia e ghiaia	1.09	N.D.	N.P.	0	A 1-a	0.00	6.66
S.1-C.3 (m 13,50-14,00)	sabbia e ghiaia	2.45	N.D.	N.P.	0	A 1-a	0.00	8.48
S.2-C.1 (m 1,50-1,95)	sabbia con ghiaio	11.95	N.D.	N.P.	0	A 1-b	0	15.9
S.2-C.2 (m 4,50-4,95)	sabbia fine limosa	23.92	20.4	19.3	1	A 2-4	0	26.7
S.2-C.4 (m 10,50-10,95)	sabbia grigia	13.75	N.D.	N.P.	0	A 2-4	0	12.14
S.2-C.6 (m 16,50-16,95)	sabbia grigia	19.53	N.D.	N.P.	0	A 3	0	5.27
S.2-C.7 (m 19,50-19,95)	sabbia grigia	19.47	N.D.	N.P.	0	A 3	0	6.92
S.2-C.8 (m 22,50-22,95)	sabbia grigia	18.41	N.D.	N.P.	0	A 3	0	5.8
S.3-C.1 (m 1,50-1,95)	sabbia grigia	21.21	30.4	16.8	13.4	A 6	8.5	70.43
S.3-C.3 (m 12,00-12,45)	sabbia grigia	18.91	N. D.	N. P.	0	A 2-4	0	12.44
S.3-C.5(m 21,0-21,45)	sabbia grigia	20.68	N.D.	N.P.	0	A 2-4	0	15.37
S.4-C.1A(m 1,50-1,95)	Argilla limosa	22.95	33.5	16.8	16.7	A 6	10.1	71.88
S.4-C.1B(m 1,50-1,95)	sabbia fine limosa	10.19	N.D.	N.P.	0	A 2-4	0	28.15
S.4-C.2 (m 4,50-4,95)	sabbia fine limosa	23.39	N. D.	N. P.	0	A 4	8	76.04

Tabella 1.3 – Risultati delle prove sui campioni analizzati dal Laboratorio Geotecnico DISTART

TABELLA RIASSUNTIVA VALORI CAMPIONI RIMANEGGIATI (continuazione)

CAMPIONE	CARATTERISTICHE	W (%)	w _L (%)	w _P (%)	I _P	GRUPPO	INDICE DI GRUPPO	PASSANTE SET. 0.075
S.4-C.3 (m 9,00-9,50)	sabbia grigia	27.2	N. D.	N. P.	0	A 2-4	0	11.82
S.5-C.1 (m 1,50-1,95)	sabbia medio fine	8.73	N.D.	N.P.	0	A 2-4	0	16.53
S.5-C.3 (m 7,50-7,95)	sabbia medio fine	17.47	N.D.	N.P.	0	A 2-4	0	17.54
S.5-C.4 (m 13,50-13,95)	sabbia grigia	18.47	N.D.	N.P.	0	A 3	0	6.61
S.6-C.1 (m 1,50-1,95)	sabbia medio fine	6	N.D.	N.P.	0	A 2-4	0	11.5
S.7-C.1 (m 1,50-1,95)	sabbia fine	7.47	N.D.	N.P.	0	A 2-4	0	19.55
S.7-C.3 (m 1,50-1,95)	sabbia grigia	20.76	N.D.	N.P.	0	A 2-4	0	12.16
S.7-C.4 (m 16,50-16,95)	sabbia grigia	13.24	N.D.	N.P.	0	A 2-4	0	11.5
S.8-C.1 (m 1,50-1,95)	sabbia con ghiaio	2.26	N.D.	N.P.	0	A 2-4	0	15.46
S.8-C.2 (m 4,50-4,95)	Argilla limosa	32.04	44.5	21.4	23.4	A 7-6	14.3	93.8
S.8-C.6 (m 21,00-21,45)	Sabbia grigia	18.95	N.D.	N.P.	0	A 3	0	9.83
S.8-C.7 (m 4,50-4,95)	Sabbia grigia	6.46	N. D.	N.P.	0	A 3	0	1.82
S.9-C.1 (m 1,50-1,95)	sabbia medio fine	6.46	N.D.	N.P.	0	A 3	0	7.62
S.10-C.1(m 1,50-1,86)	ghiaietto e sabbia	4.9	N.D.	N.P.	0	A 1-a	0	11.2

N. B.: N.D.= NON DETERMINABILE N.P.=NON PLASTICO

Tabella 1.4 – Risultati delle prove sui campioni analizzati dal Laboratorio Geotecnico DISTART

Dalle tabelle risulta che, in tutti i sondaggi, il campione più superficiale (C1) sottoposto alle prove di laboratorio è sempre stato quello prelevato tra -1.50 e -1.95 m.

Essendo la quota di riferimento quella del bordo sinistro del piano viabile, considerato che il terreno vegetale inizia circa 45 cm più in basso (quota del tappeto erboso in

corrispondenza della barriera spartitraffico) ed ha una profondità massima di 110 cm (escluso un solo sondaggio), il primo campione di ogni sondaggio è stato prelevato sotto al terreno vegetale di ricoprimento, quindi nella sommità del rilevato esistente tra le due carreggiate.

Nella maggior parte dei casi il materiale rinvenuto tra -1.50 e -1.95 m è risultato non plastico (NP), classificato di tipo A2-4 (4 campioni su 10), A1-a, (un campione su 10), A1-b (un campione su 10), A3 (un campione su 10). In un caso il materiale è risultato leggermente plastico (IP=5, classifica A4), in due casi è risultato sensibilmente plastico (IP>10, classifica A6).

Dalla documentazione esaminata non risulta che siano state svolte indagini sul terreno vegetale di ricoprimento della fascia centrale, pertanto sono state commissionate prove aggiuntive di dettaglio al Laboratorio Pavenco di Ferrara da eseguire nella tratta compresa tra il km 305+500 ed il km 312+500.

1.2 Prove aggiuntive di dettaglio

Le attività di indagine in sito ed il prelievo di campioni, sono stati eseguiti nei giorni 20 e 21 maggio 2020.

Nelle due giornate sono stati realizzati complessivamente 8 pozzetti esplorativi, spinti ad una profondità media di 1.40m dal piano campagna (fascia verde esistente tra le due carreggiate). Sul fondo dello scavo di ogni pozzetto sono state eseguite delle prove DCP (Dynamic Cone Penetrometer).

Nella tabella 1.3 sono riepilogati i dati relativi ai pozzetti realizzati ed ai campioni prelevati a cura del Laboratorio Pavenco.

MATERIALE	DATA PRELIEVO	PROFONDITA' POZZETTO (m)	CODICE CAMPIONE	PROFONDITA' CAMPIONE (m)	DCP n°	PENETRAZIONE DCP (m)
Pozzetto 1 - Km 312+500	20/05/2020	1.37	Campione 1	0,30 - 0,60 m	1	0.151
	20/05/2020		Campione 2	0,60 - 0,90 m		
	20/05/2020		Campione 3	1,20 - 1,37 m		
Pozzetto 2 - Km 311+500	20/05/2020	1.40	Campione 1	0,30 - 0,60 m	2	0.152
	20/05/2020		Campione 2	0,60 - 0,90 m		
	20/05/2020		Campione 3	1,20 - 1,40 m		
Pozzetto 3 - Km 310+500	20/05/2020	1.40	Campione 1	0,30 - 0,60 m	3	0.125
	20/05/2020		Campione 2	0,60 - 0,90 m		
	20/05/2020		Campione 3	1,20 - 1,40 m		
Pozzetto 4 - Km 309+500	20/05/2020	1.50	Campione 1	0,30 - 0,60 m	4	0.235
	20/05/2020		Campione 2	0,60 - 0,90 m		
	20/05/2020		Campione 3	1,20 - 1,40 m		
Pozzetto 5 - Km 308+500	21/05/2020	1.40	Campione 1	0,30 - 0,60 m	5	0.094
	21/05/2020		Campione 2	0,60 - 0,90 m		
	21/05/2020		Campione 3	1,20 - 1,40 m		
Pozzetto 6 - Km 307+500	21/05/2020	1.40	Campione 1	0,30 - 0,60 m	6	0.105
	21/05/2020		Campione 2	0,60 - 0,90 m		
	21/05/2020		Campione 3	1,20 - 1,40 m		
Pozzetto 7 - Km 306+500	21/05/2020	1.40	Campione 1	0,30 - 0,60 m	7	0.087
	21/05/2020		Campione 2	0,60 - 0,90 m		
	21/05/2020		Campione 3	1,20 - 1,40 m		
Pozzetto 8 - Km 305+500	21/05/2020	1.40	Campione 1	0,30 - 0,60 m	8	0.047
	21/05/2020		Campione 2	0,60 - 0,90 m		
	21/05/2020		Campione 3	1,20 - 1,40 m		

Tabella 1.3 – Pozzetti esplorativi eseguiti e campioni prelevati

MATERIALE	DATA PRELIEVO	PROFONDITA'	CODICE CAMPIONE	DSC	Classificazione UNI 11531	Indice Plastico (%)	lg	CIC (%)	Contenuto sostanza organica (%)	Solfati (% SO3)	Valore di Blu (cm ³ /g)*100
Pozzetto 1 - Km 312+500	21/05/2020	0,30 m - 0,60 m	Campione 1	si	A6	18	11,2	2	1,9	0,35	200
	21/05/2020	0,60 m - 0,90 m	Campione 2	si	A6	12	8,6	1,5	1,4	0,28	100
	21/05/2020	1,20 m - 1,37 m	Campione 3	si	A6	12	8,5	1,5	1,7	0,19	150
Pozzetto 2 - Km 311+500	21/05/2020	0,30 m - 0,60 m	Campione 1	si	A 7-6	22	13,2	3	1,2	0,4	250
	21/05/2020	0,60 m - 0,90 m	Campione 2	si	A 7-6	23	14	2,5	3,8	0,51	250
	21/05/2020	1,20 m - 1,40 m	Campione 3	si	A6	17	2,6	2	2	0,25	225
Pozzetto 3 - Km 310+500	21/05/2020	0,30 m - 0,60 m	Campione 1	si	A6	15	9,5	1,5	1,2	0,23	175
	21/05/2020	0,60 m - 0,90 m	Campione 2	si	A6	19	10,8	2	3	0,43	200
	21/05/2020	1,20 m - 1,40 m	Campione 3	si	A 2-6	12	0	1,5	0,8	0,21	150
Pozzetto 4 - Km 309+500	21/05/2020	0,30 m - 0,60 m	Campione 1	si	A 7-6	26	14,7	2,5	2,4	0,29	250
	21/05/2020	0,60 m - 0,90 m	Campione 2	si	A 7-6	35	17,8	3,5	4,2	0,41	300
	21/05/2020	1,20 m - 1,40 m	Campione 3	si	A 2-7	29	3	3	3	0,3	300
Pozzetto 5 - Km 308+500	21/05/2020	0,30 m - 0,60 m	Campione 1	si	A 7-6	27	15,1	3	2,8	0,21	250
	21/05/2020	0,60 m - 0,90 m	Campione 2	si	A 2-7	23	0	2,5	1,9	0,27	275
	21/05/2020	1,20 m - 1,40 m	Campione 3	si	A 2-6	19	0	2	1,6	0,19	200
Pozzetto 6 - Km 307+500	21/05/2020	0,30 m - 0,60 m	Campione 1	si	A 7-6	31	17	3	3,1	0,13	300
	21/05/2020	0,60 m - 0,90 m	Campione 2	si	A 7-6	33	17,3	3	2,9	0,25	300
	21/05/2020	1,20 m - 1,40 m	Campione 3	si	A 2-6	18	0	2	1,4	0,2	150
Pozzetto 7 - Km 306+500	21/05/2020	0,30 m - 0,60 m	Campione 1	si	A 7-6	23	12,7	2,5	1,4	0,37	250
	21/05/2020	0,60 m - 0,90 m	Campione 2	si	A 7-6	23	12,5	2,5	1,4	0,18	250
	21/05/2020	1,20 m - 1,40 m	Campione 3	si	A 2-6	15	0,1	2	1,2	0,22	200
Pozzetto 8 - Km 305+500	21/05/2020	0,30 m - 0,60 m	Campione 1	si	A 2-6	13	0,5	1,5	1,1	0,43	200
	21/05/2020	0,60 m - 0,90 m	Campione 2	si	A 2-6	16	0	1,5	1	0,48	200
	21/05/2020	1,20 m - 1,40 m	Campione 3	si	A 2-6	12	0	1,5	0,9	0,22	200

Tabella 1.4 – Risultati delle prove eseguite dal Laboratorio Pavenco sui campioni prelevati dai pozzetti

I pozzetti esplorativi sono stati eseguiti ad una distanza di 1 chilometro uno dall'altro, a partire dalla progressiva km 312+500 procedendo da Sud verso Nord.

Per ogni pozzetto sono stati prelevati n. 3 campioni disturbati a tre profondità (come riportato nella tabella 1.3).

Sui complessivi 24 campioni prelevati all'interno dei pozzetti, sono state eseguite le seguenti prove:

- Descrizione del campione (DSC);
- Analisi granulometrica (GRA);
- Limite Liquido, Limite Plastico;
- Classificazione secondo la normativa UNI 11531-1 (CLA);
- Contenuto in sostanza organica (SOR);
- Contenuto in Solfati (SOL);
- Valore di Blu;
- Consumo Iniziale di Calce (CIC).

I risultati ottenuti dalle prove eseguite sui diversi campioni sono riepilogati nella tabella 1.4. La maggior parte dei campioni è costituita da terre fini argillose-limose con Indice di Plasticità sempre maggiore di 10 (in molti casi maggiore di 20), classificate A6 (sei campioni) ed A7-6 (nove campioni); per il resto si tratta di ghiaie da fini a grossolane in matrice limosa/sabbiosa Classificate A2-6 (sette campioni) e A2-7 (due campioni).

I valori elevati dell'Indice di Plasticità e del Valore di Blu di Metilene (solo in 5 campioni inferiore a 200) fanno ritenere che tutti i materiali rinvenuti si possano stabilizzare con la sola calce.

Il contenuto di sostanza organica solo in tre campioni supera il 3% e solo in un caso supera di poco il 4%, limiti massimi per il trattamento con calce rispettivamente di strati di sottofondazione e di strati di rilevato. Limiti che però possono essere superati, purché sia dimostrato il soddisfacimento dei requisiti richiesti (Indice CBR a saturazione, Resistenza a Compressione ed a Trazione Indiretta) attraverso specifici studi di laboratorio.

Il Consumo Iniziale di Calce CIC che consente di avere una prima indicazione sul dosaggio di calce da adottare (dosaggio che deve essere sempre maggiore del CIC di almeno mezzo punto per consentire lo sviluppo delle reazioni di lungo termine) varia tra 1,5 e 3,5% in modo coerente con l'Indice di Plasticità, il Valore di Blu ed il Contenuto di sostanza organica.

Sul fondo dello scavo di ogni pozzetto (quasi sempre caratterizzato dalla presenza di ghiaie con ciottoli in matrice limoso-sabbioso, argillosa) sono state eseguite delle prove DCP (Dynamic Cone Penetrometer) che hanno consentito di stimare in modo indiretto i valori dell'Indice CBR attraverso la formula riportata nella normativa ASTM D6951 (relativa a terreni non argillosi).

Nelle successive figure 1.6 e 1.7 sono riportati gli andamenti dell'Indice CBR (stimato) per i terreni sottostanti il fondo dei pozzetti (sotto quota -1,40 m).

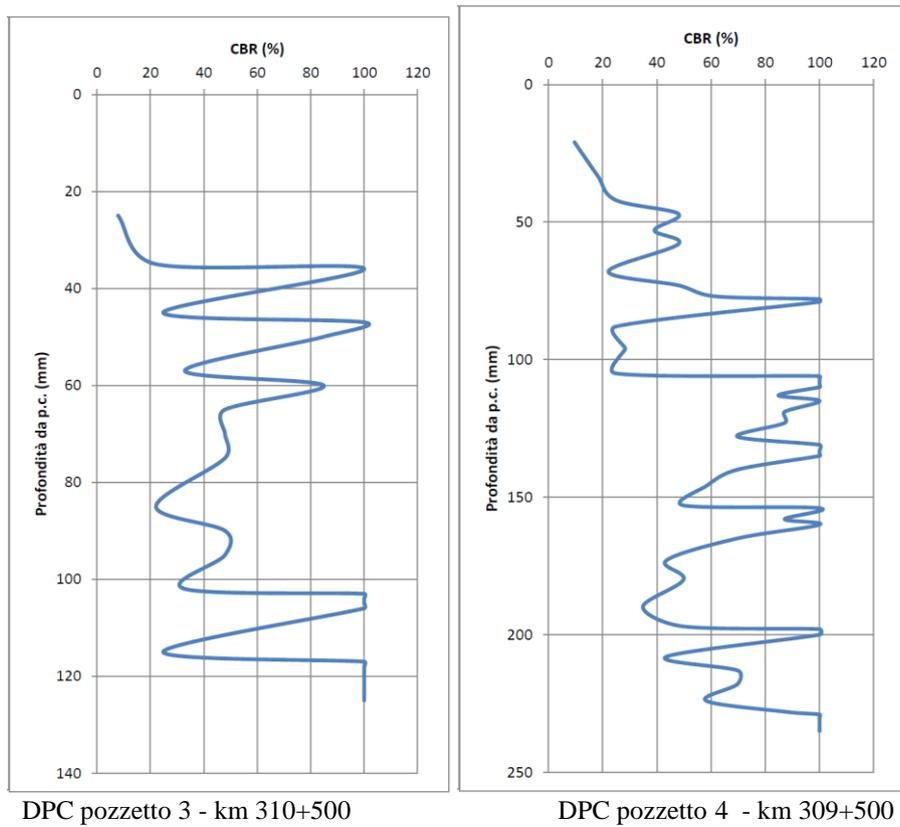
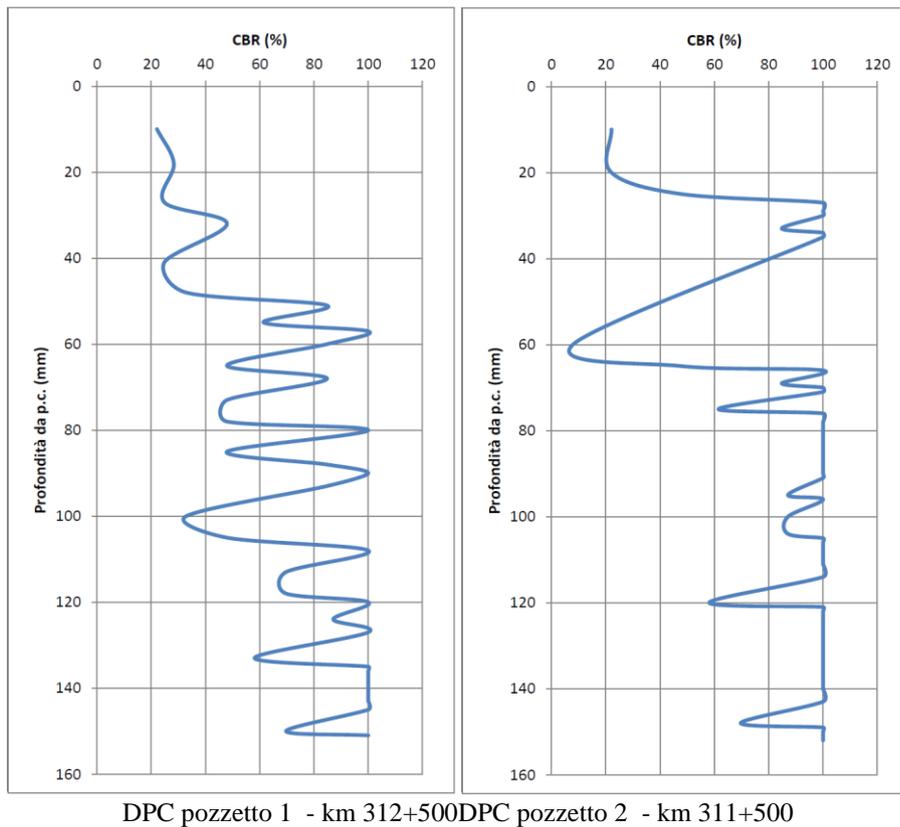
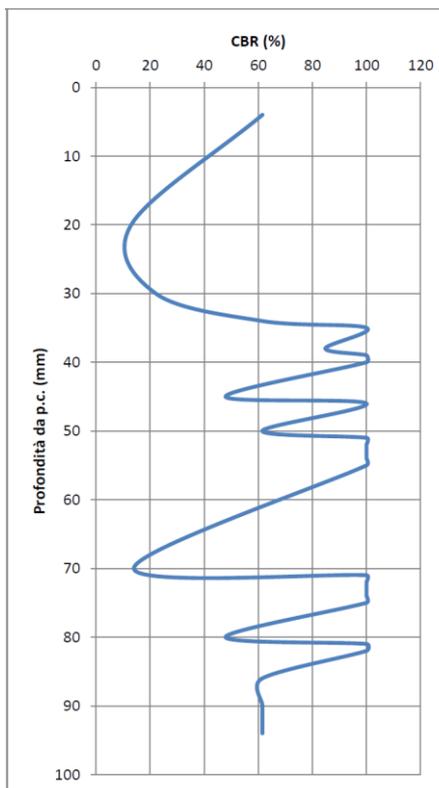
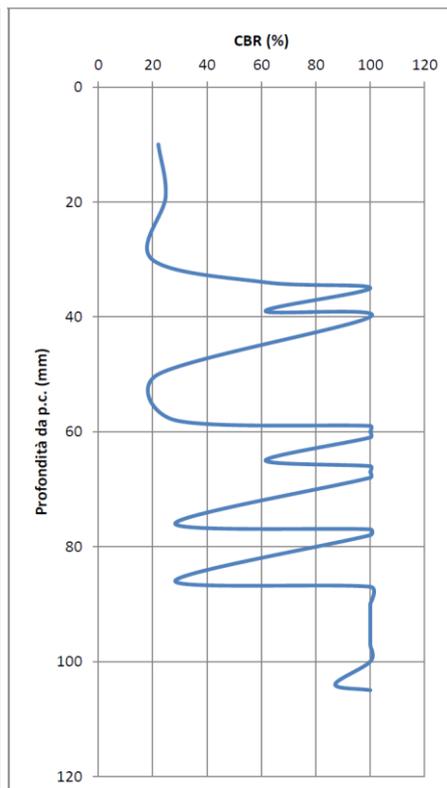


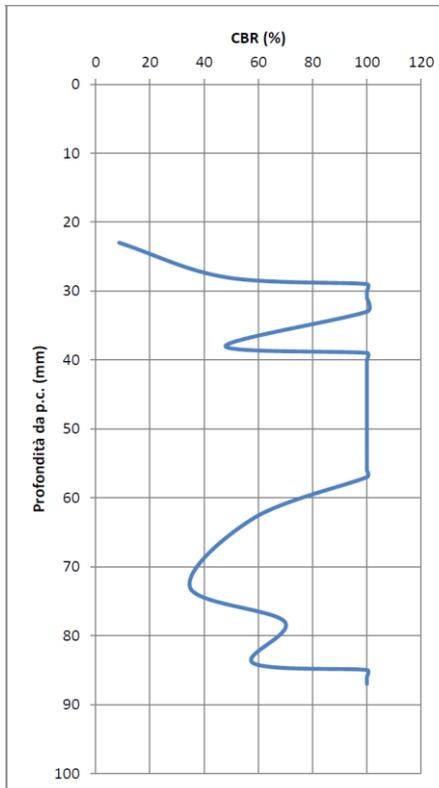
Figura 1.6–Andamento dell’Indice CBR stimato dalle prove DCP (Pozzetti 1 – 2 – 3 – 4)



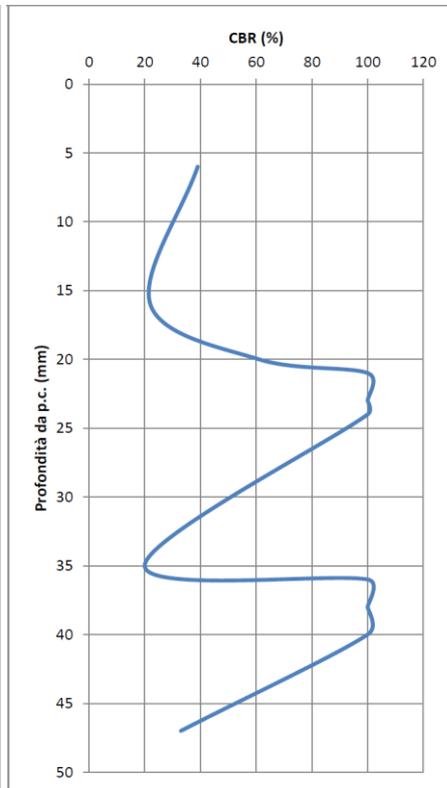
DPC pozzetto 5 - km 308+500



DPC pozzetto 6 - km 307+500



DPC pozzetto 7 - km 306+500



DPC pozzetto 8 - km 305+500

Figura 1.7–Andamento dell'Indice CBR stimato dalle prove DCP (Pozzetti 5 – 6 – 7 - 8)

Le prove DCP (Dynamic Cone Penetrometer) hanno confermato che, nella fascia centrale tra le due carreggiate, sotto al terreno di ricoprimento di circa 1 metro, esiste un rilevato costituito da materiale ben addensato.

Nel primo metro del rilevato (sotto al terreno di ricoprimento) i valori dell'Indice CBR stimato sulla base delle prove DPC sono sempre, salvo qualche rara eccezione, sopra a 20 ad indicare buoni livelli di portanza.

1.3 Rapporto Preliminare

Al termine della prima fase, in data 25 maggio 2020, è stato redatto un Rapporto Preliminare contenente le indicazioni delle varie attività da svolgere per l'ampliamento alla terza corsia ed i carichi di traffico previsti.

1.3.1 Programma delle attività da svolgere

Alla luce dei risultati delle prove aggiuntive di dettaglio vengono ora definite le attività ipotizzate nel Rapporto Preliminare:

- a) **scotico del terreno** vegetale superficiale per uno spessore di circa 30 cm;
- b) **rimozione del sottostante strato (circa 70 cm) di terreno di riporto** da accantonare per il suo riutilizzo nella formazione del rilevato con trattamento di stabilizzazione a calce. Lo stoccaggio deve essere previsto a ritroso (e non di lato), liberando una tratta (iniziale) di circa 300 m, con allontanamento del terreno di ricoprimento di questa tratta anche in siti lontani;
- c) **il materiale esistente sotto al terreno rimosso**, cioè quello a partire dalla quota di -150 cm dal bordo sinistro del piano viabile, dovrebbe essere costituito da materiale da rilevato (idoneo), ben addensato, con elevati valori di portanza come emerso dalle prove DPC eseguite dal Laboratorio Pavenco nella tratta tra il km 305+500 ed il km 312+500. Se così fosse non sarebbe necessario il trattamento di stabilizzazione, per una profondità di 35 cm, come previsto nel Rapporto Preliminare. Dalle prove eseguite nel 2007 dall'Università di Bologna e riportate nello Studio del Prof. Alberto Bucchi (10 sondaggi tra il km 231+000 ed il km 305+500) risulta però che il materiale della sommità del rilevato, ovvero quello esistente al di sotto del terreno di ricoprimento, è in alcuni casi sensibilmente plastico, non in grado di assicurare adeguati livelli di portanza. Resta inoltre l'incertezza sullo spessore effettivo del terreno di ricoprimento, cioè della quota della parte terminale del rilevato. Qualora dopo lo scotico e la rimozione degli ulteriori 70 cm rimanesse ancora terreno di ricoprimento (notevolmente plastico come emerso dalle prove di dettaglio Pavenco) si dovrebbe procedere alla sua rimozione oppure (in via preferenziale) al trattamento di stabilizzazione per una profondità di 35 cm, inglobando eventualmente parte del sottostante rilevato.

Analogamente se sotto al terreno di ricoprimento fosse presente materiale da rilevato sensibilmente plastico si dovrebbe procedere con il trattamento di stabilizzazione. Considerato che sono stati eseguiti pochi sondaggi (uno ogni circa 8 km nello studio del Prof. Bucchi, uno ogni km per una tratta di 7 km dal Laboratorio Pavenco), in via cautelativa **si ritiene opportuno (in questa fase) prevedere il trattamento di stabilizzazione del materiale esistente sotto al terreno di ricoprimento, per una profondità, dopo costipamento, di 35 cm.** In fase esecutiva, a fronte di ulteriori indagini (molto più fitte), si potrà decidere se procedere o meno con il trattamento di stabilizzazione. I leganti idraulici da utilizzare ed il loro dosaggio saranno individuati mediante specifiche indagini di laboratorio. I materiali fini con Indice di Plasticità (IP) maggiore di 10 si stabilizzano normalmente con la sola calce, quelli granulari poco plastici ($IP < 5$) o “Non Plastici” ($NP=0$) vengono trattati solo con il cemento, quelli intermedi con calce e cemento (stabilizzazione binaria eseguita in due fasi distinte). Nel caso specifico, vista la notevole diversità del materiale da un punto all’altro (in modo particolare all’interfaccia tra il rilevato ed il terreno di ricoprimento) sarebbe opportuno evitare la diversità di trattamento per brevi tratte, privilegiando la stabilizzazione binaria a calce e cemento. La larghezza dell’intervento deve essere di circa 7 m, come riportato in figura 1.8, compreso l’ammorsamento di 15 cm (circa) nel corpo dei due rilevati esistenti;

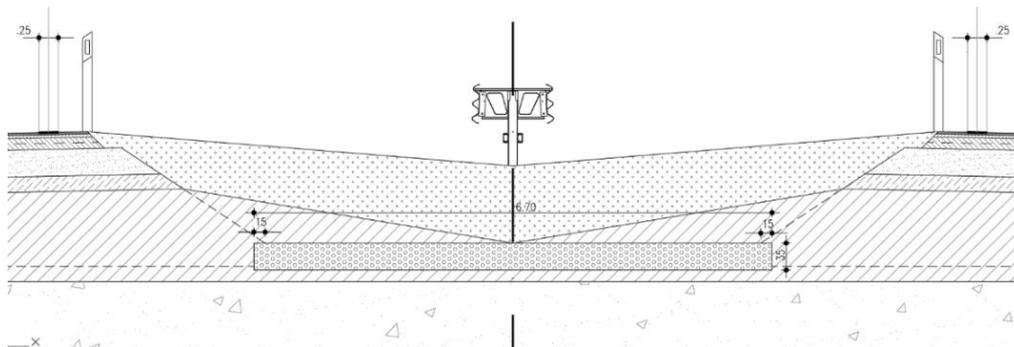


Figura 1.8 – Bonifica del sottofondo

- d) **realizzazione del rilevato**, sopra alla bonifica, fino al raggiungimento della quota di imposta della pavimentazione (fig. 1.9). In relazione alla geometria dell’asse stradale la quota della pavimentazione varia di circa 25 cm, con il valore minimo (punto più basso) raggiunto nelle curve a raggio minimo nella carreggiata con pendenza verso l’asse e valore massimo (punto più alto) nella stessa curva, ma nella carreggiata opposta con pendenza verso l’esterno. In rettilineo il punto più alto (lati di sinistra del nuovo piano viabile) sarà di circa 12 cm sopra l’attuale bordo del piano viabile;
- e) in curva e nelle zone di transizione (clotoide) il rilevato deve terminare in corrispondenza del punto più basso della pavimentazione. La pendenza trasversale della sommità del rilevato in fase di costruzione (fino alla realizzazione della

pavimentazione) deve essere del 4% per favorire l'allontanamento delle acque meteoriche (verso gli scarichi che devono essere realizzati prima della formazione del rilevato oppure immediatamente dopo, tratta per tratta);

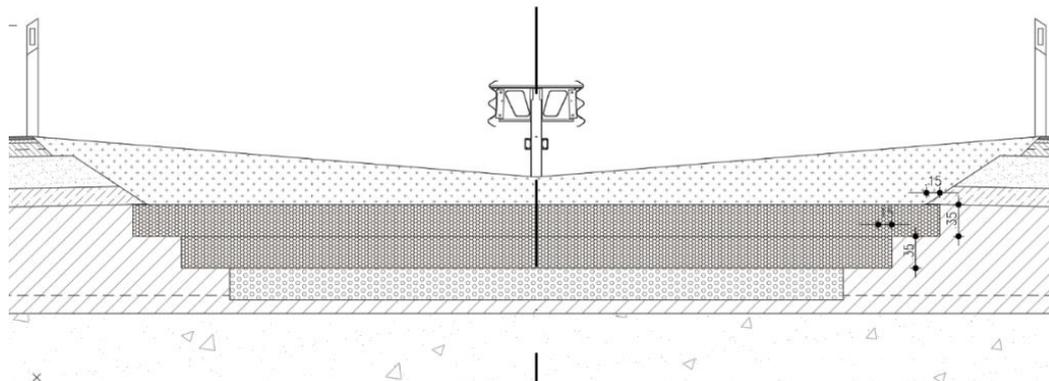


Figura 1.9 – Formazione del rilevato – soluzione proposta

- f) **il rilevato deve essere costituito da due strati di circa 35 cm**, con ammassamento di circa 15 cm nel corpo dei due rilevati esistenti (Fig. 1.9). Per la formazione del rilevato possono essere utilizzati i materiali del terreno di ricoprimento (escluso lo scotico) stabilizzati a calce. Il dosaggio della calce e l'eventuale necessità di una stabilizzazione binaria a calce e cemento devono scaturire da specifiche indagini di laboratorio;
- g) **sopra al rilevato viene realizzato lo strato di fondazione con materiali naturali (misto granulare) o di riciclo stabilizzati a cemento**. In rettilineo lo strato di fondazione deve essere sagomato con le pendenze di progetto del piano viabile e deve avere uno spessore minimo di 25 cm in corrispondenza dell'ammassamento (per almeno 20 cm) nello strato di fondazione della pavimentazione esistente (Fig. 1.10);

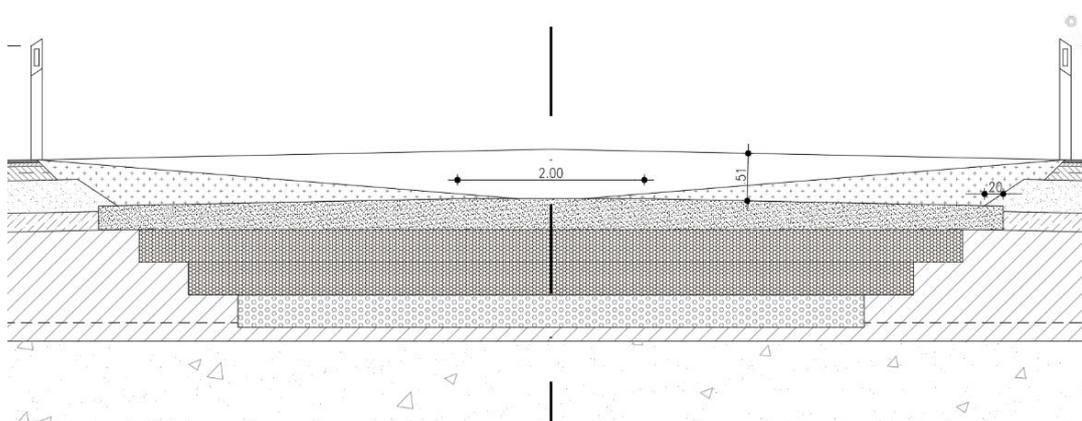


Figura 1.10 – Formazione dello strato di fondazione in rettilineo

- h) nei tratti in curva, in corrispondenza dello spartitraffico, è previsto che si crei una differenza di quota tra i margini (banchina interna) delle due carreggiate di circa 40 cm. Le due sagome non possono essere gestite con la pendenza trasversale del

sottofondo (secondo strato di rilevato), né dello strato di fondazione per la evidente difficoltà di eseguire un efficace costipamento della zona di transizione e per l'insorgere di problemi di operatività all'interno del cantiere (di tipo lineare), in particolare per le esigenze di mobilità lungo il cantiere delle macchine operative e dei mezzi di trasporto. **Per semplificare le fasi costruttive si propone di realizzare nelle curve a raggio costante e in parte nelle zone di transizione (clotoide) un'opera (muretto, cordolatura, ecc.) di sostegno della parte più alta ed una zanella tra lo stesso muro e la pavimentazione della carreggiata opposta.** Questa soluzione consentirebbe anche un'agevole pulizia della superficie compresa tra le due barriere spartitraffico;

- i) nelle curve a raggio più piccolo, sulla carreggiata più bassa, lo strato di fondazione potrebbe ridursi a spessori di pochi cm in corrispondenza dell'asse stradale. Questa ipotesi resta compatibile con la vita utile della pavimentazione purché il rilevato realizzato con terre stabilizzate garantisca una portanza abbastanza elevata (Md' al secondo ciclo della prova di carico su piastra maggiore di 300 MPa). Sulla carreggiata opposta lo spessore massimo (in corrispondenza dell'asse potrebbe essere maggiore di 40 cm (dipende dalla pendenza massima in curva). Con il muretto centrale le imbottiture potrebbero essere evitate provvedendo alla attribuzione delle pendenze trasversali con lo strato di fondazione a spessore variabile;
- j) sopra alla fondazione vengono realizzati gli strati superiori della pavimentazione con gli spessori e le modalità esecutive illustrate al successivo paragrafo 1.4.

1.3.2 Impiego di materiali di riciclo

Nel concepire la pavimentazione per la terza corsia si è tenuto conto dell'opportunità di utilizzare materiali di riciclo sia negli strati in conglomerato bituminoso che in fondazione e nel sottofondo.

Prendendo in esame le attività previste per l'ampliamento alla terza corsia, i materiali riciclabili sono in prevalenza costituiti dal riempimento esistente tra le due carreggiate attuali e in minima parte quelli derivanti dalla demolizione della pavimentazione esistente. Le terre presenti sotto al manto erboso centrale saranno utilizzate per la formazione di due strati di rilevato con trattamento di stabilizzazione a calce.

L'ammorsamento della nuova pavimentazione su quella vecchia comporterà la rimozione, mediante fresatura, dei bordi di sinistra delle due carreggiate esistenti, per una larghezza di alcune decine di centimetri. Il materiale di risulta costituito in parte da misto granulare della vecchia fondazione e in parte da conglomerato bituminoso può essere utilizzato in via preferenziale per la produzione del misto cementato e, in subordine, per la formazione dello strato di fondazione purché stabilizzato a cemento. Nel caso di demolizione selettiva, con separazione del vecchio misto granulare dal conglomerato bituminoso, gli impieghi potranno essere quelli tipici per i due materiali.

Il progetto “terza corsia” prevede anche interventi di risanamento della corsia di marcia con rimozione (fresatura) di strati di conglomerato bituminoso della pavimentazione esistente.

Il conglomerato bituminoso di recupero può essere utilizzato nella confezione dei nuovi conglomerati bituminosi a caldo con quantità variabili in funzione dello strato di destinazione (base, binder e usura), ma anche in relazione agli apparati e alle tecnologie di cui sono dotati gli impianti di produzione per il riscaldamento e la miscelazione del fresato. Negli impianti più moderni si possono raggiungere percentuali di riutilizzo fino al 50% purché si adottino opportuni additivi rigeneranti/fluidificanti per compensare la presenza del bitume vecchio, notevolmente indurito.

Considerati i vantaggi di natura economica e ambientale derivanti dal riciclaggio dei materiali, in particolare del conglomerato bituminoso di recupero (fresato), non necessariamente provenienti dallo stesso cantiere, ma da siti di stoccaggio, per la terza corsia è stata individuata anche una pavimentazione alternativa (a quella più tradizionale a caldo) che prevede la realizzazione dello strato di base con la tecnologia a freddo (fresato di conglomerato bituminoso fino al 95% della miscela di aggregati, eventuale integrazione, fino al 20%, con aggregati naturali, cemento ed emulsione bituminosa modificata).

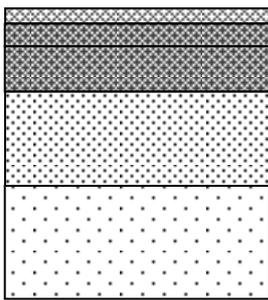
Una ulteriore tipologia di materiali di riciclo che può essere impiegata è quella degli scarti (rifiuti) di costruzioni e demolizioni di opere edili (C&D). Nell’ambito della realizzazione della terza corsia l’utilizzo dei materiali di riciclo da C&D può essere previsto sia per la realizzazione dello strato di fondazione in misto cementato che dello strato di sottofondazione stabilizzato a cemento.

1.4. Pavimentazione terza corsia

Per la pavimentazione della terza corsia sono state studiate due soluzioni: una di tipo tradizionale ed una con la base a freddo in alternativa alla base a caldo.

1.4.1 Pavimentazione con base a caldo (TC1)

La pavimentazione con base a caldo (sigla TC1) è costituita da uno strato di fondazione con materiali stabilizzati a cemento di 25 cm (spessore minimo), uno strato di misto cementato di 25 cm, uno strato di base in conglomerato bituminoso con bitume modificato hard di 12 cm, uno strato di binder con bitume modificato hard di 6 cm ed un tappeto di usura drenante di 4 cm (figura 1.11).



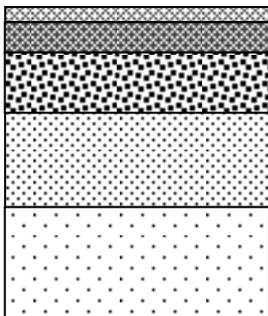
- Tappeto drenante: 4 cm
- Binder (conglomerato bituminoso con bitume modificato hard): 6 cm
- Base (conglomerato bituminoso con bitume modificato hard): 12 cm
- Misto cementato: 25 cm
- Fondazione in materiali stabilizzati a cemento: 25 cm

Figura 1.11: Pavimentazione con base a caldo

Ai fini del calcolo, è stata assunta come pavimentazione di progetto la sovrastruttura costituita da 4 cm di tappeto drenante, 18 cm di conglomerato bituminoso con bitume modificato hard, 25 cm di misto cementato, 25 cm di fondazione stabilizzata a cemento e dal sottofondo considerato un semispazio.

1.4.2 Pavimentazione con base a freddo (TC2)

La pavimentazione con base a freddo per la terza corsia (sigla TC2) è costituita da uno strato di fondazione con materiali stabilizzati a cemento di 25 cm (spessore minimo), uno strato di misto cementato di 25 cm, uno strato di base a freddo con emulsione di bitume modificato di 16 cm, uno strato di binder con bitume modificato hard di 8 cm ed un tappeto di usura drenante di 4 cm (figura 1.12).



- Tappeto drenante: 4 cm
- Binder (conglomerato bituminoso con bitume modificato hard): 8 cm
- Base a freddo con emulsione di bitume modificato: 16 cm
- Misto cementato: 25 cm
- Fondazione in materiali stabilizzati a cemento: 25 cm

Figura 1.12: Pavimentazione con base a freddo

Ai fini del calcolo, è stata assunta come pavimentazione di progetto la sovrastruttura costituita da 4 cm di tappeto drenante, 8 cm di conglomerato bituminoso con bitume modificato hard, 16 cm di base a freddo, 25 cm di misto cementato, 25 cm di fondazione stabilizzata a cemento e dal sottofondo considerato un semispazio.

1.4.3 Ammorsamento della nuova pavimentazione

L'ammorsamento della terza corsia sul corpo stradale esistente interessa tutti gli strati che saranno realizzati a partire da quelli di rilevato descritti in precedenza.

Il dettaglio qui riportato riguarda gli strati di conglomerato bituminoso.

Dopo 7 giorni dalla posa in opera del misto cementato si deve procedere alla fresatura degli strati di binder e di usura della pavimentazione esistente (lato sinistro) per una

larghezza di 40 cm e successivamente alla fresatura del sottostante strato di base per una larghezza (dal lato sinistro) di 15 cm.

La superficie verticale (bordo) della pavimentazione bituminosa (strato di base) rimasta deve essere pulita mediante spazzola meccanica e ricoperta con abbondante emulsione bituminosa del tipo previsto per le mani di attacco.

Si procede quindi alla stesa del conglomerato bituminoso del nuovo strato di base e alla sua compattazione utilizzando un rullo gommato ed un rullo metallico tandem.

Sulla superficie finita dello strato di base, a cavallo dal giunto tra il vecchio ed il nuovo strato di base, deve essere posata una rete di rinforzo in fibra di vetro (o carbonio) della larghezza di 50 cm previa spruzzatura di emulsione bituminosa modificata.

Successivamente vengono realizzati lo strato di binder ed il tappeto di usura drenante.

Si evidenzia che nonostante lo sfalsamento dei giunti longitudinali degli strati superiori della pavimentazione (base e binder), entrambi sono collocati in prossimità della linea di separazione tra la seconda e la terza corsia. Con l'ampliamento alla terza corsia sarà possibile anche il sorpasso tra mezzi pesanti che potranno pertanto transitare sulla seconda corsia (attuale corsia di sorpasso), fino ad andare ad interessare il bordo sinistro (e talvolta superarlo), cioè la zona dove è posizionato il giunto tra la vecchia pavimentazione e la nuova terza corsia. Come è noto il giunto longitudinale è un punto di debolezza della pavimentazione stradale, ancora di più quando si tratta di un giunto tra una vecchia ed una nuova pavimentazione. Per questo motivo, nei prossimi interventi di manutenzione sulla attuale corsia di sorpasso (certamente necessari per far fronte al futuro transito di mezzi pesanti in fase di sorpasso) si dovrebbe prevedere lo spostamento dei giunti di base e binder di almeno un metro all'interno della nuova terza corsia. Qualora si decidesse inoltre di potenziare la pavimentazione della attuale corsia di sorpasso (nuova corsia centrale) con uno strato di misto cementato al di sotto degli strati in conglomerato bituminoso, anche il giunto con il misto cementato della terza corsia andrebbe realizzato a circa un metro dalla linea di separazione tra la seconda e la terza corsia (all'interno della terza corsia) spostando ulteriormente a sinistra (cioè all'interno della terza corsia) i giunti di base, binder ed usura opportunamente sfalsati.

2 - CARICHI DI TRAFFICO

2.1 Coefficiente di equivalenza

Ai fini del dimensionamento delle pavimentazioni viene considerato solo il traffico di mezzi pesanti espresso in termini di passaggi di asse standard, generalmente da 80 kN.

Per trasformare il numero di transiti di mezzi pesanti in assi standard da 80 kN si utilizza generalmente il coefficiente di equivalenza ricavabile dallo spettro di traffico contenuto nel Catalogo delle Pavimentazioni edito dal CNR nel 1995 (B.U. CNR 178/95). Per le autostrade extraurbane è pari a 3,18.

Tale spettro di traffico è però da considerare ampiamente superato in modo particolare per le autostrade, dove con il passare degli anni è notevolmente aumentata la componente autotreni e autoarticolati a scapito degli altri tipi di veicoli pesanti, più leggeri.

Per determinare il coefficiente di equivalenza coerente con la ripartizione dei mezzi pesanti nello scenario attuale, sono stati analizzati i veicoli entrati e usciti nel 2019 nei caselli compresi tra Campogalliano e Verona Nord, ripartiti per classe di tariffazione (Tabella 2.1).

Per la ripartizione dei veicoli pesanti tra le varie classi sono state considerate le percentuali del totale delle entrate e delle uscite di tutti i caselli: classe B = 40,9%, Classe 3 = 7,6%, Classe 4 = 6,4%, Classe 5 = 45,1.

Ogni classe di tariffazione comprende diversi veicoli, raggruppati per assi sagoma (Tabella 2.2), senza distinzione tra tipologie di veicoli e distribuzione dei carichi per asse.

Questa ripartizione, necessaria per individuare il coefficiente di equivalenza tra veicoli pesanti ed assi standard da 80 kN, è stata operata assegnando quote delle classi di tariffazione (B, 3, 4, 5) ai tipi di veicoli previsti dal Catalogo delle Pavimentazioni (B.U. CNR 178/95), come riportato nella Tabella 2.3.

VEICOLI ENTRATI ED USCITI ANNO 2019

Classe	Entrate	Uscite	Totale	
661 - CAMPOGALLIANO				
Classe B	187.196	167.646	354.842	37,5%
Classe 3	31.292	27.473	58.765	6,2%
Classe 4	43.731	20.807	64.538	6,8%
Classe 5	224.122	243.780	467.902	49,5%
Totale	486.341	459.706	946.047	100,0%
662 - CARPI				
Classe B	311.023	273.951	584.974	54,0%
Classe 3	48.045	43.383	91.428	8,4%
Classe 4	46.766	23.823	70.589	6,5%
Classe 5	152.682	184.504	337.186	31,1%
Totale	558.516	525.661	1.084.177	100,0%
663 - REGGIOLO ROLO				
Classe B	159.191	169.730	328.921	47,4%
Classe 3	29.823	30.264	60.087	8,7%
Classe 4	16.276	15.423	31.699	4,6%
Classe 5	134.088	138.750	272.838	39,3%
Totale	339.378	354.167	693.545	100,0%
664 - PEGOGNAGA				
Classe B	189.047	181.683	370.730	34,5%
Classe 3	44.481	44.667	89.148	8,3%
Classe 4	31.878	29.590	61.468	5,7%
Classe 5	280.531	271.937	552.468	51,4%
Totale	545.937	527.877	1.073.814	100,0%
665 - MANTOVA SUD				
Classe B	181.591	157.836	339.427	42,3%
Classe 3	35.347	28.339	63.686	7,9%
Classe 4	52.084	21.230	73.314	9,1%
Classe 5	148.433	178.387	326.820	40,7%
Totale	417.455	385.792	803.247	100,0%
666 - MANTOVA NORD				
Classe B	330.059	298.021	628.080	40,4%
Classe 3	63.845	48.060	111.905	7,2%
Classe 4	81.106	35.573	116.679	7,5%
Classe 5	334.416	362.559	696.975	44,9%
Totale	809.426	744.213	1.553.639	100,0%
667 - NOGAROLE ROCCA				
Classe B	199.009	181.122	380.131	31,4%
Classe 3	49.011	56.648	105.659	8,7%
Classe 4	48.106	14.489	62.595	5,2%
Classe 5	303.232	357.118	660.350	54,6%
Totale	599.358	609.377	1.208.735	100,0%
668 - VERONA NORD				
Classe B	519.800	511.160	1.030.960	41,7%
Classe 3	94.967	75.011	169.978	6,9%
Classe 4	97.064	48.105	145.169	5,9%
Classe 5	524.982	600.446	1.125.428	45,5%
Totale	1.236.813	1.234.722	2.471.535	100,0%
TOTALE				
Classe B	2.076.916	1.941.149	4.018.065	40,9%
Classe 3	396.811	353.845	750.656	7,6%
Classe 4	417.011	209.040	626.051	6,4%
Classe 5	2.102.486	2.337.481	4.439.967	45,1%
Totale	4.993.224	4.841.515	9.834.739	100,0%

Tabella 2.1 – Veicoli entrati e usciti dai caselli suddivisi per classe di tariffazione

CLASSE	Descrizione caratteristiche dei veicoli	ESEMPLIFICAZIONE	
		Figurativa	Descrittiva
A	Motocicli. Veicoli a 2 assi con altezza \leq m. 1,30 in corrispondenza del primo asse		Motocicli da 150 cc. ed oltre. Motocarrozette da 250 cc. ed oltre Autovetture: FIAT 126, Uno, Croma, Alfa R. 33-75-164, LANCIA-MERCEDES ecc. Motocarri, Motofurgoni, Autofurgoni, Autocarri
B	Veicoli a 2 assi con altezza $>$ m. 1,30 in corrispondenza del primo asse		Motocarri, Motofurgoni, Autobus, Auto-caravan Autocarri
3	Veicoli e convogli costruiti a 3 assi		Autovetture con carrello o caravan ad un asse, Autobus, Autocarri, Autoarticolati a 3 qssi.
4	Veicoli e convogli costruiti a 4 assi		Autovetture con carrello o caravan a due assi, Autocarri, Autoarticolati, Autotreni a 4 assi.
5	Veicoli e convogli costruiti a 5 o piú assi		Autoarticolati e Autotreni a 5 o piú assi
ESENTI	Sono compresi nella classe esente tutti i veicoli e convogli, relativi agli utenti esenti, non titolari o possessori di titolo magnetico (esenti a norma di legge) e gli altri casi previsti dalle procedure.		

Tabella 2.2 – Classificazione dei veicoli per assi sagoma (classi di tariffazione)

Categoria veicoli	A22 - traffico pesante per classi di tariffazione								A22 pesanti % sul totale
	Classe B		Classe 3		Classe 4		Classe 5		
	% nella classe	% sul totale	% nella classe	% sul totale	% nella classe	% sul totale	% nella classe	% sul totale	
1 - Autocarri leggeri	47.00	19.22			10.00	0.64			19.86
3 - Autocarri medi e pesanti	30.00	12.27							12.27
4 - Autocarri medi e pesanti	20.00	8.18	30.00	2.28					10.46
5 - Autocarri pesanti			30.00	2.28					2.28
6 - Autocarri pesanti			30.00	2.28	10.00	0.64			2.92
7 - Autotreni e articolati					40.00	2.56			2.56
8 - Autotreni e articolati					40.00	2.56			2.56
9 - Autotreni e articolati							24.50	11.05	11.05
10 - Autotreni e articolati							24.50	11.05	11.05
11 - Autotreni e articolati							24.50	11.05	11.05
12 - Autotreni e articolati							24.50	11.05	11.05
13 - Mezzi d'opera							2.00	0.90	0.90
16 - Autobus	3.00	1.23	10.00	0.76					1.99
SOMMA PERCENTUALE	100.00	40.90	100.00	7.60	100.00	6.40	100.00	45.10	100.00

Tabella 2.3 – Ripartizione delle classi di tariffazione nelle diverse categorie di veicoli

Una volta individuata la percentuale di ogni tipo di veicolo pesante a cui far corrispondere uno specifico carico per asse (come da Catalogo delle Pavimentazioni), applicando ad ogni carico per asse il coefficiente di equivalenza con l'asse da 80 kN (Tabella 2.4) **è stato possibile stabilire che per la A22 ogni veicolo pesante corrisponde a 4,21 assi standard da 80 kN.**

Spettro di traffico A22								
Categoria veicoli	%	carico per asse					Coef.equiv.	C.E.
1 - Autocarri leggeri	19.86	15	20	-	-	-	0.01	0.00
3 - Autocarri medi e pesanti	12.27	40	80	-	-	-	1.06	0.13
4 - Autocarri medi e pesanti	10.46	50	110	-	-	-	3.73	0.39
5 - Autocarri pesanti	2.28	40	80	80	-	-	2.06	0.05
6 - Autocarri pesanti	2.92	60	100	100	-	-	5.20	0.15
7 - Autotreni e articolati	2.56	40	90	80	80	-	3.66	0.09
8 - Autotreni e articolati	2.56	60	100	100	100	-	7.64	0.20
9 - Autotreni e articolati	11.05	40	80	80	80	80	4.06	0.45
10 - Autotreni e articolati	11.05	60	90	90	100	100	8.40	0.93
11 - Autotreni e articolati	11.05	40	100	80	80	80	5.50	0.61
12 - Autotreni e articolati	11.05	60	110	90	90	90	8.70	0.96
13 - Mezzi d'opera	0.90	50	120	130	130	130	26.13	0.24
16 - Autobus	1.99	50	80	-	-	-	1.15	0.02
SOMMA PERCENTUALE	100.00						TOT. C.E.	4.21

Tabella 2.4 – Calcolo del coefficiente di equivalenza

Il procedimento utilizzato, basato sui veicoli pesanti (classi di tariffazione) entrati e usciti nel 2019 dagli 8 Caselli da Campogalliano a Verona Nord, tende certamente a sottostimare i carichi di traffico cui è sottoposta la pavimentazione della A22. Questo perché nella ripartizione dei veicoli pesanti ai caselli c'è una maggiore incidenza del traffico locale (con quote maggiori di veicoli meno pesanti) rispetto ai transiti di lunga percorrenza (non rilevati nei caselli considerati) prevalentemente costituiti da mezzi con 5 o più assi (classe di tariffazione 5).

Questo errore (sottostima) viene però compensato, almeno in parte, dal fatto che non tutti i mezzi pesanti viaggiano a pieno carico (peso massimo), cioè non sempre trasportano merci che pur nella massima capacità di carico (volume massimo) raggiungono il limite di peso per asse.

2.2 Carichi di traffico

Lo studio del traffico Righetti, nello scenario di progetto al 2035, prevede nella tratta più carica tra Verona Nord e la A1 (interconnessione A4 – Vigasio, direzione nord), un TGM di mezzi pesanti di 9.473 veicoli pesanti/giorno (Tabella 2.5).

CARREGGIATA SUD			TRATTA	CARREGGIATA NORD		
LEGGERI	PESANTI	TOTALI		LEGGERI	PESANTI	TOTALI
17.488	6.009	23.497	Verona Nord - Interconnessione A4	17.936	5.940	23.876
22.302	8.931	31.233	Interconnessione A4 - Vigasio	22.424	9.473	31.897
22.012	9.096	31.108	Vigasio - Nogarole Rocca	22.195	9.402	31.597
19.561	7.452	27.013	Nogarole Rocca - Mantova Nord	19.764	7.821	27.585
18.981	7.689	26.670	Mantova Nord - Mantova Sud	19.437	8.032	27.469
19.576	8.018	27.594	Mantova Sud - Pegognaga	19.568	8.313	27.881
17.227	7.050	24.277	Pegognaga - Reggiolo Rolo	17.609	7.364	24.973
18.938	8.128	27.066	Reggiolo Rolo - Carpi	19.421	8.207	27.628
20.518	8.511	29.029	Carpi - Campogalliano	21.347	8.611	29.958
20.896	8.803	29.699	Campogalliano - All A1/A22	21.869	8.822	30.691

Tabella 2.5 – Flussi di traffico medi giornalieri previsti dallo Studio Righetti al 2035 (scenario progettuale).

Considerato che lo scenario di progetto è riferito all'anno 2035 cioè al decimo anno di esercizio, quindi medio rispetto ai venti anni di vita utile, il carico di traffico per il dimensionamento delle pavimentazioni risulterebbe pari a:

veicoli pesanti (flusso medio orario) x 24 ore x 365 giorni x 20 anni.

Nei 20 anni di vita utile compresi tra il 2025 ed il 2045 il carico di traffico sarebbe pertanto di 69,2 milioni di veicoli pesanti. In termini di assi standard da 80 kN, utilizzando il coefficiente di equivalenza 4,21 determinato in precedenza, il carico di traffico di riferimento per il dimensionamento della pavimentazione risulta di circa 290 milioni.

3. CALCOLO DELLE PAVIMENTAZIONI

3.1 Il dimensionamento delle sovrastrutture stradali flessibili

Le pavimentazioni stradali svolgono la funzione di ripartire sul terreno i carichi trasmessi dai veicoli, in particolare da quelli pesanti.

In linea di principio il metodo di progetto di una pavimentazione stradale non differisce sostanzialmente da quello di una qualsiasi altra struttura dell'ingegneria civile: note le caratteristiche meccaniche dei materiali da impiegare ed i carichi trasmessi dai veicoli, la sovrastruttura deve garantire un certo livello di integrità entro la cosiddetta vita utile.

In pratica però la grande variabilità dei materiali che possono essere impiegati, la difficoltà di definire compiutamente il danno subito e i livelli di carico, rendono il problema estremamente complesso.

Due sono i punti fondamentali che distinguono il progetto di una pavimentazione stradale da quello di una qualsiasi altra struttura civile:

1. la difficoltà di individuare la natura e le caratteristiche intrinseche dei materiali impiegati, estremamente variabili con le condizioni climatiche e con la modalità di applicazione dei carichi;
2. il trascurare gli effetti prodotti dal peso proprio, in quanto la loro incidenza sullo stato tenso-deformativo è minimo rispetto a quella dei carichi accidentali (veicoli) e delle condizioni ambientali (temperatura e umidità);

Le moderne tecniche numeriche, basate sull'applicazione della teoria degli elementi finiti o del multistrato elastico, consentono di ricostruire al calcolatore un modello teorico della pavimentazione, costituita dalla sovrapposizione di differenti strati di conglomerato bituminoso, approssimando in modo più fedele possibile il suo comportamento reale. Tale algoritmo rientra tra i "metodi razionali" per il calcolo delle pavimentazioni flessibili che negli ultimi anni hanno sostituito i "metodi empirici" basati invece sull'osservazione diretta di tronchi stradali sperimentali.

I metodi fondati su una valutazione "razionale", cioè "per via di calcolo", si basano sullo studio del comportamento tenso-deformativo dei vari strati della pavimentazione attraverso cui si procede:

1. alla verifica del danno da fatica accumulato nei vari strati durante la vita utile della pavimentazione (legge di Miner);
2. alla verifica della profondità delle ormaie prodotte al termine della vita utile, le quali non devono superare il limite di tollerabilità per la funzionalità e la sicurezza del piano viabile.

Questo consente di associare ad ogni pavimentazione stradale, sottoposta ad un certo traffico, una *vita utile*, cioè di quel periodo di tempo, o di cicli di carico, al di là del quale la degradazione da essa subita ne rende necessario il rifacimento.

Si evidenzia che la vita utile della pavimentazione non esclude la necessità di interventi manutentivi non strutturali relativi al ripristino delle condizioni superficiali di regolarità ed aderenza.

3.2 Il dimensionamento con metodo razionale

Il processo progettuale per il dimensionamento strutturale di una pavimentazione stradale si basa principalmente su cinque passaggi:

- la definizione preliminare degli spessori di ogni singolo strato;
- la scelta dei materiali da impiegare;
- la conoscenza dei dati di traffico e delle condizioni climatiche di esercizio;
- il calcolo delle tensioni indotte dall'applicazione dei carichi;
- l'applicazione degli appropriati criteri di verifica.

La durata di una pavimentazione viene correlata al numero massimo di passaggi dell'asse standard che è in grado di sopportare prima di raggiungere il collasso strutturale.

Nota pertanto la classe di traffico assunta come riferimento, si determinerà il relativo stato tenso-deformativo indotto risolvendo la sovrastruttura tramite modelli di calcolo. Il massimo valore della deformazione orizzontale di trazione alla base degli strati legati sarà quindi utilizzato come dato di input per determinare, dalle curve di fatica, il numero massimo di cicli sopportabili dalla pavimentazione.

Sperimentalmente è stato dimostrato che tale operazione risulta cautelativa in quanto le curve di fatica determinate in laboratorio, o gli eventuali fattori di traslazione laboratorio-sito, sottovalutano il fenomeno del recupero (autoriparazione).

Tenuto conto che le proprietà meccaniche dei conglomerati bituminosi si modificano sensibilmente al variare della temperatura, tale operazione deve essere ripetuta per ciascun periodo dell'anno (stagione, mese, ecc.) a cui si associa una stessa temperatura media dell'aria.

In particolare, sulla base delle temperature medie mensili dell'aria ricavate dalla stazione meteo più vicina alla zona interessata dal progetto, si può risalire alla temperatura del conglomerato bituminoso alla profondità z (espressa in centimetri) secondo la nota formula introdotta di Witczak:

$$T_z = (1,467 + 0,043 \cdot z) + (1,362 - 0,005 \cdot z) \cdot T_a$$

dove T_z è la temperatura alla profondità z e T_a è la temperatura media dell'aria.

Ammettendo una ripartizione del traffico proporzionale nei giorni dell'anno di ciascun periodo (stagione, mese, ecc.), sarà possibile determinare il numero totale dei passaggi dell'asse standard che produce la rottura per fatica della pavimentazione sfruttando la legge di Miner, meglio nota come la legge "di accumulo lineare del danno da fatica".

La legge di Miner può essere enunciata nel modo seguente:

“Se $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_k$ sono le ampiezze delle deformazioni corrispondenti rispettivamente ad n_1, n_2, \dots, n_k cicli di carico applicati ad un materiale senza alcun ordine particolare, si produce la rottura per fatica quando la seguente disequazione è verificata con il segno di uguaglianza:

$$\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

dove N_i è il numero di cicli di deformazione che porterebbe a rottura il materiale qualora l'ampiezza di deformazione fosse mantenuta costante pari a ε_i .

Supposto di aver risolto la struttura per un numero di periodi dell'anno pari a k determinando altrettante coppie di valori (ε_i, N_i) , l'equazione che consentirà di determinare il numero N_x di passaggi dell'asse standard che porta al collasso per fatica la pavimentazione sarà la seguente:

$$\sum_{i=1}^k \frac{\left(\frac{N_x}{k}\right)}{N_i} = 1$$

Una volta individuato il numero totale N_x dei passaggi riferiti all'asse standard che la pavimentazione può sopportare, la determinazione della vita utile espressa in anni è calcolata dividendo tale valore N_x per la popolazione dei veicoli annui in assi standard equivalenti.

Nel caso si decida di suddividere l'anno in quattro periodi corrispondenti alle quattro stagioni, la determinazione del numero massimo di passaggi dell'asse standard assume la seguente espressione:

$$N_{tot} = \frac{4N_{tot1} \cdot N_{tot2} \cdot N_{tot3} \cdot N_{tot4}}{N_{tot2}N_{tot3}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot3}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot2}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot2}N_{tot3}}$$

3.3 Verifica dei materiali con legante

3.3.1 Legge di fatica per i materiali legati a bitume

La legge di fatica assunta per l'analisi dei materiali legati a bitume è la legge di Finn.

La procedura che ha portato ad ottenere i modelli di fatica più utilizzati, tra cui il modello di Finn, è quella di determinare le prestazioni a fatica del materiale in laboratorio, per poi, attraverso opportuni fattori di traslazione, ottenere risultati compatibile con il comportamento in esercizio.

La legge di Finn può essere espressa come:

$$N_f = 10^{-3.083} \cdot \varepsilon_f^{-3.291} \cdot E^{-0.854}$$

dove:

N_f = è il numero di cicli di applicazione del carico, riferito all'asse standard considerato, che causa la fessurazione del 10% della superficie stradale.

ε_f = è la deformazione orizzontale di trazione massima alla base degli strati legati a bitume riferita all'inizio della vita della pavimentazione.

E = è il modulo elastico (espresso in MPa) dello strato più profondo in conglomerato bituminoso riferito alla temperatura effettiva dello strato stesso.

3.3.2 Legge di fatica per le miscele legate a cemento

Le miscele legate a cemento, in particolare i misti cementati, presentano un comportamento evolutivo molto diverso a seconda che vengano considerati i primi anni di servizio (prima fase) o il periodo successivo (seconda fase).

Nella prima fase di esercizio i misti cementati mostrano un comportamento a fatica in cui il materiale si presenta a "blocchi" ma comunque rigido e coeso per poi fessurarsi progressivamente fino ad assumere, nella seconda fase, un comportamento simile ai misti granulari.

La modellazione della struttura prevede pertanto una schematizzazione in due fasi consecutive distinte tra loro:

- nella prima fase la sovrastruttura viene calcolata attribuendo un valore di modulo iniziale al misto cementato e si presenta a blocchi di dimensioni da 1 a 10 volte lo spessore dello strato stesso. In questo caso viene definita la vita a fatica sulla base della massima deformazione di trazione subita dallo strato ε_f e della massima deformazione di trazione ammissibile ε_b . In questa fase i parametri fondamentali che entrano in gioco sono il modulo elastico iniziale, lo spessore dello strato, la massima deformazione alla base dello strato stesso e la deformazione critica;
- nella seconda fase lo strato passa da uno stato a "blocchi" di dimensioni circa uguali allo spessore dello strato ad uno stato granulare. L'interna sovrastruttura viene ricalcolata con un valore di modulo ridotto e viene applicata una legge di trasferimento che tiene in considerazione la massima tensione di compressione subita dallo strato σ_v e il rispettivo valore ammissibile UCS. In questa fase i

parametri fondamentali che entrano in gioco sono il modulo ridotto (valore che tiene in considerazione la natura fessurato/granulare dello strato), lo spessore dello strato, la massima tensione di compressione in sommità dello strato stesso e la rispettiva tensione di compressione critica.

In tale ambito, numerose ricerche (de Beer, 1990, Theyse et al.,1996) sono state svolte al fine di fornire i valori di riferimento (in funzione dei materiali impiegati) per ognuno dei parametri sopraelencati e di tarare adeguate leggi previsionali per la vita utile dello strato cementato e le sue ripercussioni all'interno dell'intera sovrastruttura.

Il criterio proposto, relativo ad un grado di affidabilità del 90% riguardo le prestazioni dei materiali impiegati, è basato sulla seguente equazione:

$$N_f = 10^{6.84 \left(1 - \frac{\varepsilon_t}{7.63 \varepsilon_b}\right)}$$

dove N_f sono il numero di cicli di carico di asse standard ammissibile durante il periodo di vita a fatica effettivo, ε_t è la massima deformazione di trazione alla base dello strato e ε_b è la massima deformazione di trazione ammissibile.

Infine, tale valore viene relazionato allo spessore dello strato d per mezzo di uno Shift Factor (SF), o fattore di traslazione, definito secondo la seguente equazione:

$$SF = 10^{(0.00285 \cdot d - 0.293)}$$

Dopo aver calcolato il numero di cicli di carico che determinano la fine della prima fase (fase a fatica con materiale non fessurato), si passa allo studio della seconda fase nella quale il materiale si comporta in maniera analoga ad uno strato granulare e la legge a cui si fa riferimento, per un grado di affidabilità del 90% riguardo le prestazioni dei materiali impiegati, è la seguente:

$$N_{Ca} = 10^{8.184 \left(1 - \frac{\sigma_v}{1.2 UCS}\right)}$$

dove σ_v è la tensione di compressione in sommità dello strato e UCS è la tensione massima a compressione ammissibile.

In maniera analoga a quanto descritto per gli strati trattati con cemento ed emulsione, il valore totale dei cicli di carico sopportati dallo strato trattato con cemento risulta essere la somma dei cicli accumulati durante le due fasi.

$$N = N_f + N_{Ca}$$

3.4 Verifica dei materiali non legati

3.4.1 Legge di fatica per i misti granulari

La natura ciclica dei carichi che transitano sulla superficie stradale è tale da produrre sulla sommità dello strato di fondazione o del terreno di sottofondo delle tensioni verticali σ_z che possono creare avvallamenti sul piano viabile per effetto di accumulo di deformazioni plastiche ε_z . Tale evenienza è tanto più probabile quanto più elevato è il livello tenso-deformativo trasferito dalla sovrastruttura.

Analogamente a quanto visto per le leggi di fatica, esistono diversi criteri per la verifica razionale dello strato di fondazione e sottofondo.

Per lo strato di fondazione in misto granulare stabilizzato previsto nelle pavimentazioni di progetto è stata utilizzata la legge di fatica proposta dal South African Mechanistic Pavement Design and Analysis (SAMPDAM):

$$N_B = 10^{(2.605122 \cdot F + 3.707667)}$$

Dove N_B è il numero di cicli riferito all'asse standard considerato che causa l'accumulo critico di deformazioni permanenti ed F è un fattore di sicurezza che si determina con la seguente formula:

$$F = \min \left[\left(\frac{c_{term}}{1000 \cdot (|\sigma_{ZZ}| + \sigma_{XX,YY \max})} \right)_{y=0}, \left(\frac{c_{term}}{1000 \cdot (|\sigma_{ZZ}| + \sigma_{XX,YY \max})} \right)_{y=-0,1575} \right]$$

con:

σ_{XX} , σ_{YY} e σ_{ZZ} = valori di tensione nelle tre direzioni determinati alla profondità intermedia dello strato di fondazione;

c_{term} = coefficiente tabulato in funzione del tipo di materiale granulare.

3.4.2 Legge di fatica per il sottofondo

Il criterio proposto per il sottofondo stradale riprende il modello sviluppato dal Transport Research Laboratory (TRL):

$$\log N_z = -7.21 - 3.95 \cdot \log \varepsilon_z$$

dove:

N_z = è il numero di cicli riferito all'asse standard considerato che causa l'accumulo critico di deformazioni permanenti;

ε_z = è la deformazione verticale di compressione sulla sommità dello strato (fondazione o sottofondo).

3.5 Pavimentazioni calcolate

Il calcolo è stato eseguito per le due pavimentazioni proposte per la terza corsia.

Ai fini del calcolo gli strati di conglomerato bituminoso, tutti confezionati con lo stesso legante (bitume modificato hard), sono stati modellati come uno strato unico con caratteristiche meccaniche equivalenti.

3.6 Parametri di calcolo assunti

Lo scopo dello studio è di verificare la vita utile delle pavimentazioni proposte, in relazioni agli spessori adottati per i diversi strati, attraverso il calcolo razionale mediante il software BISAR.

Poiché il conglomerato bituminoso è un materiale estremamente sensibile alla temperatura, per procedere nello studio con le effettive caratteristiche nei diversi periodi dell'anno è necessario conoscere le temperature medie stagionali della zona di intervento.

Nel caso specifico, sono state prese le temperature registrate dalla stazione meteo di Verona Villafranca relative all'anno 2019. Successivamente è stato possibile determinare le temperature della pavimentazione (tabella 3.1) per mezzo della formula di Witczak.

$$T_p = (1,467 + 0,043 \cdot z) + (1,362 - 0,005 \cdot z) \cdot T_a$$

Dove T_p è la temperatura alla profondità z (profondità media dello strato) e T_a è la temperatura dell'aria.

Stazione meteo di Verona Villafranca	
Mese	Temperatura [°C]
Gennaio	7.1
Febbraio	9.9
Marzo	10.8
Aprile	15.0
Maggio	17.4
Giugno	21.6
Luglio	26.7
Agosto	26.7
Settembre	23.4
Ottobre	15.8
Novembre	10.9
Dicembre	5.6

Tabella 3.1: Temperature medie mensili registrate dalla stazione meteo di Verona Villafranca

Il valore del modulo elastico del bitume è stato determinato sulla base dei principi del nomogramma di Van der Poel, a partire dai valori di penetrazione, temperatura di rammollimento, frequenza di carico e la temperatura di riferimento. Noto il modulo del bitume alla temperatura di riferimento e le caratteristiche volumetriche della miscela bituminosa, per la determinazione del modulo di rigidezza del conglomerato bituminoso si è fatto uso della teoria di Francken di seguito descritta.

$$E^* = E_\infty \cdot |R^*|$$

$$E_\infty = 1.436 \cdot 10^4 \cdot \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{0.55} \cdot e^{-5.840 \cdot 10^{-2} \cdot V_v}$$

$$\log|R^*| = \log|F^*| - 1.35 \log|F^*| \cdot \left(1 - e^{-0.13 \frac{V_a}{V_b}}\right) \cdot (1 + 0.11 \log|F^*|)$$

$$|F^*| = \frac{S_b}{3000}$$

dove:

E^* : modulo complesso del conglomerato bituminoso

E_∞ : modulo vetroso del conglomerato bituminoso

F^* : modulo ridotto del bitume

V_a : percentuale di aggregati

V_b : percentuale di bitume

V_v : percentuale di vuoti

In conclusione, sulla base della temperatura del conglomerato bituminoso nella stagione di riferimento, delle caratteristiche meccaniche del bitume e della composizione della miscela si sono ricavati i valori del modulo degli strati in conglomerato bituminoso nelle stagioni di riferimento (tabelle da 3.2 a 3.5).

Temperatura pav stagionale [°C]	Sb [MPa]	G* [MPa]	F*	logR*	R*	E [MPa]	E _{hard} [MPa]
9.9	13.7	4.6	0.005	-0.723	0.189	2828	3677
26.0	2.9	1.0	0.001	-1.141	0.072	1080	1405
33.5	1.1	0.4	0.000	-1.438	0.037	546	709
15.6	8.3	2.8	0.003	-0.846	0.143	2131	2770
Profondità calcolo [cm]	2	Percentuale su aggregati		Percentuale sul cb			
R&B [°C]	70	Pa [%]	100	Pa [%]	96.0		
Pen [dmm]	60	Pb [%]	4.2	Pb [%]	4.0		
A	0.025	γa [g/cm ³]	2.7				
IP	3.33	γb [g/cm ³]	1.02				
f [Hz]	8	γmax [g/cm ³]	2.53				
t	0.020	γmix [g/cm ³]	2.03				
Va [%]	72.0						
Vb [%]	8.0						
Vv [%]	20.0						
C [MPa]	14360						
Einf [MPa]	14948						

Tabella 3.2: Modulo del tappeto drenante (TC1 – TC2)

Temperatura pav stagionale [°C]	Sb [MPa]	G* [MPa]	F*	logR*	R*	E [MPa]	E _{hard} [MPa]
10.0	54.5	18.2	0.018	-0.552	0.280	9145	11889
25.5	8.6	2.9	0.003	-0.996	0.101	3291	4278
32.7	2.7	0.9	0.001	-1.340	0.046	1491	1938
15.5	30.6	10.2	0.010	-0.678	0.210	6844	8898
Profondità calcolo [cm]	13	Percentuale su aggregati		Percentuale sul cb			
R&B [°C]	60	Pa [%]	100	Pa [%]	95.2		
Pen [dmm]	50	Pb [%]	5.0	Pb [%]	4.8		
A	0.034	γ _a [g/cm ³]	2.7				
IP	1.03	γ _b [g/cm ³]	1.02				
f [Hz]	8	γ _{max} [g/cm ³]	2.50				
t	0.020	γ _{mix} [g/cm ³]	2.38				
V _a [%]	83.9						
V _b [%]	11.1						
V _v [%]	5.0						
C [MPa]	14360						
E _{inf} [MPa]	32613						

Tabella 3.3: Modulo del conglomerato con bitume modificato hard della pavimentazione con base a caldo per la terza corsia (TC1)

Temperatura pav stagionale [°C]	Sb [MPa]	G* [MPa]	F*	logR*	R*	E [MPa]	E _{hard} [MPa]
10.0	54.8	18.3	0.018	-0.551	0.281	9172	11924
25.7	8.3	2.8	0.003	-1.005	0.099	3220	4186
33.1	2.5	0.8	0.001	-1.362	0.043	1418	1843
15.5	30.5	10.2	0.010	-0.679	0.209	6827	8875
Profondità calcolo [cm]	8	Percentuale su aggregati		Percentuale sul cb			
R&B [°C]	60	Pa [%]	100	Pa [%]	95.2		
Pen [dmm]	50	Pb [%]	5.0	Pb [%]	4.8		
A	0.034	γ _a [g/cm ³]	2.7				
IP	1.03	γ _b [g/cm ³]	1.02				
f [Hz]	8	γ _{max} [g/cm ³]	2.50				
t	0.020	γ _{mix} [g/cm ³]	2.38				
V _a [%]	83.9						
V _b [%]	11.1						
V _v [%]	5.0						
C [MPa]	14360						
E _{inf} [MPa]	32613						

Tabella 3.4: Modulo del conglomerato con bitume modificato hard della pavimentazione con base a freddo per la terza corsia (TC2)

Temperatura pav stagionale [°C]	Sb [MPa]	G* [MPa]	F*	logR*	R*	E [MPa]	E _{cold} [MPa]
10.1	54.0	18.0	0.018	-0.554	0.279	9108	6376
25.1	9.0	3.0	0.003	-0.983	0.104	3391	2373
32.2	2.9	1.0	0.001	-1.310	0.049	1597	1118
15.4	30.8	10.3	0.010	-0.676	0.211	6869	4809
Profondità calcolo [cm]	20	Percentuale su aggregati		Percentuale sul cb			
R&B [°C]	60	Pa [%]	100	Pa [%]	95.2		
Pen [dmm]	50	Pb [%]	5.0	Pb [%]	4.8		
A	0.034	γ_a [g/cm ³]	2.7				
IP	1.03	γ_b [g/cm ³]	1.02				
f [Hz]	8	γ_{max} [g/cm ³]	2.50				
t	0.020	γ_{mix} [g/cm ³]	2.38				
Va [%]	83.9						
Vb [%]	11.1						
Vv [%]	5.0						
C [MPa]	14360						
Einf [MPa]	32613						

Tabella 3.5: Modulo del conglomerato con emulsione di bitume modificato della pavimentazione con base a freddo per la terza corsia (TC2)

Per i conglomerati confezionati con bitume modificato sono stati assunti i moduli elastici del conglomerato con bitume normale aumentati del 30%. In realtà l'impiego del bitume modificato può determinare incrementi del modulo elastico anche modesti, ma permette certamente di ottenere miglioramenti del comportamento a fatica molto più consistenti fino ad un ordine di grandezza. Nel caso specifico, poiché la legge di fatica utilizzata è la stessa per tutti i conglomerati bituminosi (normali e modificati), il miglioramento prestazionale derivante dall'impiego del bitume modificato è notevolmente sottostimato in quanto connesso al solo incremento del modulo elastico (30%).

Per la base a freddo con emulsione di bitume modificato della pavimentazione migliorativa proposta sono stati assunti i moduli elastici del conglomerato a caldo con bitume normale ridotti del 30%.

Per lo strato di misto cementato sono stati impiegati i parametri indicati dal metodo Sud Africano (sviluppato dal CSIR - Council of Scientific and Industrial Research) e relativi ad un materiale codificato come C1:

- nella prima fase di vita utile, nella quale il misto cementato mostra un effettivo comportamento a fatica in cui il materiale si presenta a "blocchi" ma comunque rigido e coeso, è stato assunto un valore del modulo di 3000 MPa ed un valore di deformazione massima ammissibile ϵ_b pari a 145 μ strain (Theyse 1996);
- nella seconda fase di vita utile, nella quale lo stato fessurativo dello strato è in fase avanzata ma tuttavia la buona qualità del materiale granulare garantisce ancora ottime

capacità portanti, sono stati assunti modulo pari a 500 MPa e resistenza a compressione UCS pari a 7500kPa (Theyse 1996).

Per lo strato di fondazione stabilizzata a cemento sono stati impiegati i parametri indicati dal metodo Sud Africano (sviluppato dal CSIR - Council of Scientific and Industrial Research) e relativi ad un materiale codificato come C3:

- nella prima fase di vita utile, nella quale il misto cementato mostra un effettivo comportamento a fatica in cui il materiale si presenta a “blocchi” ma comunque rigido e coeso, è stato assunto un valore del modulo di 1500 MPa ed un valore di deformazione massima ammissibile ϵ_b pari a 125 μ strain (Theyse 1996);
- nella seconda fase di vita utile, nella quale lo stato fessurativo dello strato è in fase avanzata ma tuttavia la buona qualità del materiale granulare garantisce ancora ottime capacità portanti, sono stati assunti modulo pari a 400 MPa e resistenza a compressione UCS pari a 2250kPa (Theyse 1996).

Per il sottofondo di tutte le pavimentazioni analizzate è stato adottato un valore di modulo pari a 200 MPa.

Nelle successive tabelle da 3.6 e 3.7 sono riassunti i parametri di calcolo adottati.

Parametri di calcolo della pavimentazione terza corsia con base a caldo (TC1)				
Modulo elastico [MPa]	inverno	primavera	estate	autunno
Tappeto drenante con bitume modificato hard	3677	1405	709	2770
Conglomerato bituminoso con bit.modificato hard*	11889	4278	1938	8898
Misto cementato	Ph1 3000 – Ph2 500			
Fondazione stabilizzata a cemento	Ph1 1500 – Ph2 400			
Sottofondo	200			
Coef. Poisson	inverno	primavera	estate	autunno
Tappeto drenante con bitume modificato hard	0.30	0.35	0.40	0.35
Conglomerato bituminoso con bit.modificato hard*	0.30	0.35	0.40	0.35
Misto cementato	0.30			
Fondazione stabilizzata a cemento	0.30			
Sottofondo	0.40			
Spessori [cm]				
Tappeto drenante con bitume modificato hard	4			
Conglomerato bituminoso con bit.modificato hard*	18			
Misto cementato	25			
Fondazione stabilizzata a cemento	25			
Sottofondo	inf.			
* binder con bitume modificato hard 6 cm; base con bitume modificato hard 12 cm				

Tabella 3.6: Parametri di calcolo della pavimentazione con base a caldo per la terza corsia (TC1)

Parametri di calcolo della pavimentazione terza corsia con base a freddo (TC2)				
Modulo elastico [MPa]	inverno	primavera	estate	autunno
Tappeto drenante con bitume modificato hard	3677	1405	709	2770
Binder con bitume modificato hard	11924	4186	1843	8875
Base a freddo con emulsione di bitume modificato	6376	2373	1118	4809
Misto cementato	Ph1 3000 – Ph2 500			
Fondazione stabilizzata a cemento	Ph1 1500 – Ph2 400			
Sottofondo	200			
Coef. Poisson	inverno	primavera	estate	autunno
Tappeto drenante con bitume modificato hard	0.30	0.35	0.40	0.35
Binder con bitume modificato hard	0.30	0.35	0.40	0.35
Base a freddo con emulsione di bitume modificato	0.30	0.35	0.40	0.35
Misto cementato	0.30			
Fondazione stabilizzata a cemento	0.30			
Sottofondo	0.40			
Spessori [cm]				
Tappeto drenante con bitume modificato hard	4			
Binder con bitume modificato hard	8			
Base a freddo con emulsione di bitume modificato	16			
Misto cementato	25			
Fondazione stabilizzata a cemento	25			
Sottofondo	inf.			

Tabella 3.7: Parametri di calcolo della pavimentazione con base a freddo per la terza corsia (TC2)

3.7 Analisi dei risultati

I risultati del calcolo, in termini di sforzi e deformazioni, ottenuti come output dal programma di calcolo BISAR, sono riportati in appendice (figure A.1 - A.6).

Coerentemente con i criteri di calcolo e i parametri assunti sono state eseguite le opportune verifiche, a fatica e alle deformazioni permanenti, degli strati legati a bitume, del misto cementato, della fondazione e del sottofondo.

Applicando le leggi descritte nei paragrafi 3.3 e 3.4, è stato possibile determinare il numero di passaggi di assi standard che i vari strati delle pavimentazioni sono in grado di sopportare in ciascuna stagione dell'anno e da qui, attraverso la legge di Miner, la vita utile effettiva.

Nelle tabelle 3.8 e 3.9 sono riassunti i risultati ottenuti per le due pavimentazioni proposte per la terza corsia, una con base a caldo (TC1), una con base a freddo (TC2).

Pavimentazione terza corsia con base a caldo (TC1)		
Materiale	Cicli a rottura	spessore
Conglomerato bituminoso modificato hard	5.56E+07	18
Misto cementato	1.44E+08	25
Fondazione stabilizzata a cemento	1.40E+08	25
Sottofondo	1.20E+09	inf.

Tabella 3.8: Cicli di carico a rottura della pavimentazione terza corsia con base a caldo (TC1)

Pavimentazione terza corsia con base a freddo (TC2)		
Materiale	Cicli a rottura	spessore
Conglomerato bituminoso modificato hard	2.12E+08	8
Base a freddo con emulsione di bitume modificato	6.09E+07	16
Misto cementato	1.40E+08	25
Fondazione stabilizzata a cemento	1.40E+08	25
Sottofondo	2.07E+09	inf.

Tabella 3.9: Cicli di carico a rottura della pavimentazione terza corsia con base a freddo (TC2)

Dai risultati di calcolo si può rilevare che:

- la pavimentazione con base a caldo va in crisi dopo 55,6 milioni di cicli di carico di asse standard da 80 kN;
- la pavimentazione con base a freddo va in crisi dopo 60,9 milioni di cicli di carico di asse standard da 80 kN;

Rispetto al carico di traffico complessivo massimo (290 milioni di assi standard da 80 kN), previsto nei 20 anni di vita utile (2025 – 2045) sulla tratta con il maggiore numero di transiti di veicoli pesanti tra Verona Nord e la A1 (interconnessione A4 – Vigasio, direzione nord), i 55,6 milioni di assi (risultato pavimentazione TC1) sono il **19,2%**, mentre i 60,9 milioni di assi (risultato pavimentazione TC2) sono il **21,0%**.

Poiché la terza corsia dovrebbe essere interessata dal traffico pesante solo in modo occasionale, quando si rende necessaria la deviazione del traffico e/o la riduzione della carreggiata, si può ritenere che **entrambe le soluzioni proposte verificano largamente la vita utile attesa.**

Cingoli, 24 settembre 2020

Prof. Maurizio Bocci

Bibliografia

Airey G. D., "Fundamental binder and practical mixture evaluation of polymer modified bituminous materials", *International Journal on Pavement Engineering*, vol. 5, pp 137-151, 2004.

Bahia H. U., Hanson D. I., Zeng H., Zhai H., Khatri M. A., Anderson R. M., "Characterization of modified asphalt binders in superpave mix design", NCHRP report 459, Washington D.C., 2001.

Bocci M., Cardone F., Cerni G., Santagata E., "Rheological characterization of the fatigue resistance of asphalt binders", ISAP conference, Quebec City, Canada, 2006.

Bocci M., Grilli A., Santagata F.A., Virgili A., "Influence of reinforcement geosynthetics on flexion behavior of double-layer bituminous systems", *Advanced Characterisation of Pavement and Soil Engineering Materials*, pp.1415-1424, 2007.

Bonnetti K., Nam K., Bahia H. U., "Measuring and defining fatigue behaviour of asphalt binder", 8th TRB annual meeting, Washington D.C., 2002.

De Beer M., "Aspects of the design and behaviour of road structures incorporating lightly cementitious layers", PhD dissertation, Pretoria, 1990.

Ferrotti G., Canestrari F., Pasquini E., Virgili A., "Experimental evaluation of the influence of surface coating on fiberglass geogrid performance in asphalt pavements" *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 34, pp. 11-18, 2012.

Finn F., Saraf C., Kulkarni R., Nair K., Smith W. And Abdullah A., "The use of distress prediction subsystems for the design of pavement structures", 4th International conference on structural design of asphalt pavements, 1977.

Francken L., Partl M.N., "Complex Modulus Testing of Asphaltic Concrete: RILEM Interlaboratory Test Program", *Transportation Research Record* 1545:133-142, 1996.

Isacson U. and Lu X., "Properties of bitumens modified with elastomers and plastomers", 2th Euroasphalt & Eurobitume Congress, Barcellona, Spagna, 2000.

Lesueur D., "The colloidal structure of bitumen: Consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification", *International Journal on Advances in colloid and interface science*, vol. 145, pp 42-82, 2009.

Liebenberg J. J. E., Visser A. T., "Towards a mechanistic structural design procedure for emulsion-treated base layers", *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, Vol. 46(3), pp. 2-8, 2004.

Long F., Theyse H., "Mechanical-empirical structural design models for foamed and emulsified bitumen treated materials", 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 2004.

Pasquini E., Bocci M., Canestrari F., "Laboratory characterisation of optimized geocomposites for asphalt pavement reinforcement", *Geosynthetics International*, Vol. 21(1), pp. 24-36, 2014

Pasquini E., Pasetto M., Canestrari F., "Geocomposites against reflective cracking in asphalt pavements: laboratory simulation of a field application", *Road Materials and Pavement Design*, Vol. 16 (4), pp.815-835, 2015.

Theyse H. L., de Beer M., Rust F. C., "Overview of South African mechanistic pavement design method", *Transport Research Record* 1539, 1996.

Theyse H. L., Muthern M. "Pavement analysis and design software (PADS) based on the South African mechanistic-empirical design method", CSIR, Pretoria, 2000.

Yetkin Y., "Polymer modified asphalt binders", *International Journal on Construction and building materials*, vol. 21, pp 66-72, 2007.

Appendice – Output di calcolo del programma BISAR

Project: A22 base hot - cb18 + mc25 + stab30 - 2020-08-31
 Calculated: 31-Aug-2020 11.37.40

System: 1: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph1 - Inverno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	3.68E+03	0.3	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	1.19E+04	0.3	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	3.00E+03	0.3									
4	0.3	1.50E+03	0.3									
5		2.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-02	-9.42E-02	-9.31E-02	-2.17E-02	-1.62E+01	-1.59E+01	9.37E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.19E+01
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.12E-01	-2.98E-01	-5.58E-01	-1.49E+01	-1.02E+01	-1.02E+02	0.00E+00	1.77E+00	7.40E+01
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	1.87E-01	7.37E-02	-1.01E-01	1.64E+01	4.01E+00	-1.50E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.11E+01
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	1.99E-01	1.43E-01	-1.12E-01	1.60E+01	9.85E+00	-1.81E+01	0.00E+00	-1.10E+00	7.00E+01
5	3	0.00E+00	0.00E+00	4.70E-01	4.59E-02	4.01E-02	-2.98E-02	1.43E+01	1.18E+01	-1.85E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.51E+01
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	4.70E-01	4.32E-02	3.63E-02	-2.72E-02	1.35E+01	1.05E+01	-1.70E+01	0.00E+00	-1.79E+00	6.41E+01
7	4	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	3.23E-02	3.10E-02	-7.68E-03	1.69E+01	1.57E+01	-1.78E+01	0.00E+00	0.00E+00	5.94E+01
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	3.10E-02	2.89E-02	-7.38E-03	1.64E+01	1.45E+01	-1.69E+01	0.00E+00	-2.41E+00	5.87E+01
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	3.97E-04	2.29E-04	-7.68E-03	1.69E+01	1.57E+01	-3.96E+01	0.00E+00	0.00E+00	5.94E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	3.64E-04	9.44E-05	-7.38E-03	1.64E+01	1.45E+01	-3.78E+01	0.00E+00	-2.41E+00	5.87E+01

System: 2: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph1 - Primavera

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	1.41E+03	0.35	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	4.28E+03	0.35	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	3.00E+03	0.3									
4	0.3	1.50E+03	0.3									
5		2.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-02	-5.69E-02	-7.98E-02	-2.48E-02	-1.44E+01	-3.63E+01	1.63E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.19E+01
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.19E-01	-3.14E-01	-5.56E-01	-9.98E+00	-5.58E+00	-2.37E+02	0.00E+00	2.24E+00	8.97E+01
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	1.82E-02	-4.07E-02	-1.28E-01	1.81E+01	-5.29E-01	-2.81E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.97E+01
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	2.25E-02	-1.87E-03	-1.53E-01	1.79E+01	1.02E+01	-3.74E+01	0.00E+00	-7.48E-01	7.85E+01
5	3	0.00E+00	0.00E+00	4.70E-01	5.00E-02	4.15E-02	-3.80E-02	1.63E+01	1.26E+01	-2.18E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.26E+01
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	4.70E-01	4.66E-02	3.71E-02	-3.45E-02	1.53E+01	1.12E+01	-1.99E+01	0.00E+00	-1.92E+00	7.13E+01
7	4	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	3.74E-02	3.56E-02	-9.24E-03	1.97E+01	1.81E+01	-2.08E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.59E+01
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	3.57E-02	3.29E-02	-8.84E-03	1.90E+01	1.65E+01	-1.96E+01	0.00E+00	-2.76E+00	6.50E+01
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	2.46E-04	1.86E-05	-9.24E-03	1.97E+01	1.81E+01	-4.67E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.59E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	2.08E-04	-1.49E-04	-8.84E-03	1.90E+01	1.65E+01	-4.43E+01	0.00E+00	-2.76E+00	6.50E+01

System: 3: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph1 - Estate

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	7.09E+02	0.4	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	1.94E+03	0.4	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	3.00E+03	0.3									
4	0.3	1.50E+03	0.3									
5		2.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-02	-3.59E-02	-8.29E-02	-2.75E-02	1.16E+01	-8.12E+01	2.83E+01	0.00E+00	0.00E+00	9.02E+01
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.41E-01	-3.43E-01	-5.54E-01	2.44E+01	2.19E+01	-3.95E+02	0.00E+00	1.77E+00	1.09E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	-5.99E-02	-9.08E-02	-1.42E-01	1.72E+01	-5.09E+00	-4.23E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.59E+01
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	-7.00E-02	-8.14E-02	-1.79E-01	1.75E+01	9.29E+00	-6.08E+01	0.00E+00	-2.94E-01	8.46E+01
5	3	0.00E+00	0.00E+00	4.70E-01	5.07E-02	4.05E-02	-4.34E-02	1.72E+01	1.28E+01	-2.36E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.83E+01
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	4.70E-01	4.69E-02	3.60E-02	-3.93E-02	1.60E+01	1.12E+01	-2.14E+01	0.00E+00	-1.94E+00	7.76E+01
7	4	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	4.08E-02	3.87E-02	-1.04E-02	2.16E+01	1.97E+01	-2.29E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.09E+01
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	3.89E-02	3.56E-02	-9.97E-03	2.08E+01	1.79E+01	-2.15E+01	0.00E+00	-3.01E+00	6.99E+01
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	5.73E-05	-2.09E-04	-1.04E-02	2.16E+01	1.97E+01	-5.18E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.09E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	1.87E-05	-3.95E-04	-9.97E-03	2.08E+01	1.79E+01	-4.91E+01	0.00E+00	-3.01E+00	6.99E+01

System: 4: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph1 - Autunno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	2.77E+03	0.35	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	8.90E+03	0.35	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	3.00E+03	0.3									
4	0.3	1.50E+03	0.3									
5		2.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-02	-8.11E-02	-9.73E-02	-2.31E-02	-1.41E+01	-2.20E+01	1.42E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.40E+01
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.43E-01	-3.35E-01	-5.55E-01	-1.15E+01	-7.28E+00	-1.15E+02	0.00E+00	1.81E+00	7.71E+01
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	1.31E-01	3.80E-02	-1.08E-01	1.75E+01	3.38E+00	-1.88E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.31E+01
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	1.43E-01	9.92E-02	-1.22E-01	1.70E+01	1.03E+01	-2.33E+01	0.00E+00	-1.08E+00	7.19E+01
5	3	0.00E+00	0.00E+00	4.70E-01	4.73E-02	4.09E-02	-3.18E-02	1.49E+01	1.21E+01	-1.94E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.68E+01
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	4.70E-01	4.45E-02	3.69E-02	-2.89E-02	1.40E+01	1.07E+01	-1.78E+01	0.00E+00	-1.83E+00	6.57E+01
7	4	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	3.35E-02	3.20E-02	-8.02E-03	1.75E+01	1.63E+01	-1.85E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.08E+01
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	3.22E-02	2.98E-02	-7.70E-03	1.70E+01	1.50E+01	-1.75E+01	0.00E+00	-2.49E+00	6.01E+01
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	3.78E-04	1.97E-04	-8.02E-03	1.75E+01	1.63E+01	-4.12E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.08E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	3.44E-04	5.39E-05	-7.70E-03	1.70E+01	1.50E+01	-3.93E+01	0.00E+00	-2.49E+00	6.01E+01

Figura A.1: Dati di calcolo della pavimentazione terza corsia con base a caldo (TC1) – fase 1

Project: A22 base hot - cb18 + mc25 + stab30 - 2020-08-31
 Calculated: 31-Aug-2020 11.37.40

System: 5: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph2 - Inverno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. (Shear) Stress		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)						Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.04	3.68E+03		0.3	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	1.19E+04		0.3	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02		0.3									
4	0.3	1.50E+03		0.3									
5		2.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.59E-01	-3.35E-01	-5.55E-01	-2.49E+01	-1.66E+01	-9.42E+01	0.00E+00	2.89E+00	9.90E+01
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	5.22E-01	3.36E-01	-5.98E-02	3.69E+01	1.66E+01	-2.66E+01	0.00E+00	0.00E+00	9.76E+01
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	5.26E-01	4.14E-01	-5.92E-02	3.53E+01	2.30E+01	-2.87E+01	0.00E+00	-3.17E+00	9.50E+01
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	-2.62E-03	-1.04E-02	-5.98E-02	3.69E+01	1.66E+01	-1.12E+02	0.00E+00	0.00E+00	9.76E+01
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	-2.19E-03	-6.91E-03	-5.92E-02	3.53E+01	2.30E+01	-1.13E+02	0.00E+00	-3.17E+00	9.50E+01
7	4	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	3.66E-02	3.52E-02	-1.07E-02	1.95E+01	1.83E+01	-2.15E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.15E+01
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	3.53E-02	3.29E-02	-1.03E-02	1.90E+01	1.69E+01	-2.05E+01	0.00E+00	-2.81E+00	7.04E+01
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	-7.51E-04	-9.27E-04	-1.07E-02	1.95E+01	1.83E+01	-5.02E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.15E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	-7.30E-04	-1.03E-02	-1.03E-02	1.90E+01	1.69E+01	-4.80E+01	0.00E+00	-2.81E+00	7.04E+01

System: 6: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph2 - Primavera

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. (Shear) Stress		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)						Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.04	1.41E+03		0.35	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	4.28E+03		0.35	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02		0.3									
4	0.3	1.50E+03		0.3									
5		2.00E+02		4.00E-01									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.58E-01	-3.44E-01	-5.53E-01	-3.14E+01	-1.76E+01	-2.18E+02	0.00E+00	4.24E+00	1.23E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	2.99E-01	1.60E-01	-8.97E-02	6.40E+01	2.03E+01	-5.85E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.16E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	3.14E-01	2.39E-01	-9.19E-02	6.14E+01	3.75E+01	-6.67E+01	0.00E+00	-4.62E+00	1.12E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	6.30E-05	-1.67E-02	-8.97E-02	6.40E+01	2.03E+01	-1.70E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.16E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	5.71E-04	-8.61E-03	-9.19E-02	6.14E+01	3.75E+01	-1.79E+02	0.00E+00	-4.62E+00	1.12E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	4.54E-02	4.32E-02	-1.30E-02	2.42E+01	2.23E+01	-2.64E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.85E+01
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	4.33E-02	3.97E-02	-1.24E-02	2.34E+01	2.03E+01	-2.49E+01	0.00E+00	-3.40E+00	7.72E+01
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	-7.75E-04	-1.05E-03	-1.30E-02	2.42E+01	2.23E+01	-6.13E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.85E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	-7.56E-04	-1.21E-03	-1.24E-02	2.34E+01	2.03E+01	-5.80E+01	0.00E+00	-3.40E+00	7.72E+01

System: 7: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph2 - Estate

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. (Shear) Stress		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)						Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.04	7.09E+02		0.4	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	1.94E+03		0.4	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02		3.00E-01									
4	0.3	1.50E+03		3.00E-01									
5		2.00E+02		4.00E-01									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.73E-01	-3.66E-01	-5.50E-01	-9.10E+00	4.39E+00	-3.59E+02	0.00E+00	4.48E+00	1.49E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	1.50E-01	5.24E-02	-1.13E-01	9.00E+01	1.92E+01	-9.99E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.29E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	1.68E-01	1.19E-01	-1.21E-01	8.69E+01	5.15E+01	-1.21E+02	0.00E+00	-5.61E+00	1.25E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	4.29E-03	-2.29E-02	-1.13E-01	9.00E+01	1.92E+01	-2.14E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.29E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	4.64E-03	-8.98E-03	-1.21E-01	8.69E+01	5.15E+01	-2.38E+02	0.00E+00	-5.61E+00	1.25E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	5.02E-02	4.74E-02	-1.44E-02	2.69E+01	2.45E+01	-2.92E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.33E+01
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	4.77E-02	4.32E-02	-1.37E-02	2.59E+01	2.20E+01	-2.73E+01	0.00E+00	-3.72E+00	8.18E+01
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	-8.83E-04	-1.23E-03	-1.44E-02	2.69E+01	2.45E+01	-6.79E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.33E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	-8.69E-04	-1.43E-03	-1.37E-02	2.59E+01	2.20E+01	-6.39E+01	0.00E+00	-3.72E+00	8.18E+01

System: 8: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph2 - Autunno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. (Shear) Stress		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)	
		Elasticity (MPa)						Load (kN)	Stress (MPa)					
1	0.04	2.77E+03		3.50E-01	1	1.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	8.90E+03		3.50E-01	2	2.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02		3.00E-01										
4	0.3	1.50E+03		3.00E-01										
5		2.00E+02		4.00E-01										

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.89E-01	-3.71E-01	-5.52E-01	-2.40E+01	-1.50E+01	-1.03E+02	0.00E+00	3.14E+00	1.05E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	4.64E-01	3.01E-01	-6.69E-02	4.30E+01	1.82E+01	-3.76E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.02E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	4.74E-01	3.77E-01	-6.65E-02	4.11E+01	2.63E+01	-4.09E+01	0.00E+00	-3.57E+00	9.92E+01
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	-2.05E-03	-1.16E-02	-6.69E-02	4.30E+01	1.82E+01	-1.26E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.02E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	-1.59E-03	-7.26E-03	-6.65E-02	4.11E+01	2.63E+01	-1.28E+02	0.00E+00	-3.57E+00	9.92E+01
7	4	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	3.90E-02	3.74E-02	-1.13E-02	2.08E+01	1.94E+01	-2.28E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.32E+01
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	3.74E-02	3.47E-02	-1.08E-02	2.02E+01	1.78E+01	-2.17E+01	0.00E+00	-2.97E+00	7.21E+01
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	-7.40E-04	-9.38E-04	-1.13E-02	2.08E+01	1.94E+01	-5.31E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.32E+01

Project: A22 base hot - cb18 + mc25 + stab30 - 2020-08-31 - Ph3
 Calculated: 31-Aug-2020 11.44.41

System: 1: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph3 - Inverno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	3.68E+03	0.3	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	1.19E+04	0.3	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02	0.3									
4	0.3	4.00E+02	0.3									
5		2.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-02	-1.61E-01	-1.49E-01	-1.88E-02	-3.00E+01	-2.58E+01	2.01E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.15E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.73E-01	-3.48E-01	-5.55E-01	-2.77E+01	-1.90E+01	-9.20E+01	0.00E+00	3.29E+00	1.15E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	5.83E-01	3.95E-01	-5.26E-02	4.04E+01	1.98E+01	-2.91E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	5.85E-01	4.69E-01	-5.28E-02	3.87E+01	2.60E+01	-3.10E+01	0.00E+00	-3.67E+00	1.14E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	2.91E-03	-4.98E-03	-5.26E-02	4.04E+01	1.98E+01	-1.04E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.11E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	2.90E-03	-1.97E-03	-5.28E-02	3.87E+01	2.60E+01	-1.06E+02	0.00E+00	-3.67E+00	1.11E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	4.70E-01	4.44E-03	3.29E-03	-2.50E-02	2.74E+01	2.36E+01	-6.83E+01	0.00E+00	0.00E+00	9.42E+01
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	4.70E-01	4.26E-03	2.72E-03	-2.33E-02	2.61E+01	2.11E+01	-6.35E+01	0.00E+00	-3.59E+00	9.22E+01
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	1.79E-04	-4.50E-05	-1.23E-02	2.55E+01	2.40E+01	-6.17E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.84E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	1.67E-04	-2.10E-04	-1.18E-02	2.49E+01	2.22E+01	-5.89E+01	0.00E+00	-3.68E+00	7.73E+01

System: 2: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph3 - Primavera

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	1.41E+03	0.35	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	4.28E+03	0.35	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02	0.3									
4	0.3	4.00E+02	0.3									
5		2.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-02	-1.12E-01	-1.23E-01	-2.19E-02	-4.36E+01	-5.38E+01	4.28E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.39E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.69E-01	-3.53E-01	-5.53E-01	-3.67E+01	-2.18E+01	-2.13E+02	0.00E+00	4.98E+00	1.44E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	3.39E-01	1.99E-01	-8.16E-02	6.95E+01	2.54E+01	-6.30E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	3.52E-01	2.74E-01	-8.48E-02	6.67E+01	4.22E+01	-7.10E+01	0.00E+00	-5.40E+00	1.33E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	7.40E-03	-9.56E-03	-8.16E-02	6.95E+01	2.54E+01	-1.62E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	7.25E-03	-2.20E-03	-8.48E-02	6.67E+01	4.22E+01	-1.73E+02	0.00E+00	-5.40E+00	1.33E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	4.70E-01	6.51E-03	4.32E-03	-3.50E-02	3.93E+01	3.21E+01	-9.55E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+02
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	4.70E-01	6.17E-03	3.41E-03	-3.22E-02	3.70E+01	2.80E+01	-8.76E+01	0.00E+00	-4.85E+00	1.05E+02
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	5.07E-04	1.41E-04	-1.53E-02	3.29E+01	3.04E+01	-7.80E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.70E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	4.79E-04	-1.21E-04	-1.46E-02	3.18E+01	2.76E+01	-7.37E+01	0.00E+00	-4.64E+00	8.54E+01

System: 3: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph3 - Estate

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	7.09E+02	0.4	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	1.94E+03	0.4	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02	0.3									
4	0.3	4.00E+02	0.3									
5		2.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-02	-8.05E-02	-1.16E-01	-2.50E-02	-3.39E+01	-1.05E+02	7.58E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.58E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-3.82E-01	-3.74E-01	-5.50E-01	-1.71E+01	-1.69E+00	-3.50E+02	0.00E+00	5.56E+00	1.72E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	1.74E-01	7.52E-02	-1.05E-01	9.56E+01	2.46E+01	-1.05E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.53E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	1.90E-01	1.40E-01	-1.14E-01	9.24E+01	5.64E+01	-1.27E+02	0.00E+00	-6.42E+00	1.48E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	1.17E-02	-1.57E-02	-1.05E-01	9.56E+01	2.46E+01	-2.07E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.53E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	1.13E-02	-2.53E-03	-1.14E-01	9.24E+01	5.64E+01	-2.33E+02	0.00E+00	-6.42E+00	1.48E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	4.70E-01	7.84E-03	4.61E-03	-4.23E-02	4.78E+01	3.74E+01	-1.15E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+02
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	4.70E-01	7.35E-03	3.50E-03	-3.86E-02	4.47E+01	3.22E+01	-1.05E+02	0.00E+00	-5.62E+00	1.13E+02
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	6.15E-04	1.32E-04	-1.73E-02	3.75E+01	3.41E+01	-8.82E+01	0.00E+00	0.00E+00	9.24E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	5.73E-04	-1.98E-04	-1.64E-02	3.61E+01	3.07E+01	-8.28E+01	0.00E+00	-5.19E+00	9.05E+01

System: 4: A22 - 3a corsia con base a caldo - 2020-08-31 - Ph3 - Autunno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	2.77E+03	0.35	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	8.90E+03	0.35	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02	0.3									
4	0.3	4.00E+02	0.3									
5		2.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-02	-1.46E-01	-1.52E-01	-2.02E-02	-3.11E+01	-3.38E+01	3.04E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	4.00E-02	-4.03E-01	-3.83E-01	-5.52E-01	-2.73E+01	-1.77E+01	-9.98E+01	0.00E+00	3.61E+00	1.21E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	5.23E-01	3.58E-01	-5.94E-02	4.70E+01	2.20E+01	-4.13E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	5.29E-01	4.29E-01	-5.99E-02	4.50E+01	2.98E+01	-4.44E+01	0.00E+00	-4.14E+00	1.16E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-01	3.99E-03	-5.64E-03	-5.94E-02	4.70E+01	2.20E+01	-1.18E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.20E-01	3.94E-03	-1.91E-03	-5.99E-02	4.50E+01	2.98E+01	-1.21E+02	0.00E+00	-4.14E+00	1.16E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	4.70E-01	4.99E-03	3.63E-03	-2.74E-02	3.03E+01	2.59E+01	-7.50E+01	0.00E+00	0.00E+00	9.77E+01
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	4.70E-01	4.78E-03	2.97E-03	-2.55E-02	2.88E+01	2.30E+01	-6.95E+01	0.00E+00	-3.92E+00	9.55E+01
9	5	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01	2.83E-04	2.71E-05	-1.31E-02	2.75E+01	2.57E+01	-6.59E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.07E+01
10	5	0.00E+00	-1.58E-01	7.70E-01	2.68E-04	-1.62E-04	-1.25E-02	2.67E+01	2.37E+01	-6.29E+01	0.00E+00	-3.94E+00	7.94E+01

Figura A.3: Dati di calcolo della pavimentazione terza corsia con base a caldo (TC1) – fase 3

Project: A22 base cold - cb8 + em16 + mc25 + stab30 - 2020-08-31
 Calculated: 31-Aug-2020 11.54.48

System: 1: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph1 - Inverno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical			Horz. (Shear)			Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)				Load (kN)	Stress (MPa)	Stress (MPa)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.04	3.68E+03		0.3		1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	1.19E+04		0.3		2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	6.38E+03		0.3											
4	0.25	3.00E+03		0.3											
5	0.3	1.50E+03		0.3											
6		2.00E+02		0.4											

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress (MPa)			Strain (µstrain)			Displacement (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	-7.80E-03	-1.88E-01	-1.44E-01	7.72E+00	-1.20E+01	-7.16E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.84E+01
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	4.01E-02	1.42E-02	-3.12E-01	1.09E+01	8.06E+00	-2.76E+01	0.00E+00	2.53E-01	6.87E+01
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	7.84E-02	3.84E-02	-8.60E-02	1.45E+01	6.37E+00	-1.90E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.55E+01
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	7.56E-02	4.93E-02	-8.57E-02	1.36E+01	8.20E+00	-1.93E+01	0.00E+00	-1.17E+00	6.43E+01
5	4	0.00E+00	0.00E+00	5.30E-01	4.09E-02	3.65E-02	-2.48E-02	1.25E+01	1.06E+01	-1.60E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.02E+01
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.30E-01	3.86E-02	3.30E-02	-2.28E-02	1.18E+01	9.41E+00	-1.47E+01	0.00E+00	-1.60E+00	5.94E+01
7	5	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	2.81E-02	2.70E-02	-6.68E-03	1.47E+01	1.37E+01	-1.55E+01	0.00E+00	0.00E+00	5.53E+01
8	5	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	2.71E-02	2.53E-02	-6.44E-03	1.43E+01	1.28E+01	-1.48E+01	0.00E+00	-2.11E+00	5.47E+01
9	6	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	3.49E-04	2.17E-04	-6.68E-03	1.47E+01	1.37E+01	-3.45E+01	0.00E+00	0.00E+00	5.53E+01
10	6	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	3.20E-04	1.04E-04	-6.44E-03	1.43E+01	1.28E+01	-3.30E+01	0.00E+00	-2.11E+00	5.47E+01

System: 2: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph1 - Primavera

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical			Horz. (Shear)			Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)				Load (kN)	Stress (MPa)	Stress (MPa)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.04	1.41E+03		0.35		1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	4.19E+03		0.35		2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	2.37E+03		0.35											
4	0.25	3.00E+03		0.3											
5	0.3	1.50E+03		0.3											
6		2.00E+02		0.4											

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress (MPa)			Strain (µstrain)			Displacement (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	8.41E-04	-1.79E-01	-1.57E-01	2.82E+01	-2.96E+01	-2.25E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.25E+01
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	4.80E-02	1.84E-02	-3.21E-01	3.68E+01	2.72E+01	-8.22E+01	0.00E+00	2.88E-02	8.51E+01
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	-1.98E-02	-3.91E-02	-1.13E-01	1.41E+01	3.12E+00	-3.90E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.51E+01
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	-2.01E-02	-3.14E-02	-1.15E-01	1.31E+01	6.65E+00	-4.08E+01	0.00E+00	-7.76E-01	7.35E+01
5	4	0.00E+00	0.00E+00	5.30E-01	4.46E-02	3.83E-02	-3.33E-02	1.44E+01	1.16E+01	-1.94E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.88E+01
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.30E-01	4.17E-02	3.39E-02	-3.00E-02	1.35E+01	1.01E+01	-1.76E+01	0.00E+00	-1.75E+00	6.76E+01
7	5	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	3.40E-02	3.24E-02	-8.44E-03	1.78E+01	1.65E+01	-1.89E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.28E+01
8	5	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	3.25E-02	3.00E-02	-8.09E-03	1.73E+01	1.51E+01	-1.79E+01	0.00E+00	-2.53E+00	6.20E+01
9	6	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	1.96E-04	4.11E-06	-8.44E-03	1.78E+01	1.65E+01	-4.26E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.28E+01
10	6	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	1.63E-04	-1.44E-04	-8.09E-03	1.73E+01	1.51E+01	-4.05E+01	0.00E+00	-2.53E+00	6.20E+01

System: 3: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph1 - Estate

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical			Horz. (Shear)			Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)				Load (kN)	Stress (MPa)	Stress (MPa)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.04	7.09E+02		0.4		1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	1.84E+03		0.4		2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	1.12E+03		0.4											
4	0.25	3.00E+03		0.3											
5	0.3	1.50E+03		0.3											
6		2.00E+02		0.4											

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress (MPa)			Strain (µstrain)			Displacement (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	8.37E-03	-1.67E-01	-1.64E-01	7.66E+01	-5.72E+01	-5.45E+01	0.00E+00	0.00E+00	9.66E+01
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	5.14E-02	1.84E-02	-3.26E-01	9.47E+01	6.96E+01	-1.92E+02	0.00E+00	-1.34E+00	1.04E+02
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	-7.06E-02	-8.07E-02	-1.30E-01	1.22E+01	-4.33E-01	-6.20E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.21E+01
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	-7.13E-02	-7.67E-02	-1.33E-01	1.12E+01	4.45E+00	-6.58E+01	0.00E+00	-3.09E-01	8.03E+01
5	4	0.00E+00	0.00E+00	5.30E-01	4.57E-02	3.80E-02	-3.93E-02	1.54E+01	1.20E+01	-2.15E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.53E+01
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.30E-01	4.23E-02	3.31E-02	-3.53E-02	1.43E+01	1.03E+01	-1.93E+01	0.00E+00	-1.81E+00	7.39E+01
7	5	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	3.82E-02	3.63E-02	-9.81E-03	2.02E+01	1.85E+01	-2.14E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.85E+01
8	5	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	3.65E-02	3.35E-02	-9.39E-03	1.95E+01	1.69E+01	-2.02E+01	0.00E+00	-2.83E+00	6.76E+01
9	6	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	2.22E-05	-2.11E-04	-9.81E-03	2.02E+01	1.85E+01	-4.87E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.85E+01
10	6	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	-1.08E-05	-3.82E-04	-9.39E-03	1.95E+01	1.69E+01	-4.62E+01	0.00E+00	-2.83E+00	6.76E+01

System: 4: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph1 - Autunno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical			Horz. (Shear)			Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)				Load (kN)	Stress (MPa)	Stress (MPa)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.04	2.77E+03		0.35		1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	8.88E+03		0.35		2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	4.81E+03		0.35											
4	0.25	3.00E+03		0.3											
5	0.3	1.50E+03		0.3											
6		2.00E+02		0.4											

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress (MPa)			Strain (µstrain)			Displacement (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	-3.89E-03	-1.88E-01	-1.48E-01	1.28E+01	-1.52E+01	-9.14E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.15E+01
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	4.90E-02	1.91E-02	-3.11E-01	1.70E+01	1.25E+01	-3.77E+01	0.00E+00	1.37E-01	7.22E+01
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	4.39E-02	1.15E-02	-9.38E-02	1.51E+01	6.03E+00	-2.35E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.78E+01
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	4.25E-02	2.16E-02	-9.38E-02	1.41E+01	8.23E+00	-2.42E+01	0.00E+00	-1.14E+00	6.65E+01
5	4	0.00E+00	0.00E+00	5.30E-01	4.24E-02	3.75E-02	-2.69E-02	1.31E+01	1.10E+01	-1.70E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.22E+01

Project: A22 base cold - cb8 + em16 + mc25 + stab30 - 2020-08-31
 Calculated: 31-Aug-2020 11.54.48

System: 5: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph2 - Inverno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	3.68E+03	0.3	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	1.19E+04	0.3	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	6.38E+03	0.3									
4	0.25	5.00E+02	0.3									
5	0.3	1.50E+03	0.3									
6		2.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	1.50E-02	-1.64E-01	-1.24E-01	8.54E+00	-1.10E+01	-6.70E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.09E+01
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	6.18E-02	3.57E-02	-2.93E-01	1.17E+01	8.84E+00	-2.71E+01	0.00E+00	1.13E-01	9.00E+01
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	2.73E-01	1.98E-01	-4.99E-02	3.59E+01	2.05E+01	-3.00E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.76E+01
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	2.62E-01	2.05E-01	-4.78E-02	3.36E+01	2.21E+01	-2.94E+01	0.00E+00	-3.42E+00	8.53E+01
5	4	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	1.69E-03	-4.24E-03	-4.99E-02	3.59E+01	2.05E+01	-9.84E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.76E+01
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	1.60E-03	-2.84E-03	-4.78E-02	3.36E+01	2.21E+01	-9.49E+01	0.00E+00	-3.42E+00	8.53E+01
7	5	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	3.10E-02	3.00E-02	-9.01E-03	1.65E+01	1.56E+01	-1.82E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.54E+01
8	5	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	3.00E-02	2.81E-02	-8.70E-03	1.61E+01	1.45E+01	-1.74E+01	0.00E+00	-2.40E+00	6.46E+01
9	6	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	-6.00E-04	-7.32E-04	-9.01E-03	1.65E+01	1.56E+01	-4.24E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.54E+01
10	6	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	-5.87E-04	-8.12E-04	-8.70E-03	1.61E+01	1.45E+01	-4.07E+01	0.00E+00	-2.40E+00	6.46E+01

System: 6: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph2 - Primavera

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	1.41E+03	0.35	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	4.19E+03	0.35	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	2.37E+03	0.35									
4	0.25	5.00E+02	0.3									
5	0.3	1.50E+03	3.00E-01									
6		2.00E+02	4.00E-01									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	1.69E-02	-1.59E-01	-1.37E-01	2.88E+01	-2.80E+01	-2.08E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+02
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	6.34E-02	3.49E-02	-3.02E-01	3.74E+01	2.82E+01	-8.02E+01	0.00E+00	-1.84E-01	1.14E+02
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	1.46E-01	9.09E-02	-7.70E-02	5.95E+01	2.82E+01	-6.75E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+02
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	1.41E-01	1.02E-01	-7.43E-02	5.53E+01	3.34E+01	-6.73E+01	0.00E+00	-4.95E+00	1.02E+02
5	4	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	4.35E-03	-7.69E-03	-7.70E-02	5.95E+01	2.82E+01	-1.52E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+02
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	4.07E-03	-4.37E-03	-7.43E-02	5.53E+01	3.34E+01	-1.48E+02	0.00E+00	-4.95E+00	1.02E+02
7	5	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	3.94E-02	3.76E-02	-1.13E-02	2.10E+01	1.95E+01	-2.29E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.32E+01
8	5	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	3.77E-02	3.48E-02	-1.08E-02	2.03E+01	1.79E+01	-2.17E+01	0.00E+00	-2.98E+00	7.20E+01
9	6	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	-6.77E-04	-8.91E-04	-1.13E-02	2.10E+01	1.95E+01	-5.33E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.32E+01
10	6	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	-6.65E-04	-1.02E-03	-1.08E-02	2.03E+01	1.79E+01	-5.07E+01	0.00E+00	-2.98E+00	7.20E+01

System: 7: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph2 - Estate

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	7.09E+02	0.4	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	1.84E+03	0.4	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	1.12E+03	4.00E-01									
4	0.25	5.00E+02	3.00E-01									
5	0.3	1.50E+03	3.00E-01									
6		2.00E+02	4.00E-01									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	1.69E-02	-1.55E-01	-1.48E-01	7.49E+01	-5.57E+01	-5.03E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.35E+02
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	5.98E-02	2.88E-02	-3.09E-01	9.33E+01	6.98E+01	-1.87E+02	0.00E+00	-1.47E+00	1.39E+02
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	5.78E-02	1.94E-02	-9.90E-02	8.00E+01	3.20E+01	-1.16E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.19E+02
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	5.70E-02	3.15E-02	-9.66E-02	7.41E+01	4.23E+01	-1.18E+02	0.00E+00	-5.96E+00	1.14E+02
5	4	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	6.82E-03	-1.16E-02	-9.90E-02	8.00E+01	3.20E+01	-1.95E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.19E+02
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	6.29E-03	-5.97E-03	-9.66E-02	7.41E+01	4.23E+01	-1.94E+02	0.00E+00	-5.96E+00	1.14E+02
7	5	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	4.46E-02	4.24E-02	-1.29E-02	2.39E+01	2.19E+01	-2.60E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.87E+01
8	5	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	4.25E-02	3.88E-02	-1.23E-02	2.30E+01	1.98E+01	-2.45E+01	0.00E+00	-3.34E+00	7.73E+01
9	6	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	-8.19E-04	-1.10E-03	-1.29E-02	2.39E+01	2.19E+01	-6.05E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.87E+01
10	6	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	-8.08E-04	-1.27E-03	-1.23E-02	2.30E+01	1.98E+01	-5.72E+01	0.00E+00	-3.34E+00	7.73E+01

System: 8: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph2 - Autunno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. Load (kN)	Horz. Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.04	2.77E+03	3.50E-01	1	1.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01
2	0.08	8.88E+03	3.50E-01	2	2.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01
3	0.16	4.81E+03	3.50E-01									
4	0.25	5.00E+02	3.00E-01									
5	0.3	1.50E+03	3.00E-01									
6		2.00E+02	4.00E-01									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	1.89E-02	-1.63E-01	-1.28E-01	1.36E+01	-1.41E+01	-8.73E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.65E+01
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	7.06E-02	4.11E-02	-2.91E-01	1.78E+01	1.33E+01	-3.72E+01	0.00E+00	-2.09E-02	9.57E+01
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	2.41E-01	1.75E-01	-5.64E-02	4.15E+01	2.29E+01	-4.20E+01	0.00E+00	0.00E+00	9.20E+01
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	2.31E-01	1.82E-01	-5.40E-02	3.88E+01	2.50E+01	-4.13E+01	0.00E+00	-3.84E+00	8.94E+01
5	4	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	2.42E-03	-4.76E-03	-5.64E-02	4.15E+01	2.29E+01	-1.11E+02	0.00E+00	0.00E+00	9.20E+01
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	2.28E-03	-3.05E-03	-5.40E-02	3.88E+01	2.50E+01	-1.08E+02	0.00E+00	-3.84E+00	8.94E+01
7	5	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	3.33E-02	3.21E-02	-9.59E-03	1.77E+01	1.66E+01	-1.95E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.74E+01
8	5	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	3.21E-02	3.00E-02	-9.24E-03	1.72E+01	1.54E+01	-1.86E+01	0.00E+00	-2.56E+00	6.65E+01
9	6	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	-5.98E-04	-7.50E-04	-9.59E-03	1.77E+01	1.66E+01	-4.53E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.74E+01
10	6	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	-5.78E-04	-8.39E							

Project: A22 base cold - cb8 + em16 + mc25 + stab30 - 2020-08-31 - Ph3
 Calculated: 31-Aug-2020 11.58.07

System: 1: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph3 - Inverno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)						Stress (MPa)	Stress (MPa)				
1	0.04	3.68E+03		0.3	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	1.19E+04		0.3	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	6.38E+03		0.3									
4	0.25	5.00E+02		0.3									
5	0.3	4.00E+02		0.3									
6		2.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	1.43E-02	-1.65E-01	-1.22E-01	8.44E+00	-1.11E+01	-6.49E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+02
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	6.12E-02	3.56E-02	-2.91E-01	1.16E+01	8.79E+00	-2.69E+01	0.00E+00	1.23E-01	1.03E+02
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	3.07E-01	2.30E-01	-4.37E-02	3.93E+01	2.37E+01	-3.21E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.01E+02
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	2.94E-01	2.36E-01	-4.22E-02	3.69E+01	2.51E+01	-3.15E+01	0.00E+00	-3.92E+00	9.84E+01
5	4	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	6.78E-03	7.90E-04	-4.37E-02	3.93E+01	2.37E+01	-9.19E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.01E+02
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	6.33E-03	1.77E-03	-4.22E-02	3.69E+01	2.51E+01	-8.93E+01	0.00E+00	-3.92E+00	9.84E+01
7	5	0.00E+00	0.00E+00	5.30E-01	4.65E-03	3.77E-03	-2.02E-02	2.40E+01	2.11E+01	-5.68E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.43E+01
8	5	0.00E+00	-1.58E-01	5.30E-01	4.46E-03	3.24E-03	-1.89E-02	2.29E+01	1.89E+01	-5.31E+01	0.00E+00	-3.21E+00	8.28E+01
9	6	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	2.79E-04	1.12E-04	-1.02E-02	2.15E+01	2.04E+01	-5.17E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.12E+01
10	6	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	2.63E-04	-2.28E-05	-9.83E-03	2.10E+01	1.90E+01	-4.96E+01	0.00E+00	-3.14E+00	7.03E+01

System: 2: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph3 - Primavera

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)						Stress (MPa)	Stress (MPa)				
1	0.04	1.41E+03		0.35	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	4.19E+03		0.35	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	2.37E+03		0.35									
4	0.25	5.00E+02		0.3									
5	0.3	4.00E+02		0.3									
6		2.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	1.43E-02	-1.62E-01	-1.35E-01	2.82E+01	-2.85E+01	-1.99E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.32E+02
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	6.11E-02	3.31E-02	-3.00E-01	3.68E+01	2.78E+01	-7.94E+01	0.00E+00	-1.10E-01	1.31E+02
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	1.69E-01	1.13E-01	-6.95E-02	6.46E+01	3.31E+01	-7.09E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.23E+02
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	1.62E-01	1.23E-01	-6.77E-02	6.03E+01	3.79E+01	-7.07E+01	0.00E+00	-5.70E+00	1.19E+02
5	4	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	1.12E-02	-9.43E-04	-6.95E-02	6.46E+01	3.31E+01	-1.45E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.23E+02
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	1.04E-02	1.76E-03	-6.77E-02	6.03E+01	3.79E+01	-1.43E+02	0.00E+00	-5.70E+00	1.19E+02
7	5	0.00E+00	0.00E+00	5.30E-01	6.55E-03	4.87E-03	-2.91E-02	3.45E+01	2.90E+01	-8.12E+01	0.00E+00	0.00E+00	9.80E+01
8	5	0.00E+00	-1.58E-01	5.30E-01	6.21E-03	3.99E-03	-2.68E-02	3.27E+01	2.54E+01	-7.47E+01	0.00E+00	-4.39E+00	9.56E+01
9	6	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	5.53E-04	2.69E-04	-1.31E-02	2.85E+01	2.65E+01	-6.72E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.02E+01
10	6	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	5.23E-04	5.03E-05	-1.26E-02	2.76E+01	2.43E+01	-6.39E+01	0.00E+00	-4.05E+00	7.89E+01

System: 3: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph3 - Estate

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)						Stress (MPa)	Stress (MPa)				
1	0.04	7.09E+02		0.4	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	1.84E+03		0.4	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	1.12E+03		0.4									
4	0.25	5.00E+02		0.3									
5	0.3	4.00E+02		0.3									
6		2.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	1.31E-02	-1.58E-01	-1.46E-01	7.31E+01	-5.72E+01	-4.75E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.56E+02
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	5.63E-02	2.60E-02	-3.07E-01	9.16E+01	6.86E+01	-1.85E+02	0.00E+00	-1.25E+00	1.59E+02
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	7.18E-02	3.34E-02	-9.14E-02	8.48E+01	3.68E+01	-1.19E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.44E+02
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	7.01E-02	4.44E-02	-9.01E-02	7.89E+01	4.68E+01	-1.21E+02	0.00E+00	-6.70E+00	1.34E+02
5	4	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	1.35E-02	-4.97E-03	-9.14E-02	8.48E+01	3.68E+01	-1.88E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.40E+02
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	1.24E-02	1.04E-04	-9.01E-02	7.89E+01	4.68E+01	-1.88E+02	0.00E+00	-6.70E+00	1.34E+02
7	5	0.00E+00	0.00E+00	5.30E-01	7.61E-03	5.14E-03	-3.62E-02	4.23E+01	3.43E+01	-1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+02
8	5	0.00E+00	-1.58E-01	5.30E-01	7.16E-03	4.02E-03	-3.31E-02	3.97E+01	2.95E+01	-9.11E+01	0.00E+00	-5.15E+00	1.05E+02
9	6	0.00E+00	0.00E+00	8.30E-01	6.29E-04	2.39E-04	-1.53E-02	3.32E+01	3.05E+01	-7.81E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.65E+01
10	6	0.00E+00	-1.58E-01	8.30E-01	5.88E-04	-4.50E-05	-1.45E-02	3.21E+01	2.77E+01	-7.37E+01	0.00E+00	-4.65E+00	8.49E+01

System: 4: A22 - 3a corsia con base a freddo - 2020-08-31 - Ph3 - Autunno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Shear Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)						Stress (MPa)	Stress (MPa)				
1	0.04	2.77E+03		0.35	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.08	8.88E+03		0.35	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.16	4.81E+03		0.35									
4	0.25	5.00E+02		0.3									
5	0.3	4.00E+02		0.3									
6		2.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX (MPa)	Stress YY (MPa)	Stress ZZ (MPa)	Strain XX (µstrain)	Strain YY (µstrain)	Strain ZZ (µstrain)	Displacement UX (µm)	Displacement UY (µm)	Displacement UZ (µm)
1	2	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	1.77E-02	-1.64E-01	-1.26E-01	1.34E+01	-1.42E+01	-8.40E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.11E+02
2	2	0.00E+00	-1.58E-01	1.20E-01	6.97E-02	4.06E-02	-2.89E-01	1.76E+01	1.32E+01	-3.69E+01	0.00E+00	-1.27E-03	1.10E+02
3	3	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	2.73E-01	2.06E-01	-4.98E-02	4.54E+01	2.66E+01	-4.52E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+02
4	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	2.62E-01	2.12E-01	-4.81E-02	4.26E+01	2.84E+01	-4.45E+01	0.00E+00	-4.41E+00	1.04E+02
5	4	0.00E+00	0.00E+00	2.80E-01	8.01E-03	7.65E-04	-4.98E-02	4.54E+01	2.66E+01	-1.05E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+02
6	4	0.00E+00	-1.58E-01	2.80E-01	7.47E-03	2.01E-03	-4.81E-02	4.26E+01	2.84E+01	-1.02E+02	0.00E+00	-4.41E+00	1.04E+02
7	5	0.00E+00	0.00E+00	5.30E-01	5.20E-03	4.14E-03	-2.23E-02</						