

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA Ing E.M.Veje  Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408 </p>	<p>IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
--	---	--	---

<p><i>Unità Funzionale</i> OPERA DI ATTRAVERSAMENTO <i>Tipo di sistema</i> SISTEMI SECONDARI <i>Raggruppamento di opere/attività</i> PIATTAFORMA <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> Stradale <i>Titolo del documento</i> Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica</p>	<p>PS0248_F0</p>
---	-------------------------

CODICE	C G 1 0 0 0 P R X D P S S P 2 S R 0 0 0 0 0 0 0 1 F0
--------	--

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20-06-2011	EMMISSIONE FINALE	SOLA	JXB/KHO	JXB/SOLA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

INDICE

INDICE	3
1 Relazione di sintesi	5
2 Introduzione	9
2.1 Scopo e campo di applicazione	9
2.2 Riferimenti	9
2.2.1 Specifiche di progetto e specifiche dei materiali	9
2.2.2 Disegni	9
3 Nomenclatura	10
3.1 Rivestimento sottile in resina	10
3.2 Resine	10
3.3 Pietrisco	10
3.4 Additivi	10
4 Pavimentazione – impalcato stradale	11
4.1 I rivestimenti sottili in Danimarca - sviluppo ed esperienza	12
4.1.1 Sviluppo del concetto del rivestimento sottile	12
4.1.2 Qualità del rivestimento sottile	13
4.1.3 Esperienze di rivestimenti sottili	14
4.2 Sistema di pavimentazione	15
4.3 Programma di prova di pre-costruzione	16
4.4 Applicazione della pavimentazione sottile	17
5 Pavimentazione – impalcato ferroviario	21
6 Appendici	23
6.1 Appendice 1: Applicazione della pavimentazione sottile in resina	25
6.2 Appendice 2: Programma di prova per rivestimento sottile Doc. n°. MEM-6-004	27

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

1 Relazione di sintesi

La presente relazione descrive i sistemi di pavimentazione proposti per l'impalcato stradale e ferroviario del Ponte sullo Stretto di Messina.

Uno strato di pavimentazione sottile a base di resine è stato indicato per la pavimentazione stradale grazie al suo basso peso, rispetto a sistemi di pavimentazione più tradizionali a base di asfalto. Un peso minore è naturalmente di significativa importanza per ponti con lunghe campate.

Pavimentazioni sottili a base di resine sono utilizzati con successo su ponti in tutto il mondo grazie alla loro prestazione eccellente. Attualmente, non ci sono sistemi di codici o standard riconosciuti internazionalmente per questo tipo di pavimentazioni, tuttavia alla luce della vasta esperienza raccolta in più di 35 anni di applicazione relativa alle pavimentazioni in Danimarca, il Direttorato di Strade Nazionale Danese ha pubblicato specifiche e linee guida per la progettazione, l'applicazione e le prove sperimentali delle pavimentazioni sottili. Queste specifiche e linee guida formeranno le basi per le specifiche della pavimentazione stradale del Ponte sullo Stretto di Messina.

Per l'impalcato ferroviario è indicata una membrana impermeabilizzante di tipo standard. Queste membrane impermeabilizzanti a base di resine polimeriche hanno un lungo storico di applicazioni su ponti ferroviari e non è necessario eseguire ulteriori test specifici di tali prodotti.

Impalcato Stradale

La realizzazione di pavimentazioni sottili a base di resine è un'ottima e valida alternativa ai tradizionali 40-60 mm di pavimentazione. Si ritiene che l'esperienza maturata negli anni in Danimarca sia anche applicabile internazionalmente al Ponte sullo Stretto di Messina. Le pratiche e le esperienze sono state raggruppate in specifiche standard, linee guida e sistemi di prove sperimentali di qualità ed assicureranno durabilità e facile manutenzione della pavimentazione.

Il piano stradale del ponte sullo Stretto di Messina ricopre quasi 100,000 m² e al fine di ottenere alti standard qualitativi ed omogeneità della pavimentazione sottile, insieme ad una rapida applicazione, è essenziale sviluppare procedure e attrezzature per un'applicazione industriale e meccanizzata del sistema di pavimentazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011

È disponibile un'esperienza di più di 35 anni derivante da numerosi ponti in acciaio e cemento costruiti a partire dall'inizio degli anni 1970. La presente sezione riassume le ragioni alla base della scelta di una pavimentazione sottile a base di resine per il Ponte sullo Stretto di Messina.

Sebbene una pavimentazione sottile a base di resine sia stata scelta, SdM ha richiesto a EuroLink di assumere nella progettazione delle strutture una pavimentazione in asfalto con uno spessore di 40 mm, così da consentire la possibilità di sostituzione della pavimentazione sottile a base di resine con un sistema di pavimentazione più tradizionale in asfalto.

Il concetto delle pavimentazioni sottili è stato sviluppato dal Direttorato di Strade Nazionale Danese attraverso numerosi progetti di ricerca durante gli anni 1970 e 1980. Sulla base di una combinazione di ricerche documentali, prove di selezione dei materiali e prove meccaniche, ottime prestazioni, durabilità e proprietà di manutenzione sono state raggiunte per le pavimentazioni sottili. Il concetto di base è stato modificato solo marginalmente durante gli ultimi 35 anni, il che conferma uno storico stabile e duraturo.

Il sistema di pavimentazioni specificato per il Ponte sullo Stretto di Messina si basa su una specifica standard Danese per pavimentazioni sottili ed include quanto segue:

Primer	0.3 mm pura resina
Membrana/Strato di assorbimento degli sforzi	2,0 mm pura resina
Strato di usura	8-9 mm resina mista sabbia e ghiaia.

Le prestazioni a fatica della pavimentazione sottile sono guidate dalla rigidità locale della struttura in acciaio che supporta la pavimentazione. Sebbene l'esperienza della vita di servizio di pavimentazioni sottili a base di resine su ponti sospesi con ampie campate non sia al momento disponibile, lunghi anni di esperienze eccellenti sono disponibili per ponti in acciaio di dimensioni più ridotte con condizioni pesanti di traffico, inclusi ponti con impalcati flessibili. Un impalcato flessibile produce carichi a fatica ben maggiori di un impalcato rigido in acciaio ortotropo come quello progettato per il Ponte sullo Stretto di Messina.

L'Appendice 1 mostra un elenco di ponti di riferimento con pavimentazioni sottili a dimostrazione di una vita di servizio maggiore di 15 anni.

La pavimentazione del Ponte sullo Stretto di Messina sarà progettata per essere impermeabile, stabile e flessibile, così da proteggere l'impalcato in acciaio contro la corrosione. La pavimentazione dovrà essere sufficientemente rigida per eliminare il rischio di solchi e allo stesso

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

tempo con comportamento elastico, per consentire deformazioni dell'impalcato ed evitare rotture e scollamenti durante la vita di servizio attesa, soggetta a condizioni climatiche tipiche della regione e ai carichi di traffico attesi sul Ponte sullo Stretto di Messina.

Un programma di prova è stato preparato con lo scopo di identificare prodotti di resine adeguati per essere utilizzati nel sistema di pavimentazione sottile e verificare che il sistema di pavimentazione sottile soddisfi i requisiti. Sulla base dei risultati dei test potrebbe risultare necessario l'aggiustamento della composizione delle pavimentazioni. Inoltre le ricerche e le prove incluse nel programma dovranno definire le condizioni di esercizio richieste, in corrispondenza delle quali la pavimentazione sottile dovrà essere applicata e sviluppare metodi adeguati ed attrezzature per l'applicazione, la manutenzione e la rimozione di pavimentazioni sottili sul Ponte sullo Stretto di Messina.

Il profilo, la regolarità, la resistenza allo slittamento e la consistenza della pavimentazione devono essere progettati per ottenere prestazioni a lungo termine e si dovrà rispondere alle seguenti esigenze:

- Come compensare le imperfezioni nell'impalcato di acciaio per ottenere un buon comfort di guida.
- Come evitare lo scorrimento dei materiali lungo l'impalcato inclinato prima dell'indurimento.
- Come identificare e/o sviluppare attrezzature per applicazioni su larga scala delle resine fluide su ampie superfici.

Il programma di test proposto per la pavimentazione sottile del manto stradale è descritto dettagliatamente nel documento MEM-6-004, inserito in Appendice 2 dell'Allegato.

Le procedure e le condizioni di applicazione della pavimentazione sottile a base di resine ha un'influenza significativa sulla qualità finale della pavimentazione. Il mancato rispetto delle linee guida per l'applicazione rischierebbe di deteriorare la qualità e ridurre drasticamente la vita di servizio. La preparazione e la pulizia delle superfici in acciaio e l'applicazione della pavimentazione dovranno essere eseguite in condizioni controllate mediante l'utilizzo di ripari mobili attrezzati con deumidificatori e dispositivi per il controllo dell'umidità dell'area di lavoro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011

Impalcato ferroviario

Lo strato di tenuta all'acqua del Ponte sullo Stretto di Messina sarà progettato in maniera tale da essere impermeabile, stabile e flessibile, così da proteggere l'impalcato in acciaio dalla corrosione. La membrana impermeabilizzante dovrà essere sufficientemente robusta da resistere ad impatti locali ed abrasioni, ma al tempo stesso con un comportamento elastico per consentire deformazioni dell'impalcato metallico nel corso della vita utile e delle condizioni climatiche previste per la regione.

Il sistema di impermeabilizzazione specificato per l'impalcato ferroviario comprenderà i seguenti componenti:

Primer:	0,5 mm pura resina
Membrana impermeabilizzante:	2.0 mm pura resina

Diversi produttori sono disponibili per la fornitura di membrane di impermeabilizzazione e hanno un lungo storico con una vita di servizio attesa uguale o maggiore di 30 anni.

Le membrane di impermeabilizzazione a base di resine forniscono una vita di servizio effettiva e duratura. Le membrane sono impermeabili agli ioni cloruro e forniscono una ottima resistenza chimica e all'abrasione. Inoltre si ottiene un'alta forza di legame con le superfici in acciaio sottostanti.

Utilizzando tecniche a spruzzo senz'aria si possono ottenere ritmi di applicazione rapidi fornendo un tempo di rivestimento non-critico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

2 Introduzione

2.1 Scopo e campo di applicazione

Questa relazione descrive i sistemi di pavimentazione proposti per la travata stradale e ferroviaria del ponte.

La presente relazione è strutturata nelle seguenti sezioni:

- Il capitolo 2 include la presente introduzione, fornisce una lista dei materiali di riferimento, incluso le specifiche di progetto, i codici di progetto, le specifiche dei materiali, i disegni di riferimento e i rapporti complementari;
- Il capitolo 3 fornisce definizioni per i termini che vengono comunemente usati nel riferimento a particolari componenti della pavimentazione;
- Il capitolo 3.4 descrive il sistema di pavimentazione specifico per l'impalcato stradale;
- Il capitolo 5 descrive il sistema di pavimentazione specifico per l'impalcato ferroviario.

2.2 Riferimenti

2.2.1 Specifiche di progetto e specifiche dei materiali

GCG.F.04.01 “Ingegneria – Progettazione Definitiva e di Dettaglio: Base della Progettazione e Livelli di Prestazione Attes”, Stretto di Messina, 27 Ottobre 2004.

CG.10.00-P-RG-D-P-GE-00-00-00-00-02-A - “Manuale applicativo riferito ai fondamenti progettuali”

CG.10.00-P-AX-D-P-SS-P2-SR-00-00-00-01 – Pavimentazione, Specifica di prova per rivestimento sottile

Linee guida nazionali danesi e le specifiche standard per questo rivestimento sottile in resina.

2.2.2 Disegni

CG.10.00-P-AX-D-P-SS-P2-SR-00-00-00-01 Impalcato stradale, rivestimento

CG.10.00-P-AX-D-P-SS-P2-SR-00-00-00-02 Impalcato ferroviario, rivestimento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011

3 Nomenclatura

La sezione fornisce le descrizioni dei termini comunemente usati nel corso del rapporto, per far riferimento ai vari componenti del sistema di pavimentazione:

3.1 Rivestimento sottile in resina

Questo sistema basato sul rivestimento in resina è un sistema di rivestimento di uno spessore che va da 10 a 12 mm, il quale consiste in 2 o 3 strati di legante polimerico a vulcanizzazione chimica (primer e membrana) sul quale viene posato lo strato superiore di usura, compresa una resina con sabbia e aggregati.

3.2 Resine

La resina è un polimero a vulcanizzazione chimica e verrà selezionata mediante un programma di test che effettuerà uno screening su diversi sistemi di Methyl Met Acrylate (MMA) o sistemi epossidici di poliuretano (Polyurethane Epoxy systems -PU-EP).

3.3 Pietrisco

Mediante un programma di test che effettua uno screening su diversi materiali si sceglierà del pietrisco speciale resistente alla lucidatura.

3.4 Additivi

Verrà considerata l'applicazione di diversi additivi, quali agenti tixotropici e agenti gelificanti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

4 Pavimentazione – impalcato stradale

Uno strato di pavimentazione sottile a base di resine è stato indicato a causa del suo basso peso, rispetto a sistemi di pavimentazione più tradizionali a base di asfalto.

La realizzazione di pavimentazioni sottili a base di resine è un'ottima e valida alternativa ai tradizionali 40-60 mm di pavimentazione. Si ritiene che l'esperienza maturata negli anni in Danimarca sia anche applicabile internazionalmente al Ponte sullo Stretto di Messina. Le pratiche e le esperienze sono state raggruppate in specifiche standard, linee guida e sistemi di prove sperimentali di qualità, ed assicureranno durabilità e facile manutenzione della pavimentazione.

È disponibile un'esperienza di più di 35 anni derivante da numerosi ponti in acciaio e cemento costruiti a partire dall'inizio degli anni 1970. La presente sezione include le argomentazioni alla base della scelta di una pavimentazione sottile a base di resine per il Ponte sullo Stretto di Messina.

SdM ha dato incarico ad Eurolink, con prot. Rif. 0462, datato 18-05-2010, di redigere il progetto delle strutture per il peso di una pavimentazione bituminosa dello spessore di 40 mm, in modo da permettere, in futuro, la sostituzione del rivestimento sottile in resina con i tipi di pavimentazione bituminosa più tradizionali. Potrebbero essere applicati molti tipi di pavimentazione bituminose. Considerando lo spessore di 40mm il sistema di pavimentazione più probabile consisterebbe in un tipo di asfalto epossidico composto come segue:

- Pulizia della superficie in acciaio a SA 2½ secondo la norma ISO 8501-1
- Primer epossidico ad alto tenore di zinco
- Trattamento di fissaggio per garantire l'aderenza dello strato di usura
- Asfalto epossidico 40 mm Tipo IC con legante di Tipo III

Potrebbe essere opportuno, ai fini delle future operazioni di manutenzione, sostituire lo strato di usura da 40 mm con due strati da 20 mm.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011

La specifica del sistema di rivestimento per l'impalcato stradale resta basata sui tipi a strato sottile di resina. Nel caso in cui si selezionasse una pavimentazione alternativa, una specifica dettagliata della pavimentazione con uno spessore di 40mm verrà sviluppata nel Progetto Esecutivo.

4.1 I rivestimenti sottili in Danimarca - sviluppo ed esperienza

4.1.1 Sviluppo del concetto del rivestimento sottile

Il concetto delle pavimentazioni sottili è stato sviluppato in Danimarca e altrove dal Direktorat di Strade Nazionale Danese attraverso numerosi progetti di ricerca durante gli anni 1970 e 1980. Sulla base di una combinazione di ricerche documentali, prove di selezione dei materiali e prove meccaniche, ottime prestazioni, durabilità e proprietà di manutenzione sono state raggiunte per le pavimentazioni sottili. Il concetto di base è stato solamente modificato marginalmente nel corso di più di 35 anni, e ciò conferma una lunga attività comprovata e esperienza.

Un'importante conseguenza dei carichi di traffico sui ponti con impalcato ortotropico sono gli insellamenti locali dell'impalcato in acciaio che si verificano con alta frequenza. L'influenza di questi insellamenti rappresenta un fattore cruciale nella prestazione da fatica del rivestimento e quindi per la vita di esercizio del rivestimento. Mediante le prove di laboratorio che comprendono il test alla fatica, ha preso piede lo sviluppo del rivestimento sottile.

Agli inizi degli anni 70 l'università tecnica di Copenhagen ha sviluppato le apparecchiature per le prove idrauliche per il Laboratorio di Ricerca del Direktorat Stradale Nazionale, basandosi sulla teoria del professor Eisenmann della Technical University di Monaco. L'apparecchiatura simulava il passaggio sull'impalcato metallico a struttura ortotropica di un camion a doppia ruota, con una ruota su ciascun lato di un assale (anima dell'irrigidimento sottostante). Questa situazione di carico è considerata, dal Professor Eisenmann, come il carico più critico per un ponte con impalcato metallico a struttura ortotropica. Apparecchiature simili sono state sviluppate ed utilizzate per lo sviluppo di tecnologia di rivestimento dal LCPC, Lyon and Otto Graf Institute, Stuttgart.

Usando questa apparecchiatura il Laboratorio di Ricerca del Direktorat Stradale Nazionale ha sviluppato il concetto di un rivestimento sottile per i ponti danesi.

Le prove eseguite per vari progetti fino a tutti gli anni 80 e 90 hanno evidenziato che la maggiore prestazione alla fatica è stata raggiunta con l'introduzione di uno strato di 2 mm di legante puro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

nella zona di sollecitazione immediatamente al di sopra la lamiera di acciaio, dove il taglio e la compressione indotti dal traffico raggiungevano i valori massimi.

Il legante puro (per i sistemi acrilici, MMA) ha un enorme allungamento statico al punto di rottura (approssimativamente 200%) e quindi è in grado di deformare e di assorbire la forza di taglio.

Quando si aggiunge materiale di riempimento alla resina pura, che spesso è proposta per ragioni economiche, l'allungamento statico del materiale si riduce in modo significativo e nei sistemi a base di malta MMA che contengono filler nella zona di sollecitazione, si sono verificati scollamenti e rotture molto in anticipo a causa della ridotta elasticità negli strati più vicini alla lamiera di acciaio.

La formazione di ormaie normalmente non si verifica nel rivestimento sottile a causa dell'alta resistenza alle deformazioni plastiche. Le prove di fatica sono quindi la prova meccanica più importante in un programma di sviluppo. La prova di fatica usata per sviluppare l'ideazione del rivestimento sottile è descritta nel programma di prova, rif. documento MEM-6-004 allegato nell'Appendice 2.

L'eccellente esperienza accumulata nel tempo relativamente a numerosi ponti in acciaio rivestiti con rivestimento sottile, ha confermato i risultati dei test. Il rivestimento sottile ha buone prestazioni, ed è durevole sul lungo periodo se viene applicato uno strato di membrana per l'assorbimento delle sollecitazioni - e, cosa più importante – se viene osservata un'eccellente qualità di esecuzione nel corso della costruzione.

4.1.2 Qualità del rivestimento sottile

In alcuni casi, i ponti in Danimarca con rivestimento sottile hanno presentato problemi di scollamento e rotture sul rivestimento. Analizzando il problema, si è scoperto che uno strato a membrana di resina pura tra il legante e lo strato di usura è un prerequisito assoluto per una buona prestazione del rivestimento e che sistemi che comprendano un filler di malta spesso si rompono, si scollano o presentano guasti dovuti alla fatica prima di rivestimenti che sono conformi alle specifiche standard danesi.

E' stato inoltre rilevato che sono state la scarsa qualità di esecuzione, le insufficienti condizioni di lavoro e la violazione delle prescrizioni e delle specifiche ad aver generalmente provocato i cedimenti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011

Il Directorate stradale danese ha preso in carico il problema introducendo specifiche e linee guida per il rivestimento sottile:

- Specifiche standard per il rivestimento sottile
- Linee guida per la progettazione/le specifiche del rivestimento sottile
- Modello per la specifica del rivestimento sottile
- Sistema di certificati di approvazione per i sistemi di rivestimento sottile.

4.1.3 Esperienze di rivestimenti sottili

Sono disponibili parecchi anni di esperienza (più di 35 anni, dal 1970 al 2010) provenienti da ponti metallici trafficati, compresi i ponti con supporto più debole rispetto all'impalcato metallico e che presentano quindi maggiori carichi di fatica rispetto ai ponti con impalcato metallico a struttura ortotropica specificati per il ponte di Messina.

In Danimarca, fra gli altri, il ponte di Limfjords ad Aalborg è percorso da 46.000 veicoli al giorno con il 15% di traffico pesante in funzione ora sul terzo strato di rivestimento acrilico fin dagli anni 70. L'ultimo strato di rivestimento è stato applicato nel 1988 e presenta ancora un buon livello di prestazione. Questa intensità di traffico può essere paragonata al traffico previsto sul Ponte sullo Stretto di Messina di circa 23.500 veicoli/giorno con il 30% circa di camion.

All'Appendice 1 si trova una lista dei ponti di riferimento costruiti in Danimarca, molti dei quali con rivestimento sottile, che hanno più di 15 anni di servizio. E' stata inoltre inclusa una lista dei ponti internazionali e sono in corso di raccolta i dati che riguardano i sistemi applicati, il traffico e le prestazioni del rivestimento.

Il Directorate stradale nazionale danese conclude in rapporti di valutazione, fra gli anni 2000 e 2006, che il rivestimento sottile si sta comportando egregiamente. La durata attesa è di 15 - 20 anni senza grosse manutenzioni a patto che siano rispettate le specifiche nazionali e le linee guida. Sistemi di rivestimento a base di malta senza membrana, che presentano guasti prima e con maggiore frequenza, non sono approvati per l'uso sui ponti in Danimarca.

I ponti in Danimarca sono tradizionalmente progettati come impalcati ortotropici che comprendono un impalcato in acciaio da 12 mm, elementi di irrigidimento longitudinali da 7mm e 4.0 m tra le ordinate trasversali. Il Ponte di Messina è progettato con una lamiera dell'impalcato da 17 mm,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

elementi di irrigidimento da 9mm e 3.75 m tra le ordinate che permettono di ottenere un impalcato molto più rigido. Ciò significa che gli insellamenti locali, indotti dal traffico, dell'impalcato fra le anime degli elementi di irrigidimento longitudinali, che rappresentano il parametro più importante nella prestazione di fatica, saranno ridotti approssimativamente del 45%.

Specificando il sistema di rivestimento sottile in base alle specifiche e alle linee guida nazionali danesi, e in combinazione con una progettazione eccellente e una manodopera particolarmente qualificata, si possono prevedere prestazioni di fatica molto migliori sul Ponte di Messina rispetto a quelle sperimentate sui ponti danesi.

4.2 Sistema di pavimentazione

La pavimentazione per il Ponte di Messina sarà progettata per essere impermeabile, stabile e flessibile in modo da proteggere l'impalcato in acciaio contro la corrosione. La pavimentazione sottile dovrà essere sufficientemente rigida per eliminare il rischio di solchi, ed allo stesso tempo con comportamento elastico per consentire deformazioni locali dell'impalcato metallico ed evitare il rischio di cricche e de-laminazione durante la vita di servizio attesa, soggetta a condizioni climatiche tipiche della regione ed ai carichi di traffico attesi sul Ponte sullo Stretto di Messina.

Il sistema di pavimentazioni specificato per il Ponte sullo Stretto di Messina si basa su una specifica standard Danese per pavimentazioni sottili ed include quanto segue:

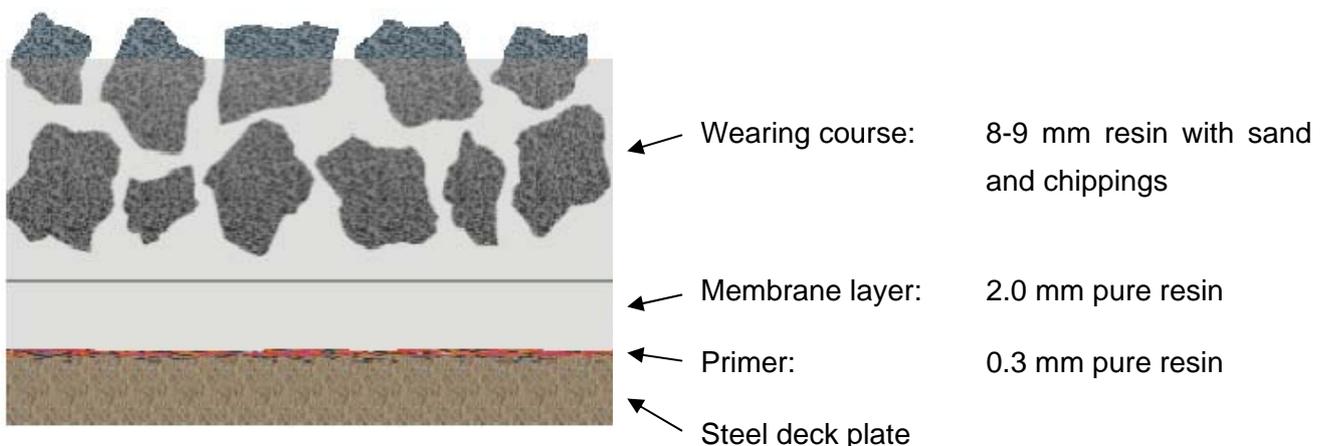


Figura 1 Rivestimento stradale, composizione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011

Se il rivestimento sottile è specificato in modo corretto e vengono seguite procedure di lavoro eccellenti da lavoratori esperti, si possono prevedere le seguenti proprietà e saranno applicati ai requisiti come funzione:

- Protezione anticorrosione della superficie in acciaio per mezzo della membrana
- Elevata adesione di lunga durata all'impalcato metallico
- Flessibile con alta resistenza meccanica, stabilità e capacità di resistere a sollecitazioni di veicoli.
- Alta resistenza alle deformazioni plastiche in modo tale che non si verifichino ormaie o scorrimento.
- Prestazioni meccaniche durevoli, resistenza antisdrucchiolo e resistenza all'usura
- Facilità di riparazione e facile rinnovamento, parziale o completo.

Al fine di soddisfare i requisiti funzionali, il rivestimento sottile verrà progettato con materiali e procedure di lavoro secondo le specifiche e le linee guida nazionali danesi, vedere il capitolo 0.

4.3 Programma di prova di pre-costruzione

Lo scopo del programma di prova è quello di identificare prodotti in resina adatti nel sistema di rivestimento sottile e verificare, eseguendo delle prove con condizioni climatiche adatte, che il sistema di rivestimento soddisfi i requisiti. Sulla base dei risultati dei test potrebbe risultare necessario l'aggiustamento della composizione delle pavimentazioni. Le ricerche ed i test inclusi in questo programma dovranno definire le condizioni di esercizio richieste ed in corrispondenza delle quali la pavimentazione sottile dovrà essere applicata e sviluppare metodi adeguati ed attrezzature per l'applicazione, la manutenzione di pavimentazioni sottili sul Ponte sullo Stretto di Messina.

Il profilo, la regolarità, la resistenza allo slittamento e la consistenza della pavimentazione devono essere progettati per ottenere prestazioni a lungo termine e si dovrà rispondere alle seguenti esigenze:

- Come compensare le imperfezioni nell'impalcato di acciaio per ottenere un buon comfort di guida.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

- Come evitare lo scorrimento dei materiali durante applicazione sull'impalcato inclinato.
- Come identificare e/o sviluppare attrezzatura per applicazioni su larga scala delle resine fluide su ampie superfici.

I programmi della prova pre-costruzione sono divisi nelle seguenti fasi:

- Studio a tavolino per identificare prodotti adatti e preparare la specifica tecnica del rivestimento sottile
- Prove del rivestimento specifico
- Adeguamento della specifica tecnica basato sui risultati della prova, se necessario.
- Sviluppo dei metodi per applicazioni industriale su larga scala, manutenzione e rinnovo del rivestimento superficiale.

Il programma di prova proposto per la pavimentazione sottile del manto stradale è descritto dettagliatamente nel documento MEM-6-004, inserito in Appendice 2.

Per informazioni dettagliate sulle prove e i metodi di prova, consultare il doc. n°.CG.1000-P-SP-D-P-SS-P2-SR-00-00-01 – Pavimentazione, Specifica di prova per rivestimento sottile.

4.4 Applicazione della pavimentazione sottile

Il piano stradale del ponte sullo Stretto di Messina ricopre quasi 100,000 m² e al fine di ottenere alti standard qualitativi ed omogeneità della pavimentazione sottile, insieme ad una rapida applicazione, è essenziale sviluppare procedure e attrezzature per un'applicazione industriale e meccanizzata del sistema di pavimentazione.

La preparazione e la pulizia delle superfici in acciaio e l'applicazione della pavimentazione dovranno essere eseguite in condizioni controllate mediante l'utilizzo di ripari mobili attrezzati con deumidificatori e dispositivi per il controllo dell'umidità dell'area di lavoro.

Prima dell'istallazione della pavimentazione sottile in resina l'impalcato metallico del ponte dovrà essere pulito, in modo da ottenere una superficie di metallo nudo di min. SA 2½ in conformità con la norma ISO 8501-1.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011

Il fondo dovrà essere applicato a rullo o con apparecchiatura a spruzzo entro 2-4 ore dalle operazioni di sabbiatura, in modo da evitare l'ossidazione delle superfici dell'impalcato.



Figura 2 **Applicazione del primer con spruzzo ad alta pressione**

La membrana viene scaricata da un impianto mobile continuo di miscelazione fra due sagome temporanee.

Si dovranno misurare e annotare le imperfezioni dell'impalcato metallico in modo da stabilire la distribuzione delle aree che necessitano di un ulteriore livellamento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011



Figura 3 **Applicazione della membrane a rullo**

Il livellamento delle imperfezioni dell'impalcato avverrà sulla sommità dello strato della membrana. Il livellamento è effettuato mediante materiali scelti dal programma di prova e secondo le procedure di lavorazione che si conformino ai risultati ottenuti dal programma di prove.

Lo strato di usura è applicato allo stesso modo. Il legante dovrà essere rullato in modo da creare una ricca superficie di resina dentro la quale si possa cospargere il pietrisco mediante una tramoggia mobile. Il pietrisco in eccesso dovrà essere rimosso dalla superficie dopo minimo 1 ora.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011



Figura 4 **Rivestimento sottile completo su un piccolo ponte in Danimarca, 2010**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

5 Pavimentazione – impalcato ferroviario

Lo strato di tenuta all'acqua del Ponte sullo Stretto di Messina sarà progettato in maniera tale da essere impermeabile, stabile e flessibile, così da proteggere l'impalcato in acciaio dalla corrosione. La membrana impermeabilizzante dovrà essere sufficientemente robusta da resistere ad impatti locali ed abrasioni, ma al tempo stesso con un comportamento elastico per consentire deformazioni dell'impalcato metallico nel corso della vita utile prestando attenzione alle condizioni climatiche previste per la regione.

Il sistema di impermeabilizzazione specificato per il Ponte di Messina comprenderà i seguenti componenti:

Primer:	0,5 mm pura resina
Membrana impermeabilizzante:	2,0 mm pura resina

Diversi produttori sono disponibili per la fornitura di membrane di impermeabilizzazione e hanno un lungo storico con una vita di servizio attesa uguale o maggiore di 30 anni.

Come per il rivestimento stradale, la superficie in acciaio dovrà essere pulita tramite sabbiatura a SA 2½ secondo la norma ISO 8501-1.

Il primer è applicato con un'apparecchiatura a spruzzo ad alta pressione in uno strato singolo di 0.5mm immediatamente dopo la sabbiatura.

L'impermeabilizzazione può essere quindi applicata con un'apparecchiatura a spruzzo ad alta pressione per ottenere uno spessore dello strato secco di minimo 2mm. L'apparecchiatura a spruzzo ad alta pressione facilita la misurazione, miscelazione e applicazione della resina in un'operazione.

Le membrane di impermeabilizzazione a base MMA forniscono le seguenti caratteristiche:

- Vita di servizio lunga e efficace
- Impermeabile agli ioni di cloruro
- Eccellente resistenza chimica e alle abrasioni
- Alta forza di legame al substrato

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica	<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011	

- Tempo di rivestimento non critico
- Ritmi rapidi di applicazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

6 **Appendici**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica	<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc		<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

6.1 Appendice 1: Applicazione della pavimentazione sottile in resina

Ponti danesi con pavimentazione sottile

Ponte	Area m ²	Sistema di pavimentazione	Anno di applicazione e dell'ultimo sistema di applicazione	Carico di traffico veicoli/giorno – % carico pesante- numero di corsie	Prestazioni- condizione oggi
Låsebyvej, Denmark	Carreggiata 300	Poliuretano- Epossidico Cicol ET	1991	Da 6000 a 8000 2 corsie	Danni minori ai giunti, ma nessuna riparazione dopo 19 anni
Limfjords Bridge Bascule bridge, Denmark	Carreggiata 400, corsie per pedoni e ciclisti 5700	Resina acrilica acrydur M	1995	da 45.000 a 51.000 15 % pesante 4 corsie	Buone prestazioni, nessun danno da fatica- attrito da migliorare in futuro, nessuna riparazione registrata dopo 15 anni.
Egernsund Bridge Bascular Bridge, Denmark	Carreggiata Ca.400	Epossidico-bitume Cicol ET	1992	Da 4.500 a 7.000 4 corsie	Buone prestazioni, corrosioni minori lungo i bordi Nessuna riparazione 18 anni.
Frederiks Bridge, Bascular Bridge, Denmark	Carreggiata 400, corsie per pedoni e ciclisti 500	Epossidico-bitume Kubic TK	1993	5.500-8.000 8% pesante 2 corsie	Nessun danno. Riparazioni minori dopo 17 anni.
Guldborg Bridge	Carreggiata 270	Poliuretano- Epossidico Cicol ET	1991	Da 2.500 a 3.500 10% pesante 2 corsie	I soli danni sono rappresentati da un giunto trasversale non costruito in modo appropriato. Sarà rinnovato fra 3 anni, in un periodo di 22 anni.
Kong Chr. X Bridge	Carreggiata 300	Poliuretano- Epossidico Cicol ET	1986	Da 7000 a 9.000 2 corsie	Riparazione parziale da eseguire dopo 15 anni.
Vilsund Bridge Bascule Bridge	Carreggiata 600	Resina acrilica acrydur M	1992	Da 5.600 a 8.000 10% pesante 2 corsie	Nessun danno, dopo 18 anni, attrito da migliorare in breve tempo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011

Lista dei ponti internazionali con pavimentazione sottile da sottoporre ad investigazioni

Ponte	Area m²
Poplar Street Bridge, St. Luis, Missouri, USA	20,500
A.L. Mcdonald Bridge	Nessuna informazione
Al Makhtum Bridge, Dubai	1,200
Dola Bridge, Libanon	6,000
Jal Al Dib Bridge	App. 6,000
Al Makhtoum Bridge, Dubai, Bascular Bridge	1200
Williamsburg Bridge New York, USA	14630
Seongsugoy Bridge, Seoul, Korea	3500
Queensborough Bridge, New York, USA	Nessuna informazione
Route M-44 over the Grand River in Grand Rapids, Michigan	Nessuna informazione
Triborough Bridge	41.000
Marine Parkway Bridge, New York, USA	2000

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Pavimentazione – Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0248_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

6.2 Appendice 2: Programma di prova per rivestimento sottile
Doc. n°. MEM-6-004

Memo	Messina Strait Bridge, A009055	COWI A/S
Title	MEM-6-004 Test program for thin surfacings	Parallevej 2 DK-2800 Kongens Lyngby Denmark
Date	29 September 2010	Tel +45 45 97 22 11
To	Eurolink (S.Ordannini, A.Poli, R. Volpe)	Fax +45 45 97 22 12
Copy	EMV, KHO	www.cowi.com
From	JXB/SOLA	

1 Introduction

This memo includes requirements for testing of thin surfacing to be applied on the Messina Strait Bridge.

The surfacing system proposed for the Messina Bridge is based on a Danish standard specification for thin surfacing and include the following:

Primer:	0.3 mm pure resin
Membrane, stress absorbing and corrosive protection:	2.0 mm pure resin
Wearing course:	8-9 mm resin with applied sand and chipping

When the thin surfacing is correctly specified and excellent work procedures are followed by experienced workers the following properties can be expected and will be applied to as function requirements:

- Corrosion protection trough impermeability to water
- High long time durable adhesion to the steel deck.
- Flexible with high mechanical strength, stiffness and ability to withstand and absorb stress from vehicles.
- High resistance to plastic deformations so no rutting or sliding will occur.
- Durable mechanical performances, skid resistance and resistance to wear.
- Easy to repair and easy to partly or totally renew.

In order to meet the functional requirements the basis for the specification of the thin surfacing will be materials and work procedures complying with National Danish:

- Standard specifications for thin surfacing.
- Guidelines for design/specifications of thin surfacing.

- Paradigm for specification of thin surfacing.
- Certificate approving system for thin surfacing systems.

2 Pre- construction test program

The purpose of the test program is to identify suitable polymer products to be included in the thin surfacing system and to verify by testing that the specified surfacing system fulfil the requirements. Based on the results of the test it may be necessary to adjust the composition of the surfacing. Furthermore, the investigations and tests included in this program shall define the required working conditions under which the thin surfacing shall be applied and develop suitable methods and equipment for the application and maintenance of thin surfacing on the Messina Bridge.

The profile, the regularity, the skid resistance and the texture of the surfacing course must be designed for the long term performance and the following questions must be addressed:

- How the irregularities in the steel deck can be leveled to achieve good driving comfort.
- How to avoid flowing of the materials on sloping decks.
- How to identify and/or develop industrial equipment for large scale application of the fluid resin over large areas.

The pre-construction test programs is divided into the following phases:

- Desk study to identify suitable products and to prepare the technical specification of the thin surfacing
- Testing of the specified surfacing
- Based on test results adjustment of the technical specification if required.
- Development of methods for industrialized large scale application, maintenance and renewal of the thin surfacing.

2.1 Desk study

Several products are available on the market; some of which vary in properties affecting the work procedures and construction logistics.

The general test program will include a desk study of products, type, properties, and specifications, investigation of products references, and interview with Specialist Contractors. 3 products will be selected for testing.

The desk study will include the following:

- Investigation of suitable polymer products aggregates and sand. Gathering information and documentation from producers and from technical reports and articles.
- Product screening through testing properties given by the producers, general experience and products references
- Interview with Specialist Contractors and evaluation of the work procedures. Development and improvement of equipment for large scale construction and maintenance.

3 products will be selected for testing and summarized in a report.

Appendix 3 lists the producers of polymer resin for thin surfacing.

Test methods, work procedures and general specifications will be adjusted according to the information generated in the desk study.

2.2 Test program

The test program will be divided into the following 3 elements:

1. General testing and information about the products
2. Function-related tests
3. Selection of the products and work procedures

In the following the elements of the test program are described.

2.2.1 General testing and information about all products:

Standard testing procedures and methods for various materials can be found in Appendix 1.

A number of specific tests will be carried out:

- Sensitivity to climate conditions-UV light, to water and to changing temperatures by testing full surfacing build-up samples in a “weather-ohmmeter”. After exposure the change in properties are examined by measuring the tensile strength, elongation at breaking point and shore hardness. All 3 products selected.
- Corrosion protection tested by CEN method on full surfacing build-up samples. All 3 products selected.
- Testing fibers/fillers which has been included in testing (e.g. for leveling layer)

2.2.2 Function related tests

Fatigue properties on systems with harder membranes

Experience from Danish bridges show that the membrane layer is performing well as corrosion protection. Further, if cracks are developed in the wearing course, these are arrested by the membrane and are prevented to reach the steel surface, which otherwise may result in corrosion of the steel deck. Similar surfacing are used as waterproofing in railway structures, but the membranes here have normally higher stiffness.

In order to improve further the fatigue performance of the thin surfacing test of the fatigue properties on surfacing samples with harder membrane layer will be done to verify if a harder membrane layer increase the fatigue performance of the surfacing.

Mechanical properties and resistance to sliding and wheel tracking

Plastic deformations in the thin surfacing have not been experienced at Northern European temperatures and there are presently no reasons to expect that the performance at higher temperatures will be different. Testing of sliding properties and the ability to prevent wheel tracking at higher temperatures similar to the Messina Link region will be carried out on samples with maximum thickness of the surfacing.

Testing of binders and fillers for leveling properties

Irregularities of the steel deck are estimated not to be exceed 5 to 7 mm by specification and will need leveling to some degree before application of the surfacing system. In order to find best methods to level these irregularities, testing of various mixes of binders and filler-fibers using fatigue, tensile testing and testing crack building ability is proposed.

Fatigue performance of surfacing system

Fatigue performance shall be tested on a representative full scale deck sample.

Testing will be done on 3 different resin products. Typically 2 samples are tested in each batch and each product shall be tested

- on samples aged for 6 months
- on samples with gel/tic agents
- on samples representing maximum thickness of surfacing
- on samples of repaired surfacing

It is suggested that approximately 20 samples shall be fatigue tested.

More detailed information regarding fatigue testing is found in

Appendix 2.

Testing of the chippings

Testing of the adhesion between the binder and the chippings will be carried out.

The chippings providing the friction are worn by the traffic. The test like polish stone value which is used for rapid screening of the resistance to polishing on chippings is an empiric tests. Test of accelerated polishing and wear by rubber wheel shall be executed. Equipment for this type of testing may be found at Shell, London or LCPC Lyon, France.

Testing of surface texture

Testing of the texture provided by different aggregates sizes in the wearing course will be carried out by means of sand patching method.

Testing of the workability in repair

Testing of the workability of the materials for future potential repair of damages in the thin surfacing will be performed.

2.2.3 Selection of the products and work procedures

Based on tests carried out as described above the best products will be specified for the thin surfacing system. For the specified system suitable working procedures shall be developed and due to the large areas to be paved in this project it will be required to develop industrialized methods for preparation of the steel surface and application of the layers in order to ensure uniform quality of the final product.

Application of thin surfacing

It is very important for the quality and durability of the thin surfacing system, that the surfacing is homogeneous in material composition, thickness, material properties and appearance. Especially, as the pot life and the curing time of the products is short, industrialised methods for application using electric/hydraulic controlled mechanical mixing, levelling and application will be required.

One possibility would be to develop and construct an adjustable applicator beam which is running on leveled rails while applying material layers in full lane width. Combining this with well-known technologies like mixing units from spray application systems, distributor paddles or spray-valves, already used for application would provide the basis for development of such industrialized application equipment. The applicator could be coupled to a mechanical aggregate distributor of traditional type.

Maintenance of thin surfacing

Also aspects of maintenance and repair of the surfacing shall be taken into account. Procedures of the workability in repair, hereunder renewal of friction properties, shall be further studied and developed during this test program.

Removal of polymer resin

At the end of the service life time it may be required to remove the surfacing

completely in order to facilitate the installation of a new surfacing and it will thus be required to develop procedures for removal of old thin surfacing. At the present methods for removal are available. However further development into more mechanized methods should be performed. These developments of work procedures may take place and be finally approved on a trial section.

Today a few methods for removal of the polymer resin seams to have been implemented and none of these methods are particular fast. For the maintenance works the development of equipment and method for partly or total removal of the thin surfacing must be worked out. Possible method could be:

- Milling
- Grapping
- Scraping
- Shot blasting
- Water jetting
- Infrared heating in combination with scraping
- Steel brushing

It is important to find a reliable and fast method like the for instance the milling method. As the milling process is effective it will be required to develop precise steering of the machine to prevent damages to the steel deck. Small equipment of this type with fine teeth already exists, however other type of steering e.g. by thickness gauge and special teeth shall be investigated to be implemented on large scale equipment. Such methods and equipment are proposed to developed in corporation with a manufacturers of milling/grinding equipment and/or Specialist Contractors.

3 Appendices

3.1 Appendix 1

Appendix no. 1
Page 1 of 5

Specification for thin pavement

Product characteristics for identification

Product Characteristic	Test method	Test conditions	Requirement	Tolerances of production	Remarks
Viscosity	prVI 40-10:1998	Measured with rotational viscometer (Brookfield) at 23°C	To be reported	± 20% or ±10 mPas	Liquid components
Density	DIN 51 757	Measured with aerometer at 23°C	To be reported	± 1.0%	Liquid components
Infrared-spectroscopy	prVI 40-16:1998	-	To be reported	As type approved	Liquid components
Refractive index	ASTM 1045	-	To be reported	± 0.15%	Liquid components
Crystallisation	prVI 40-9:1998	Checked by microscopy	No crystals	None	Liquid components
Podlife	prVI 40-11:1998	The period of time for increase in temperature from 23°C to 40°C for 100 g mixed material	To be reported	± 20%	Liquid mix
Sieving curve	DS/EN 933-1		Sieve curve: G ₈₅ ; G _{TC,20} Filler: Cat. f ₃	As type approved	Chippings ≤ 2 mm and aggregate admixture
			Sieve curve: G ₂ ; G _{90/20} Filler: Cat. f _{0,5}	As type approved	Chippings > 2 mm

Product characteristics for execution of the work

Product Characteristic	Test method	Test conditions	Requirement	Remarks
Curing time	DIN 53 505	Measured by Shore hardness (test temperature: 23°C) of material cured at lowest recommended temperature for application	Value of Shore hardness \geq 70% of final value	Primer, waterproofing layer and overlay
Sensitivity to moisture during curing	DIN 53 505	Measured by Shore hardness (test temperature: 23°C) of material exposed to water for 4 weeks at 12°C	Change in Shore hardness \leq 40%	Waterproofing layer and overlay
	pr VI 40-13:1998	Measured by tensile strength (rate of speed: 45 N/s, test temperature: 23°C) at failure on dry film of material exposed to water for 4 weeks at 12°C	Change in tensile strength \leq 30%	Primer
Sensitivity to mixing ratio	pr VI 40-12:1998	Measured by elongation (rate of speed: 45 N/s, test temperature: 23°C) at failure on dry film of material mixed with \pm 10% ratio error	Change in elongation \leq 60%	Waterproofing layer and overlay
			Change in tensile strength \leq 30%	Primer

Product characteristics separate products

Product Characteristic	Test methods	Test conditions	Requirement	Remarks
Petrographic description	DS/EN 932-3	-	To be reported	Chippings and aggregate admixture
Moisture content	DS/EN 1097-5	-	Washed and oven dried	Chippings and aggregate admixture
Resistance to polishing ²⁾	DS/EN 1097-8	-	To be reported >40: footpath/bicycle tracks >50: ADT ≤ 2000 >56: 2000 < ADT ≤ 4000 >62: ADT > 4000	Chippings > 2 mm
Capacity to penetrate pores in the substrate	prVI 40-10:1998	Viscosity measured with rotational viscometer (Brookfield) at the lowest recommended temperature for application	≤ 3000 mPas	Primer
Resistance to alkali	DIN 53 568	Measured by ash content, 550°C	≤ 1%	Primer
	DIN 53 401	Measured by saponification value	≤ 15 mg KOH/g	Primer
Deformation characteristic	prVI 40-12:1998	Measured by elongation (rate of speed: 45 N/s, test temperature: 23°C) at failure on dry film	≥ 40%	Waterproofing layer
			≥ 20%	Overlay
Sensitivity to moisture after curing	prVI 40-13:1998	Measured by elongation (rate of speed: 45 N/s, test temperature: 23°C) at failure on dry film exposed to water for 6 months at 23°C	≥ 2%	Waterproofing layer
			≥ 1%	Overlay
Sensitivity to chemicals	prVI 40-13:1998	Measured by elongation (rate of speed: 45 N/s, test temperature: 23°C) at failure on dry film exposed to NaCl-solution and diesel oil for 6 months at 23°C	Decrease in elongation ≤ 40% ³⁾	Waterproofing layer and overlay
			Decrease in elongation ≤ 60% ⁴⁾	Waterproofing layer and overlay
Sensitivity to ageing	prVI 40-13:1998	Measured by elongation (rate of speed: 45 N/s, test temperature: 23°C) at failure on dry film exposed to water for 6 months at 50°C	Decrease in elongation ≤ 10% ⁵⁾	Waterproofing layer and overlay

²⁾ The chippings which are type approved can be substituted by a more polishing resistant material provided that the particle size distribution is the similar to the type approved.

Appendix no. 1
Page 4 of 5

- 3) If the decrease in elongation is $\geq 40\%$ this can be accepted provided that the actual elongation is $\geq 24\%$ for materials used for waterproofing layers and the actual elongation is $\geq 12\%$ for materials used for overlays.
- 1) If the decrease in elongation is $\geq 60\%$ this can be accepted provided that the actual elongation is $\geq 16\%$ for materials used for waterproofing layers and the actual elongation is $\geq 8\%$ for materials used for overlays.
- 2) If the decrease in elongation is $\geq 70\%$ this can be accepted provided that the actual elongation is $\geq 12\%$ for materials used for waterproofing layers and the actual elongation is $\geq 6\%$ for materials used for overlays.

Product characteristics combined materials

Product Characteristic	Test method	Test conditions	Requirement	Remarks
Bonding to base	pr. VI 40-14:1998	Measured by bond strength (rate of speed: 100 N/s, test temperature: 23°C, Ø50 mm) of material applied on surface-dry concrete and stored for 6 month at 23°C and 50% RH Measured by bond strength (rate of speed: 100 N/s, test temperature: 23°C, Ø50 mm) of material applied on surface-dry concrete and stored for 6 month at 23°C and 100% RH	≥ 1.5 MPa or failure in concrete	Concrete/primer
Bonding between layers	pr. SV 99.2-97	Measured by bond strength (rate of speed: 100 N/s, test temperature: 23°C, Ø50 mm)	≥ 2.0 MPa	Substrate/Primer/water-proofing layer/overlay
Resistance to ageing at elevated temperature and moisture	pr. SV 99.2-97	Measured by bond strength (rate of speed: 100 N/s, test temperature: 23°C, Ø50 mm) of material applied on surface dry concrete and stored for 6 month at 50°C and 100% RH	≥ 1.5 MPa or failure in concrete	Substrate/Primer/water-proofing layer/overlay
Compatibility	pr. SV 99.2-97	Measured by bond strength (rate of speed: 100 N/s, test temperature: 23°C, Ø50 mm) of material combination and stored for 6 month at 50°C	Decrease in bond strength ≤ 30% and ≥ 1.5 MPa	Substrate/Primer/water-proofing layer/overlay
Repairable	pr. SV 99.2-97	Measured by bond strength (rate of speed: 100 N/s, test temperature: 23°C, Ø50 mm) of material and stored for 6 month at 50°C in combination with new applied material	≥ 2.0 MPa	Aged thin pavement/new applied overlay

3.2 Appendix 2

Description of the fatigue testing equipment and test conditions which should be implemented at Pre- construction testing at Messina Project

Technical University of Copenhagen developed hydraulic test equipment for the National Road Directorate's research Laboratory, based on the theory of Professor Eisenmann of Technical University of Munich. Fatigue testing which is an important part of the bases for the National Danish specification of thin surfacing fatigue life has been carried out on this equipment. Testing of fatigue properties of different surfacing's should be executed in the Pre- construction testing at Messina Project and should be comparable with prior achieved results.

The equipment simulates a truck running with a speed of 40 km/hour, applying 14 ton axle load through double wheels placed with one tire on each side of the longitudinal support (see page 1 in appendix a). This load situation is by Professor Eisenmann considered the most damaging load on an orthotropic steel bridge. Similar equipment has been developed and used for development of surfacing technology by LCPC, Lyon and Otto Graf Institute, Stuttgart.

The detailed description of the equipment for fatigue testing can be found in appendix a

The load function used in this equipment was a square function load of 3500 kg on each load cylinder (wheel), with a rise time of 10 to 12 ms, at frequency of 3 Hz.

A pre load of 500 kg was applied and the max. load was 4000 kg, giving 3500 kg as difference load (see load function in appendix a).

The test samples are placed on 3 supports (iron rolls) with 300 mm mutual distance simulating the trapezoid supports welded onto deck plate. The load is applied on the sample in the middle between the outer support and the middle support by two hydraulic cylinders placed on 2 rubber plates 200 x 200 mm (see in appendix a) The rubber plates is designed in hardness and in contact pressure to simulate a tire of a truck (holes are drilled in a specific pattern in order to achieve that).

The size of samples with surfacing applied is 300 mm x 700 mm and will for the Messina testing be of 16 mm thick steel plate and of the specified steel type used.

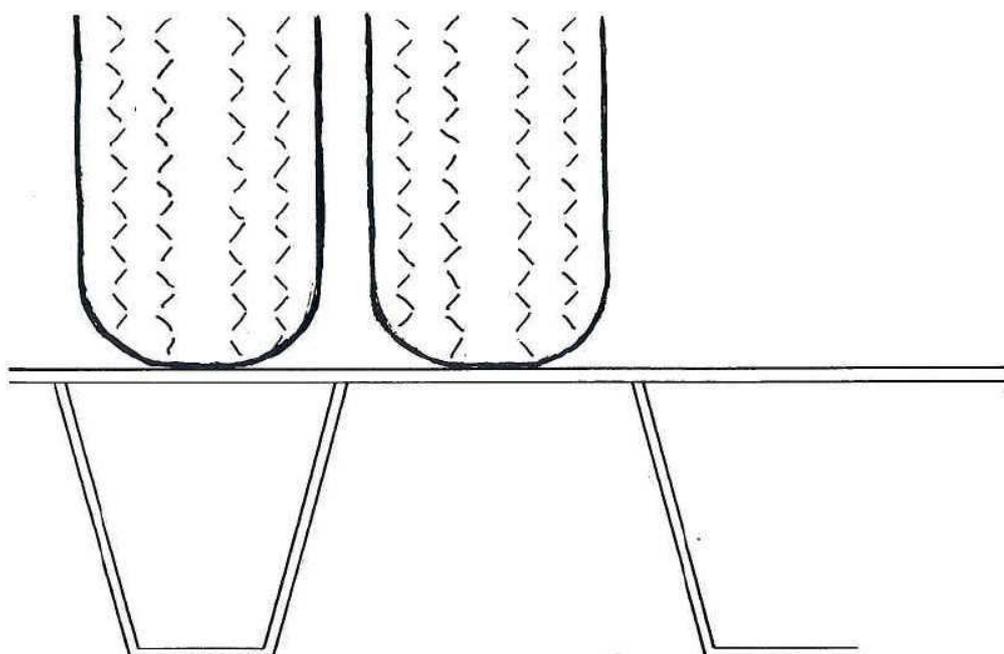
The fatigue performance considered acceptable in this equipment is 2×10^6 loads.

The fatigue equipment is placed in a climate chamber if testing is carried out at different temperatures.

To be able to compare results from Messina project with prior results and experience achieved on this equipment the fatigue testing in Messina project should be made with comparable load function.

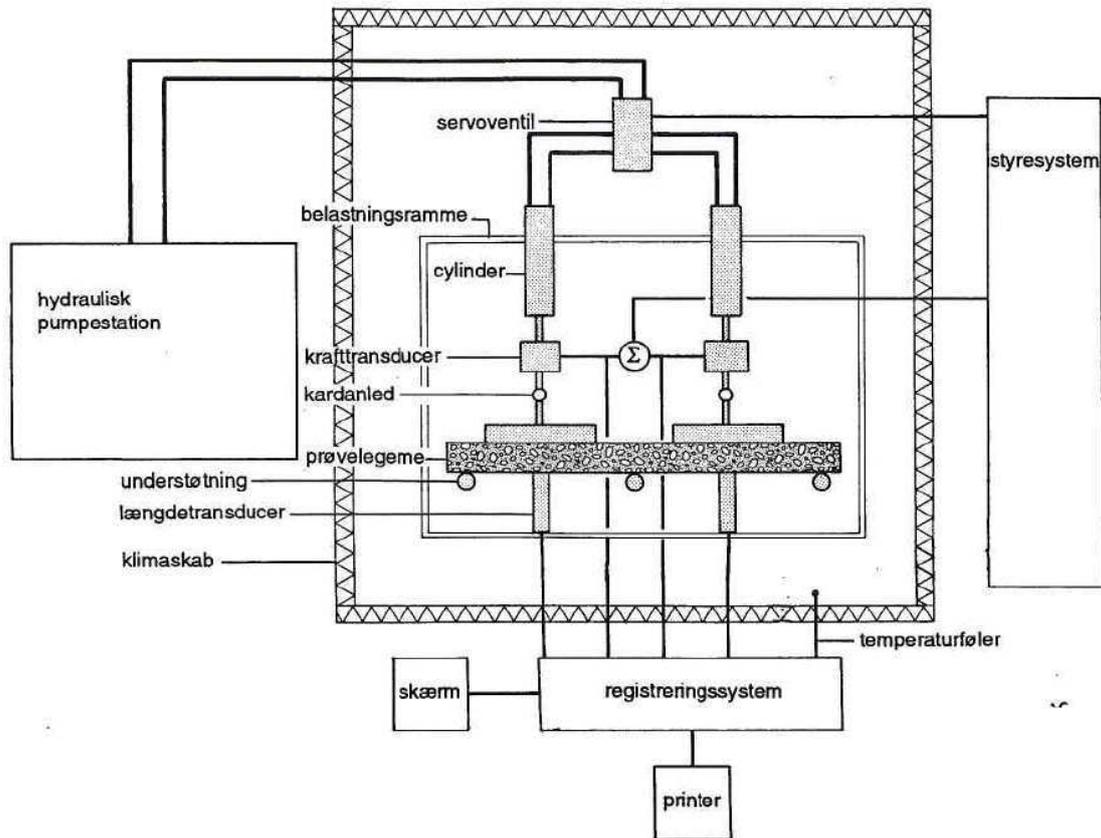
It is the general plan to make the screening of different materials as well as the test of materials for leveling on the above described test equipment as the test probably will be many in numbers.

In later testing a bridge section will be constructed in order to make fatigue test on surfacing applied on the full construction.



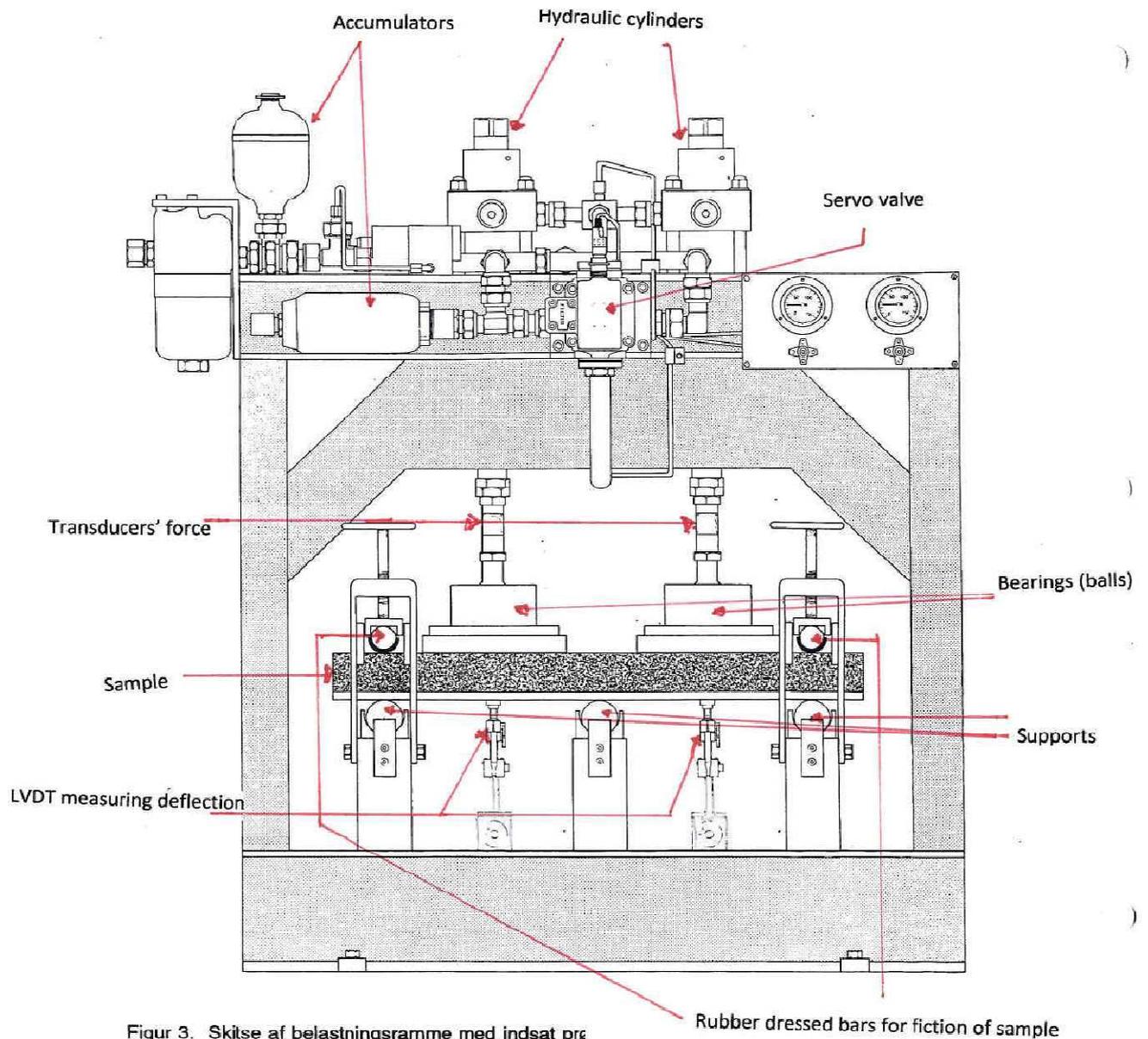
Figur 4. Principskitse af et tvillinghjuls passage parrallelt med en langsgående understøtning på en ortotrop stålbro.

Principal load situation simulated in the fatigue test



Figur 1. Principskitse af den elektriske- og hydrauliske kobling af delkomponenter i pulsatoren.

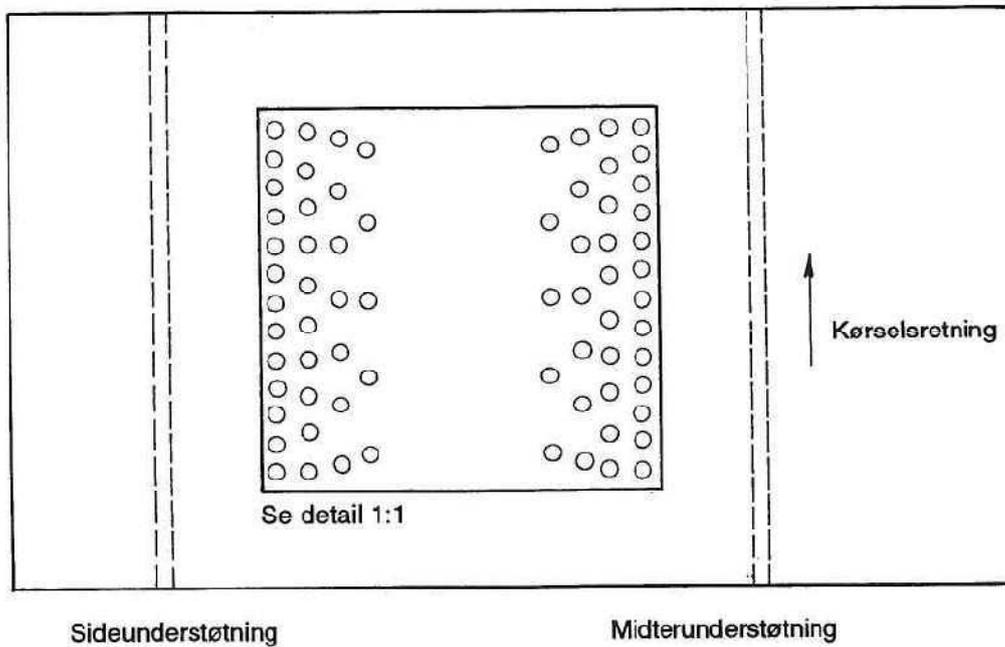
Principal drawing of the load equipment for fatigue test (electrical and hydraulic)



Figur 3. Skitse af belastningsramme med indsat prø

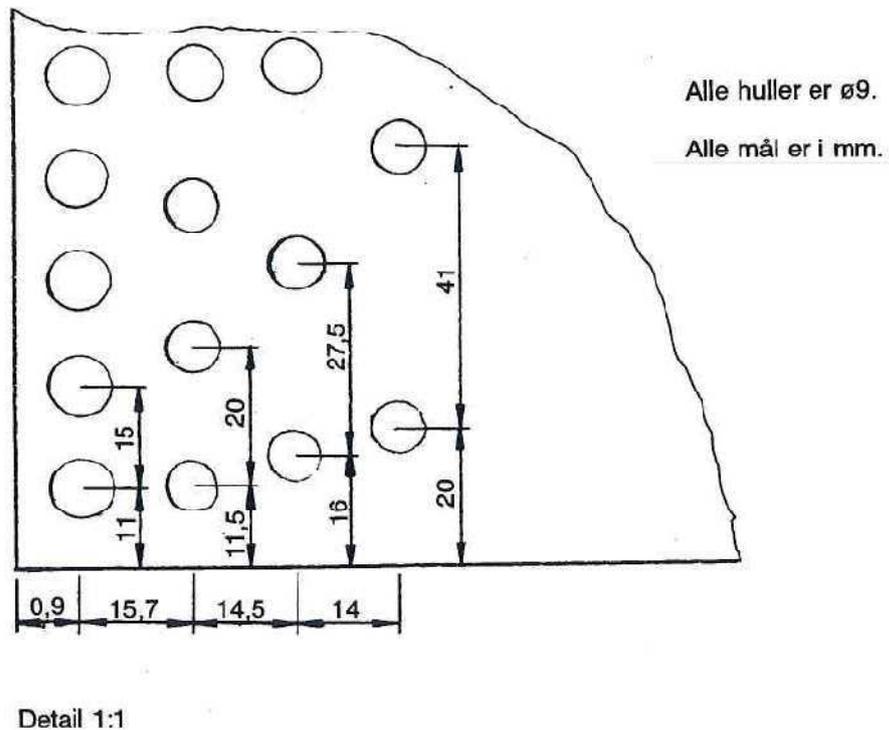
Rubber dressed bars for friction of sample

Principal drawing of the load frame for equipment for fatigue test

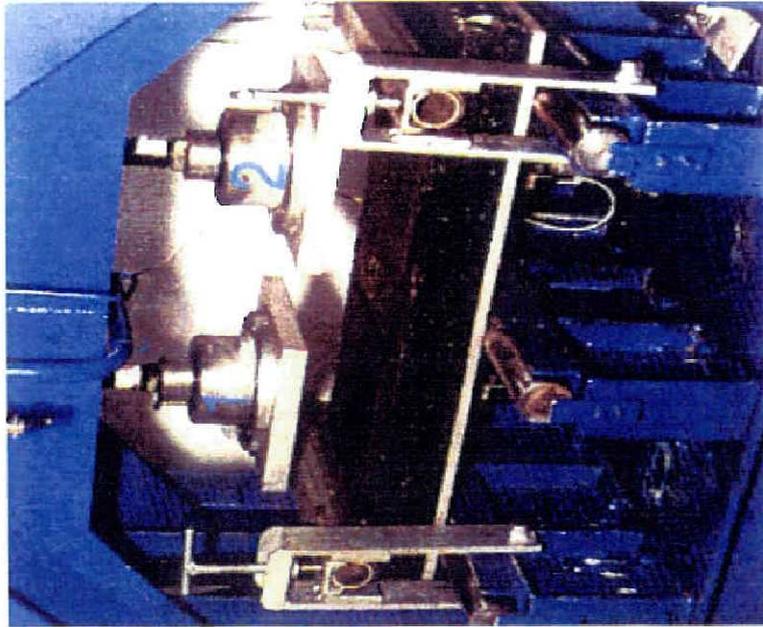


Figur 2. Skitse af perforeret gummiplade anvendt til pulsatorforsøg.

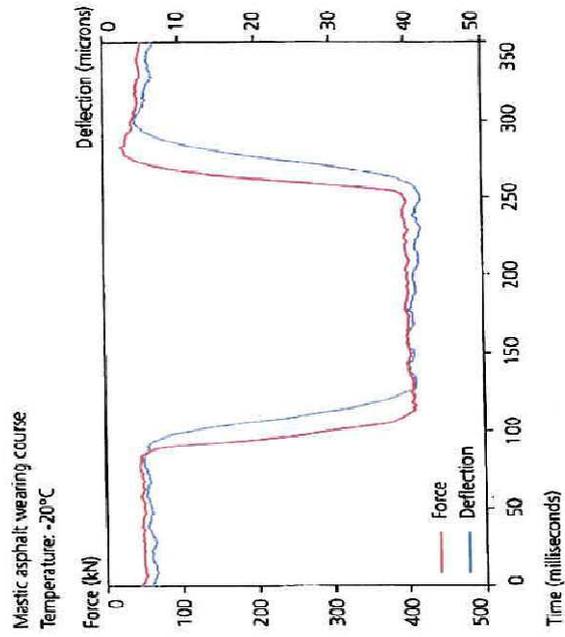
Principal drawing of rubber plates simulating tires



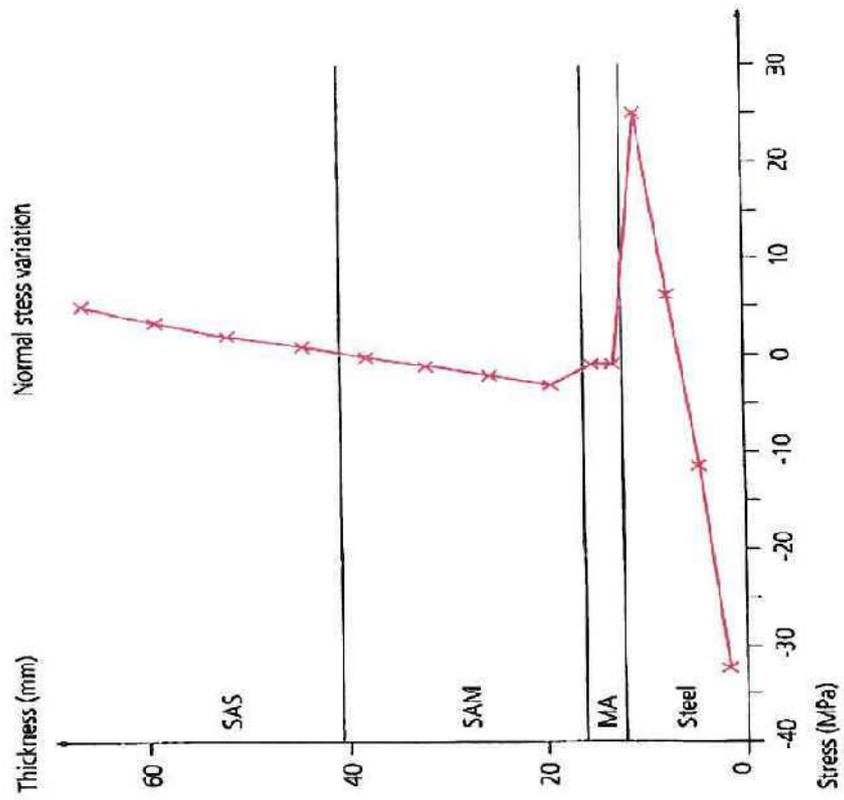
Fatigue test of pavement



The force on each side of the rib is varied between 5 kN and 40 kN, corresponding to a axle load of 140 kN



Result of computer model simulating the fatigue test



3.3 Appendix 3

Producers of polymer products for surfacing:

Evonik Röhn, GmbH

Rodenbacher Chaussee 4
63457 Hanau-Wolfgang
Germany

www.evonik.de

Contact persons: matthias.safadi-mueller@evonik.com
 theodor.schroth@evonik.com

Product: Degussa, Degadur

Type: MMA/polyuretane

Stirling Lloyd Polychem Ltd.

Union Bank . King Street . Knutsford . Cheshire
WA16 6EF
UK

Product: Bridge Master

Type: MMA/polyuretane

Transpo-Industries, Inc.

20 Jones Street
New Rochelle, NY 10801
Phone: 914.636.1000
Fax: 914.636.1282
E-Mail: info@transpo.com

Product: T48

Type: Epoxy/polyuretane

ROCOL Site Safety Systems

ROCOL House, Swillington, Leeds, LS26 8BS, United Kingdom
Tel: +44 (0)113 232 2800
Fax: +44 (0)113 232 2850
Technical Helpline: +44 (0)113 232 2840
www.rocol.com

Registered Office: Admiral House, St. Leonard's Road, Windsor, Berkshire,
SL4 3BL

Product: Cicol Slurry

Type: Epoxy/polyuretane

Gjerlev a/s

Mandal Allé 9 A
5500 Middelfart
Tel.: +45 4016 6606
info@gjerlev.as

Product: Kubik NT

Type: Epoxy/polyuretane

ALTECO Technik GmbH

Raiffeisenstr. 1 6,2
7239 Twistringen
Germany

Product: Matacryl

Type: MMA/polyuretane

Sika Schweiz AG

Tüffenwies 16
Postfach
Zürich 8048
Switzerland

Product: Egosit

Type: Epoxy/polyurethane

Bayer, Leverkusen, Germany

Product: Bejertec ?

Type: Epoxy/polyurethane

Büsing & Fasch GmbH & Co.

KG Holding
Stubbenweg 40
26125 Oldenburg

GERMANY

Phone +49 441 9317

Fax +49 441 9317-183

info@buefa.de

Product: ?

Type: Polyurethane ?

Köster

Product: ?

Type: Polyurethane
