

**Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena**



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



LO STUDIO SULLA PAVIMENTAZIONE STRADALE



Ing. Enrico Ortolani – Ing. Roberto Cancellieri
CGS Consolidamenti

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



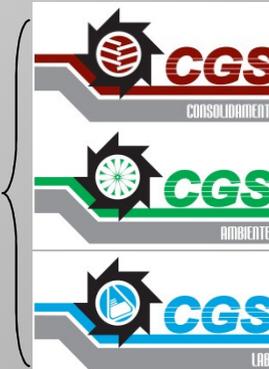
CGS GROUP SPA

CGS Consolidamenti Srl

- CGS Ambiente

- CGS LAB

100%



CGS Energia Srl

100%



CGS Consolidamenti Romania Srl

100%



CGS Middle East LLC

100%



Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



CGS CONSOLIDAMENTI SRL

Le nostre lavorazioni

Stabilizzazioni a calce e a cemento

Misti cementati in sito

Stabilizzazioni binarie

Bitumi schiumati

Riciclati a freddo

Riciclati da impianto

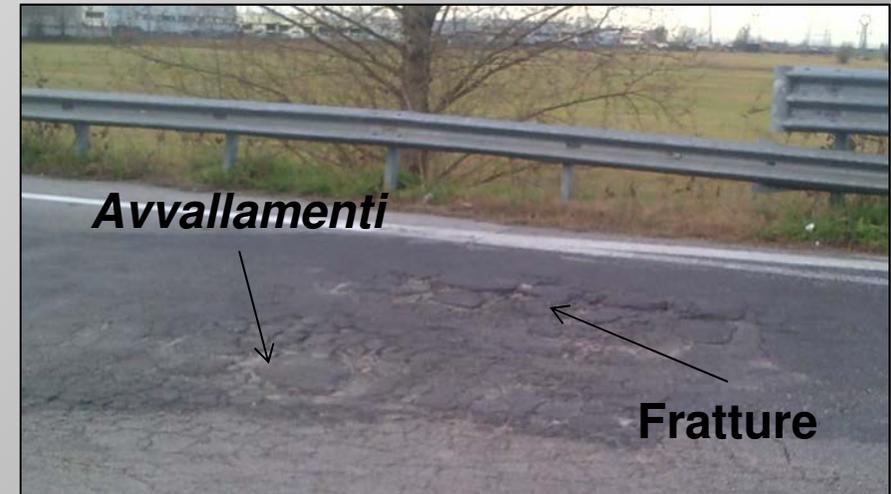
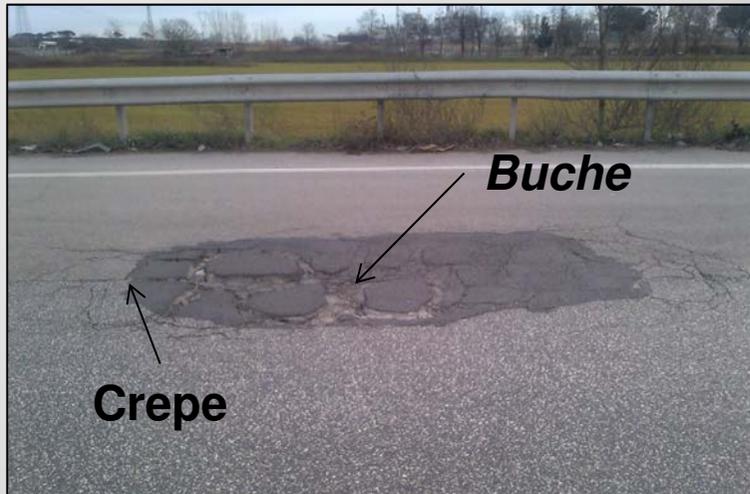
Stabilizzazioni con resine e polimeri

Bonifiche di siti inquinati



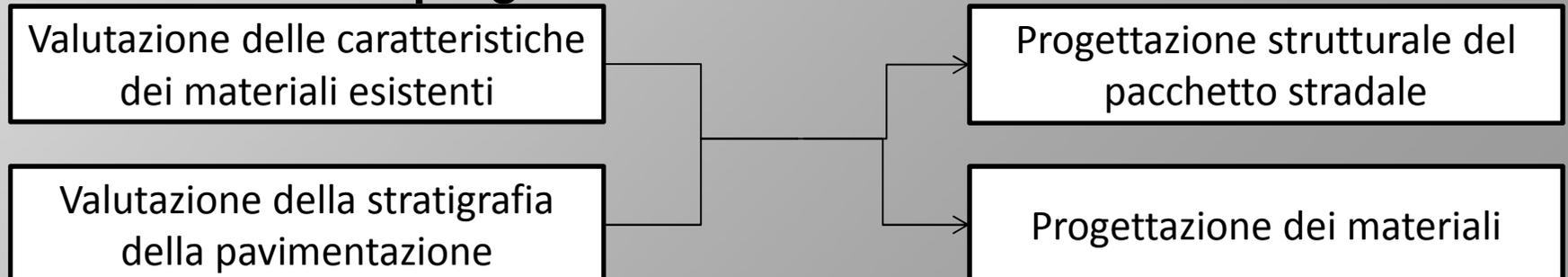
LA PROGETTAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

Durate la sua vita utile ogni strada incorre in ammaloramenti dovuti al traffico soprattutto pesante:



Spesso si posiziona il nuovo asfalto sul vecchio
gli ammaloramenti si ripropongono in breve tempo

Procedura di progettazione di un intervento di manutenzione



Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



LA PROGETTAZIONE DELLA MANUTENZIONE DELLA S.P.3 DEL RABBI

FASE 1:

1 – Rilievo ad alto rendimento

- HWD: caratteristiche prestazionali di ogni strato

2 – Pozzetto esplorativo per

- valutazione della stratigrafia,
- prelievo di campioni dei materiali
- valutazione della portanza con LWD

RACCOLTA DATI E
MATERIALI IN SITO:

FASE 2:

3 – Prequalifica dei materiali e individuazione delle miscele da mettere in opera

4 – Verifica della pavimentazione proposta secondo i carichi di traffico dell'infrastruttura utilizzando metodi di calcolo razionali

ANALISI DI DATI
E MATERIALI

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



FASE 1: POZZETTO ESPLORATIVO (1/2)



1 - Pozzetto esplorativo eseguito con miniescavatore



2 - Valutazione della portanza degli strati con LWD



3 - Prelievo di campioni di materiale da ogni strato



4 - Valutazione della stratigrafia

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

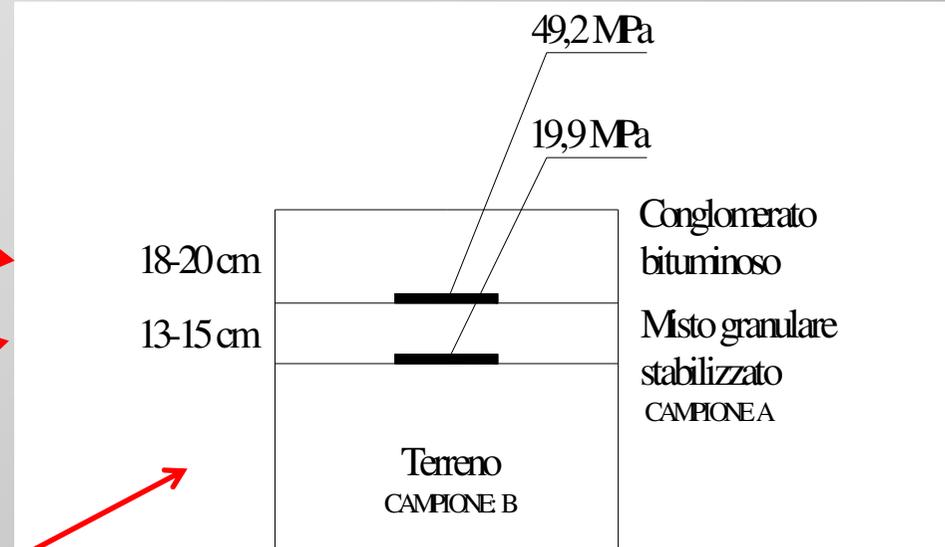
Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna

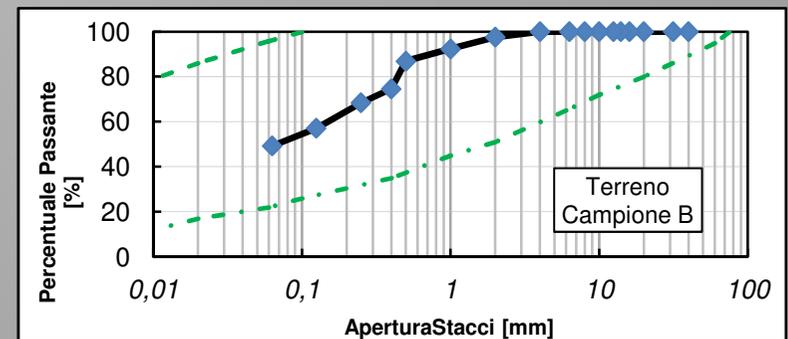
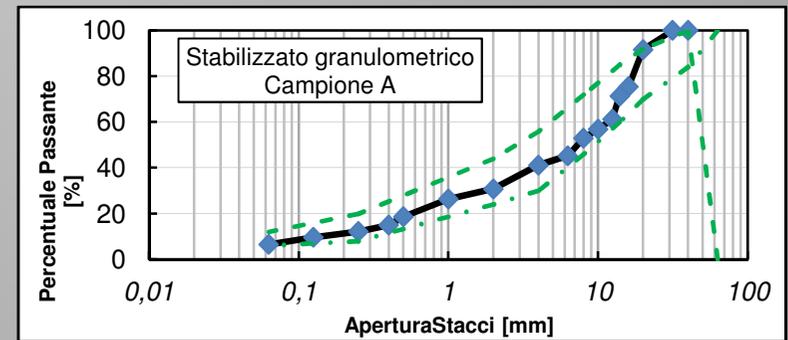


FASE 1: POZZETTO ESPLORATIVO (2/2)



CAMPIONE	LIMITI		CLASSIFICA (CNR UNI 10006)	UMIDITA' W %
	LL	IP		
A	N.D.	N.P.	A1-a	8,22
B	39%	14%	A6	19,60

Indicazioni di miglioramento:
 Campione A: trattamento a cemento
 Campione B: trattamento binario



Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



FASE 1: HWD(1/4)

- Modello: Heavy Weight Deflectometer Dynatest 8082
- Tipo di sondaggio: misura non distruttiva della portanza
- Utilizzi principali: strade, porti, aeroporti



- VANTAGGI

- Misura della portanza automatizzata e rapida (circa 45"/prova)
- I dati acquisiti sono accurati e ripetibili.
- Può essere utilizzato con ogni temperatura di esercizio
- **I parametri ottenuti in back analysis permettono di ottimizzare la manutenzione dell'opera.**



FASE 1: HWD(2/4)

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



• Procedura di prova

0 – Misurazione delle seguenti temperature:

- aria
- strati bituminosi
- superficiale

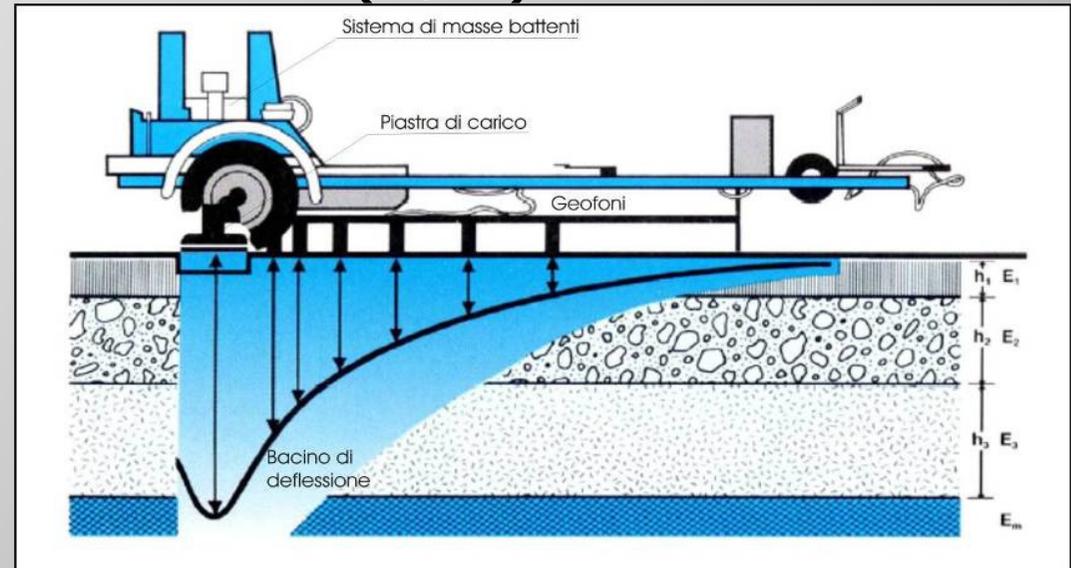
1 – Dopo il posizionamento dello strumento sul punto da testare, la procedura seguente dura circa 45”.

2 – Un peso cade 2 volte al centro della piastra, simulando il passaggio della ruota di un mezzo pesante. Una cella di carico registra la forza ad ogni colpo.

3 – Per ogni caduta 8 geofoni registrano la deflessione della pavimentazione a diverse distanze dal centro della piastra.

4 – Le forze ed le deflessioni vengono registrate nel computer di bordo.

5 – Lo strumento si sposta al successivo punto di misura.



Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



FASE 1: HWD(4/4)

- Limiti di accettabilità

Conglomerati bituminosi
 $E > 2700 \text{ MPa}$

Misto granulare stabilizzato
 $E > 800 \text{ MPa}$

Sottofondo in terreno naturale
 $E > 80 \text{ MPa}$

↓ Dir. Forlì	Dir. Predappio ↑
Conglomerato bituminoso $E > E_{min} = 2700 \text{ MPa}$ N° punti accettabili: 16/33	Conglomerato bituminoso $E > E_{min} = 2700 \text{ MPa}$ N° punti accettabili: 31/33
Misto stabilizzato $E > E_{min} = 800 \text{ MPa}$ N° punti accettabili: 10/33	Misto stabilizzato $E > E_{min} = 800 \text{ MPa}$ N° punti accettabili: 6/33
Terreno di sottofondo $E > E_{min} = 80 \text{ MPa}$ N° punti accettabili: 6/33	Terreno di sottofondo $E > E_{min} = 80 \text{ MPa}$ N° punti accettabili: 3/33

- Osservazioni

1 – Il **sottofondo** presenta scarse caratteristiche portanti: questo comporta grosse deformazioni che si riflettono in superficie come ormaiamenti, deformazioni e crepe.

2 – La **fondazione in stabilizzato granulometrico** presenta in pochi punti valori accettabili: i moduli elastici rilevati, insieme allo spessore esiguo, non sono in grado di sostenere il conglomerato bituminoso sovrastante e di ripartire adeguatamente i carichi sul sottofondo.

3 – I **conglomerati bituminosi** presentano molti valori accettabili, ma essi sono stati ottenuti in corrispondenza di ripristini realizzati negli ultimi 2 anni, pertanto su materiali ancora all'inizio della loro vita utile, mentre nelle altre zone i valori sono molto al di sotto della soglia di riferimento: **in breve tempo anche in queste zone si avrà un decadimento delle caratteristiche** dei materiali con la comparsa dei problemi di ormaiamento e deformazione a causa delle scarse prestazioni di fondazione e sottofondo.

Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena



Forlì
21 maggio
2015

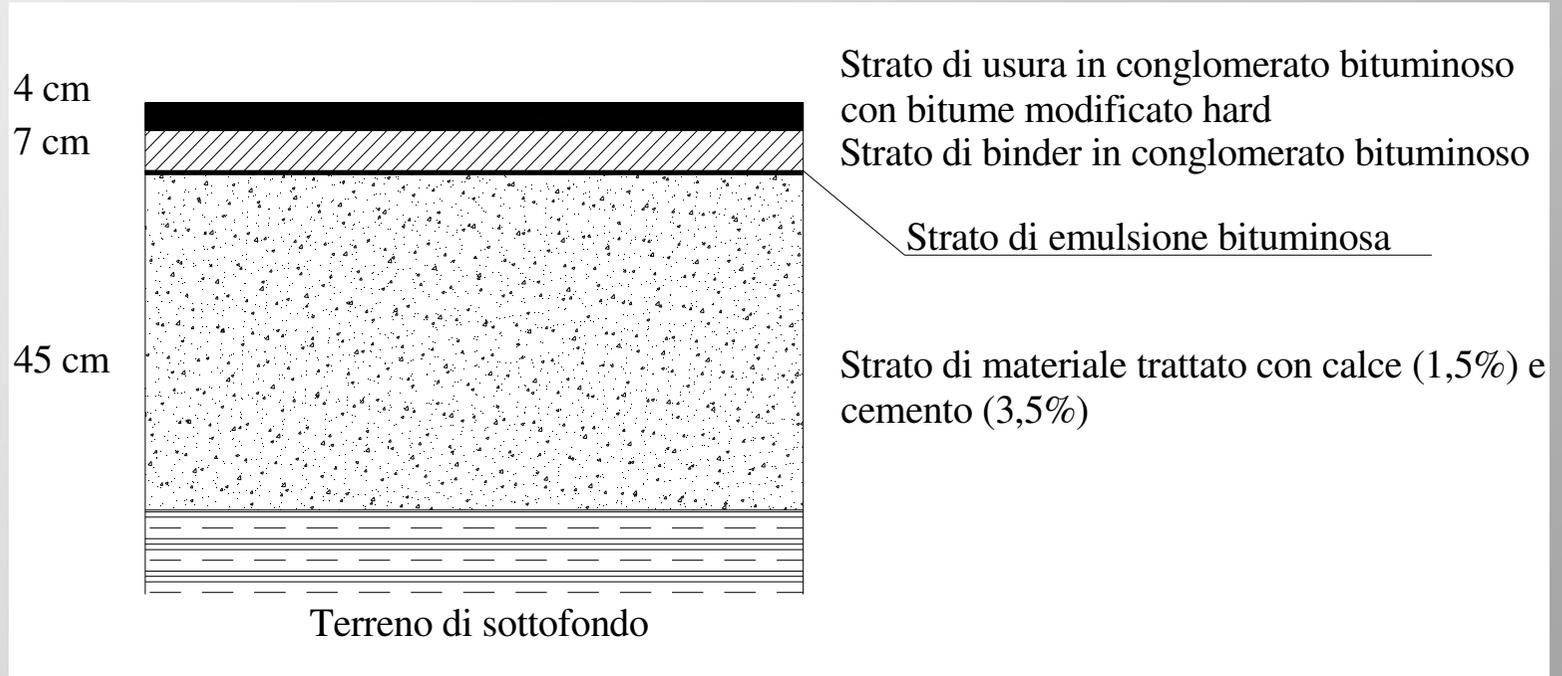
Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



FASE 2: LA PAVIMENTAZIONE PROPOSTA



- 1 – **Aumento dello spessore complessivo della pavimentazione** e quindi della distanza tra piano viabile e sottofondo, con conseguente **riduzione degli sforzi** sullo stesso.
- 2 – Il trattamento del terreno di **fondazione con calce e cemento** permette di: **ridurre l'umidità, impermeabilizzare lo strato, realizzare uno strato portante** in grado assorbire gli sforzi verticali agenti sulla pavimentazione, aumentando la dura del pacchetto.
- 3 – **L'emulsione bituminosa impermeabilizza** gli strati profondi e **limita il propagarsi in superficie delle crepe** che normalmente si generano nei materiali cementati.
- 4 – I **conglomerati bituminosi** sono in grado di **assorbire gli sforzi tangenziali e flessionali**; lo strato d'usura con bitume modificato hard limita nel tempo il fenomeno dell'ormaiamento.

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



FASE 2: LA VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE (2/3)

- Il metodo di calcolo
 - Metodi semi-empirici: utilizzano nella progettazione dati derivanti dall'esperienza ed analisi statistiche individuano una correlazione tra il numero di assi e vita utile della sovrastruttura.
 - Modelli razionali: si costruiscono modelli rappresentativi della sovrastruttura grazie ai quali si valuta lo stato tenso-deformativo nei vari strati; infine grazie a leggi di fatica tipiche per ogni materiale si verifica la sovrastruttura.



BISAR
 (MULTISTRATO ELASTICO)

LEGGI DI FATICA
RESISTENZE DEI MATERIALI

- Il modello della pavimentazione

STRATO	Spesso re [m]	E [MPa]	v
Usura in conglomerato bituminoso con bitume modificato hard	0,04	$E_3 = 4500$	0,35
Binder in conglomerato bituminoso	0,07	$E_2 = 2800$	0,35
Materiale trattato con calce e cemento	0,45	$E_1 = 1200$	0,30
Sottofondo		$E_0 = 40$	0,40

Indicazioni bibliografiche

Eterogeneità del materiale e percentuali di legante

Da dati HWD

Ordine degli
 Ingegneri della
 Provincia di
 Forlì-Cesena



Forlì
 21 maggio
 2015

Hotel Globus

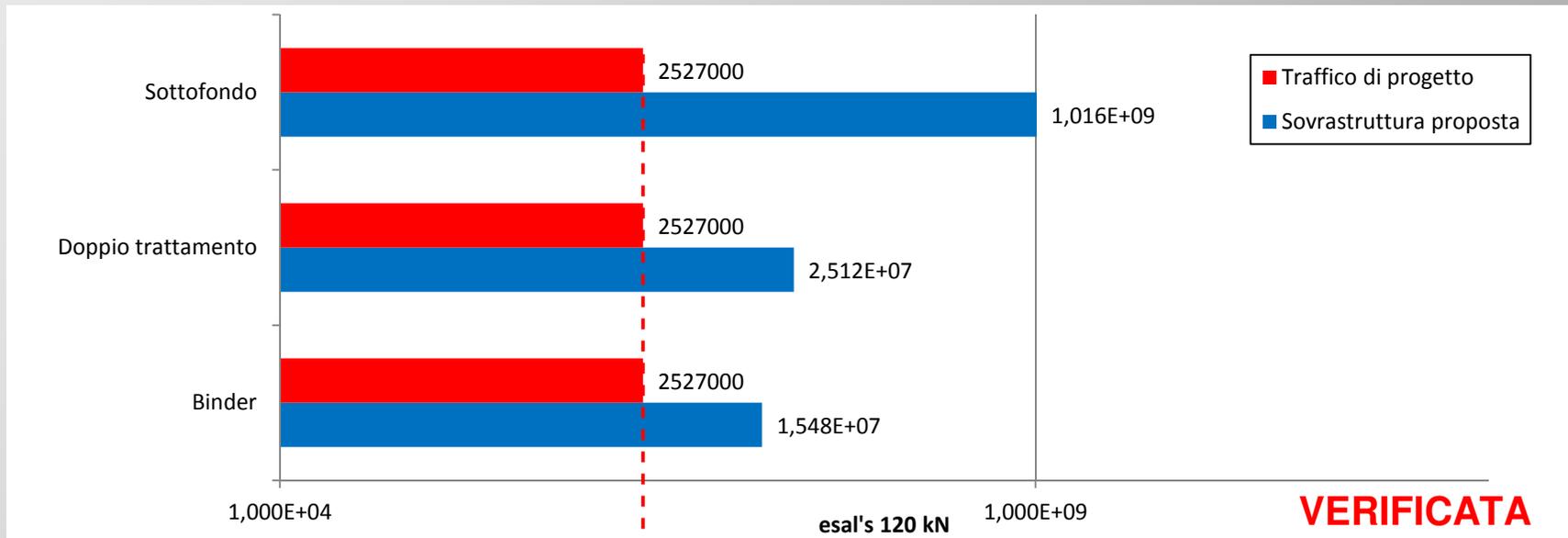


Regione Emilia-Romagna



FASE 2: LA VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE (3/3)

Verifica della vita utile strutturale



Verifica delle sollecitazioni

STRATO	TRAZIONI			COMPRESSIONI		
	σ_{traz}		$\sigma_{ad,traz}$	σ_{comp}		$\sigma_{ad,comp}$
Binder	-		-	0,46 MPa	<	0,96 MPa
Materiale trattato con calce e cemento	0,176 MPa	<	0,20 MPa	-		-
Sottofondo	-		-	0,0116 MPa	<	0,0250 MPa

VERIFICATA

**Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena**



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



CONCLUSIONI

- La manutenzione stradale necessita di una corretta progettazione.
- Affiancando test ad alto rendimento ai classici sondaggi si incrementano le informazioni sull'infrastruttura su cui intervenire, migliorando la qualità dell'opera finale.
- La S.P. 3 del Rabbi è stata progettata tenendo conto delle indicazioni raccolte in fase di sondaggio.
- Il pacchetto proposto soddisfa gli standard progettuali di traffico.
- Sono stati introdotti materiali in grado sopportare al meglio l'elevato traffico pesante che interessa l'infrastruttura.

**Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Forlì-Cesena**



Forlì
21 maggio
2015

Hotel Globus



Regione Emilia-Romagna



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Dott. Ing. Enrico Ortolani
CGS Consolidamenti s.r.l.
+ 39 339 7197597

enrico.ortolani@cgsconsolidamenti.com

Dott. Ing. Roberto Cancellieri
STS Solutions s.r.l.
+ 39 349 7105293

r.cancellieri@sts-solutions.it