

## Sika® CarboDur®

### Sistema di rinforzo ad alta resistenza con CFRP

#### Indicazioni generali

##### Descrizione

Sistema di rinforzo ad alta resistenza con CFRP per cemento armato, muratura, opere in pietra, acciaio, alluminio e legno.

Componenti del sistema:

- lamine Sika® CarboDur® con CFRP
- adesivo Sikadur® 30 per rinforzo dell'adesione
- sistemi di pretensione Sika® CarboDur®

##### Campi di impiego

Grazie all'intenso lavoro di ricerca svolto presso il Centro EMPA (Laboratorio Federale di Prova dei Materiali e di Ricerca) di Dübendorf, è ora possibile realizzare rinforzi per strutture in cemento armato, muratura, opere in pietra, acciaio, alluminio e legno con lamine resistenti alla corrosione, realizzate in polimeri rinforzati con fibre al carbonio (CFRP). Grazie al lavoro di sviluppo mirato al contenimento dei costi svolto dalla Sika AG, dopo la preparazione della superficie, si può applicare il sistema CarboDur® direttamente, senza necessità di altre lavorazioni.

*Per rinforzare strutture per:*

##### **Incremento dei carichi**

- Incremento dei carichi statici
- Incremento dei carichi dinamici
- Installazione di macchinari pesanti in edifici ad uso industriale
- Modifiche d'uso di edifici

##### **Danni agli elementi strutturali**

- Invecchiamento dei materiali edili
- Corrosione dei ferri d'armatura
- Collisioni di veicoli
- Incendi
- Sismi

##### **Miglioramento dell'efficienza statica**

- Riduzione delle deformazioni
- Riduzione delle sollecitazioni a carico dei ferri d'armatura
- Riduzione dell'ampiezza delle fessurazioni

##### **Modifiche del sistema strutturale**

- Demolizione di pareti o colonne
- Demolizione di parti di solette per praticare aperture

##### **Modifiche delle specifiche**

- Realizzazioni antisismiche
- Adeguamenti per modifiche dell'approccio progettuale

##### **Difetti di progettazione o di costruzione**

- Rinforzi insufficienti
- Profondità strutturale insufficiente.

##### Vantaggi

- Peso contenuto
- Disponibile in qualsiasi lunghezza, non sono necessari giunti
- Spessore medio contenuto
- Facile da trasportare (rotoli)
- Intersezioni delle lamine facili da realizzare
- Applicazione economica – nessuna attrezzatura per movimentazione ed installazione particolarmente pesante
- Altissima resistenza
- Disponibile in diversi moduli di elasticità
- Eccezionale resistenza a fatica
- Molto resistente agli alcali
- Esente da corrosione
- Bordi netti senza fibre a vista
- Generalmente approvata nella prassi edilizia di molti paesi

Costruzioni



## Certificazioni

- Verbale di prova EMPA N°. 154 490/1 del 1994: Prove di carico statico su travi in calcestruzzo rinforzate con Sika® CarboDur®
- Verbale di prova EMPA N°. 154 490 del 1994: Esame con tecnica roll-on Sika delle porosità interne mediante la termografia a raggi infrarossi
- Verbale di prova EMPA N°. 148 795 del 1994: Prova d'incendio su travi in cemento armato rinforzate con Sika® CarboDur®
- Verbale di prova EMPA N°. 170 569e-1 del 1999: applicazione di lamine Sika® CarboDur® sotto carico dinamico
- Verbale di prova EMPA N°. 402'017E/2 del 1999: Prova di resistenza a fatica e di cedimento a rottura B1/B2
- Verbale di prova EMPA N°. 172'745/2 del 1998: Prova di lamine precomprese CarboDur® in CFRP, trave V1
- Verbale UCSD, SSRP del 2000: solette in calcestruzzo precompresso con lamine CarboDur® al CFRP incollate esternamente – impostazione analitica e raccomandazioni progettuali
- Verbale NTV N°. R-9-00 del 2000: Rinforzo di travi in calcestruzzo precompresso con lamine CarboDur® al CFRP
- Istituto Tedesco per l'Ingegneria Costruttiva Z-36.12 – 29 del 1997: Autorizzazione generale per l'utilizzo in edilizia del Sika® CarboDur®
- Verbale SOCOTEC N°. HX0823 del 2000: Verbale tecnico ispettivo / capitolato - Sika® CarboDur® / SikaWrap® (in francese)

## Disponibilità

### Materiale disponibile

<b>Sika® CarboDur® S</b>		Modulo di elasticità a trazione 165.000 N/mm <sup>2</sup>		
Tipologia	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	
Sika® CarboDur® S1.525/60	15	2,5	37,5	
Sika® CarboDur® S2.025/80	20	2,5	50	
Sika® CarboDur® S512/80	50	1,2	60	
Sika® CarboDur® S613/100	60	1,3	78	
Sika® CarboDur® S812/120	80	1,2	96	
Sika® CarboDur® S912/140	90	1,2	108	
Sika® CarboDur® S1012/160	100	1,2	120	
Sika® CarboDur® S1014/180	100	1,4	140	
Sika® CarboDur® S1213/200	120	1,3	156	
Sika® CarboDur® S1214/220	120	1,4	168	
Sika® CarboDur® S1512/240	150	1,2	180	
Sika® CarboDur® S612/90*	60	1,2	72	
Sika® CarboDur® 1212/190*	120	1,2	144	
Sika® CarboDur® S614/110*	60	1,4	84	
Sika® CarboDur® S914/160*	90	1,4	126	

<b>Sika® CarboDur® M (equivalente all'acciaio)</b>		Modulo di elasticità a trazione 210.000 N/mm <sup>2</sup>		
Tipologia	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	
Sika® CarboDur® M614/110	60	1,4	84	
Sika® CarboDur® M914/170	90	1,4	126	
Sika® CarboDur® M1214/230	120	1,4	168	
Sika® CarboDur® M514/90*	50	1,4	70	
Sika® CarboDur® M1014/190*	100	1,4	140	

<b>Sika® CarboDur® H</b>		Modulo di elasticità a trazione 300.000 N/mm <sup>2</sup>		
Tipologia	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	
Sika® CarboDur® H514/50	120	1,4	70	

\*Disponibile su richiesta solo per grossi quantitativi

## Confezioni

### **Lamine Sika® CarboDur®:**

- Tagliati a misura in conformità alla lista delle parti, in confezioni riutilizzabili.
- Forniti in rotoli da 250 m in confezioni riutilizzabili.

### **Adesivo Sikadur® 30:**

- Unità predosate (comp. A+B) da 6 kg
- Pallet da 540 kg (90 confez. da 6 kg)
- Confezionamenti industriali non predosati: comp. A in latte da 30 kg, comp. B in latte da 10 kg
- Pallet da 560 kg (14 x 30 kg di comp. A e 14 x 30 kg di comp. B)

### **Detergente Colma Cleaner:**

- Latte da 1 e 5 kg, bidoncino da 20 kg e fusto da 160 kg
- Fusti da 20 e 160 kg

### **Sika® CarboDur®**

#### **Rullo in gomma per Sika® CarboDur®:**

- Confezione da 1 pezzo.

#### **Elica Sika:**

- Confezione da 1 pezzo.

## Lamine Sika CarboDur pretese

### Campi d'impiego

- rinforzo longitudinale e trasversale di ponti
- rinforzo antisismico di muri in calcestruzzo e muratura
- rinforzi di edifici e saloni industriali e commerciali
- rinforzi in tutte le condizioni climatiche
- miglioramento della resistenza all'invecchiamento.

### Vantaggi

- semplice precompressione degli elementi strutturali preesistenti
- movimentazione agevole grazie al peso contenuto
- perdita contenuta della precompressione grazie alla sollecitazione di trazione iniziale più elevata
- non voluminoso grazie alla sezione sottile
- livello di sollecitazione analogo per le lamine CFRP e precompressione acciaio
- nessun rischio di fessurazione per corrosione da sollecitazione
- tirante di precompressione esente da corrosione
- sfruttamento ottimale delle elevate resistenze meccaniche delle lamine in CFRP Sika® CarboDur®
- dal 30 al 50% di lamine in meno rispetto all'uso delle lamine non precomprese
- rapporto ottimale prezzo/prestazioni per il rinforzo del cemento armato
- miglioramento dell'efficienza statica: riduzione dell'ampiezza delle fessurazioni, sollecitazione di trazione e corrosione a carico dell'acciaio
- effetto di rinforzo "attivabile" anche per il carico permanente
- riduzione della sollecitazione di trazione a carico dei rinforzi in acciaio preesistenti
- possibilità di rinforzo strutturale con substrati a basse temperature ed alta umidità senza necessità di riscaldare
- spessore delle lamine fino a 2,4 mm
- ancoraggi terminali corti delle lamine.

SISTEMI:	Sika® LCII	Sika®-StressHead
Tipo di lamina	V914	V624
Sezione trasversale:	126 mm <sup>2</sup>	144 mm <sup>2</sup>
Carico di precompressione:	200 kN	220 kN
Sollecitazione di trazione di precompressione:	9,5°/°°	9,5°/°°
Ancoraggio di tensionamento	Leoba LCII	StressHead 220

## Note per la progettazione

### **Osservazioni di carattere generale**

Una lamina Sika® CarboDur® non presenta riserve di deformazione plastica. Per questa ragione la massima resistenza a flessione di un tratto rinforzato viene raggiunta quando il cedimento della lamina si verifica durante lo snervamento dell'acciaio e prima del cedimento del calcestruzzo. La modalità di cedimento è influenzata dalla sezione della lamina. Per limitare la larghezza delle fessurazioni e la deformazione, nelle condizioni operative i ferri d'armatura non dovrebbero raggiungere il carico di snervamento. Si deve impedire che qualsiasi fessurazione da taglio che dovesse verificarsi possa provocare uno spostamento della superficie rinforzata ed il taglio della lamina. I calcoli di sollecitazione e deformazione possono essere effettuati con i soliti metodi, ma li si dovrà verificare in conformità con le norme SIA 160 (1989) e 162 (1989) oppure FIB 14.

### **Procedura di valutazione delle condizioni della struttura**

- Dimensioni (geometria, rinforzo, regolarità della superficie da rinforzare), qualità del materiale edile preesistente, condizioni climatiche ambientali, condizioni operative concordate.

### **Verifiche**

#### **Sicurezza di portata:**

- Struttura non rinforzata (prevedendo un fattore di sicurezza totale ridotto  $\gamma = 1,0$ )
- Struttura rinforzata (con la modalità di cedimento descritta sopra, controllare le deformazioni)
- Taglio della lamina
- Ancoraggi

#### **Resistenza a fatica:**

- Controllare le sollecitazioni a carico del calcestruzzo e dell'acciaio

#### **Efficienza statica:**

- Deformazione (con deformazioni medie, assumendo che la struttura abbia un comportamento elastico e modifiche della deformazione del calcestruzzo in funzione del tempo)
- Acciaio sollecitato (nessuna deformazione plastica nelle condizioni operative)
- Ampiezza delle fessurazioni (limitando le sollecitazioni dell'acciaio nelle condizioni operative)

## Applicazione

### **Note importanti**

- La resistenza di aderenza a trazione del sottofondo in calcestruzzo deve essere di  $2,0 \text{ N/mm}^2$ , mentre quella minima è di  $1,5 \text{ N/mm}^2$ .
- Il sistema Sika® CarboDur® dev'essere protetto dall'esposizione permanente all'irraggiamento solare diretto.
- La massima temperatura operativa ammessa è di  $+50^\circ\text{C}$ . Quando si applica il dispositivo Sika® CarboDur® Heating congiuntamente all'adesivo Sikadur®-30 LP, la temperatura può arrivare anche fino a un max. di  $+70^\circ\text{C}$ .
- Il tenore massimo in umidità del sottofondo dev'essere del 4%. La temperatura minima di applicazione dev'essere di  $+10^\circ\text{C}$ .
- La temperatura ambiente e quella del sottofondo durante l'applicazione deve superare come minimo di  $3^\circ\text{C}$  il punto di rugiada.
- Quando si applica l'adesivo Sikadur®-30 attenersi alle istruzioni riportate nella scheda tecnica del prodotto.

### **Substrato**

#### **Cemento armato:**

- Pulito, esente da grassi ed oli, senza particelle incoerenti o lattime.
- Preparazione: pulitura a getto o carteggiatura.

#### **Legno, muratura:**

- Pulito, esente da oli e grassi, senza particelle incoerenti.
- Preparazione: pulitura a getto, rettifica o carteggiatura.

#### **Acciaio:**

- Pulito, esente da grassi ed oli, privo di ruggine
- Preparazione: sabbiatura o carteggiatura, Primer Icosit®-277 o Sikagard®-63N.

Dopo la preparazione, eliminare tutta la polvere dalla superficie facendo uso di un aspirapolvere industriale.

La superficie da rivestire deve essere piana, con rilievi e segni delle casseforme che non fuoriescano per più di 0,5 mm.

Controllare la planarità del sottofondo con un listello metallico. Su una lunghezza di 2 m, la tolleranza massima è di 10 mm.

## **Impasto del Sikadur®-30**

### **Confezioni predosate:**

Aggiungere il componente B al componente A ed agitare con un'elica montata su un'impastatrice elettrica a bassa velocità (max. 500 giri/minuto) per evitare di inglobare aria. Miscelare a fondo per circa 3 minuti fino ad ottenere una miscela dall'aspetto uniforme. Quindi versare in un contenitore pulito ed agitare nuovamente per circa 1 minuto, a bassa velocità per cercare di inglobare quanta meno aria possibile.

### **Confezione sfusa, non predosata:**

Agitare bene il materiale nei suoi contenitori.

Aggiungere i componenti nella debita proporzione facendo uso di una bilancia. Versarli all'interno di un contenitore d'impasto adatto, ed impastare correttamente usando un'impastatrice elettrica a bassa velocità, come indicato per prodotti predosati pronti per l'uso.

Il pot life parte dal momento in cui si mettono in contatto resina e indurente, ed è più breve alle alte temperature, più lunga a quelle basse. Tanto maggiore è la quantità che si impasta, tanto più breve è il pot life. Per prolungare la lavorabilità alle alte temperature, si può dividere l'adesivo impastato in porzioni. Un altro sistema è quello di raffreddare molto i componenti A e B prima di impastarli.

### **Applicazione delle lamine al CFRP Sika® CarboDur®**

Se la superficie del calcestruzzo presenta grossi buchi o alveoli, li si deve prima colmare con una malta da riparazioni. L'adesivo Sikadur®-30 dev'essere usato come strato di incollaggio per garantire un buon aggrappo al substrato in calcestruzzo. Come malta da riparazioni usare l'adesivo Sikadur®-41 o Sikadur®-30, additivato nel rapporto 1:1 in peso con sabbia quarzifera Sikadur®-501.

Disporre la lamina Sika® CarboDur® su un tavolo e ripulire il lato da incollare con il Colma Cleaner versato su una pezza bianca pulita. Servendosi di una spatola a vertice, applicare l'adesivo Sikadur®-30 sulla lamina CarboDur®. L'adesivo Sikadur®-30 ben impastato dev'essere applicato con cura sul sottofondo adeguatamente preparato, esente da polveri, utilizzando una spatola, in modo da formare un primo strato molto sottile.

Entro l'open time dell'adesivo, in funzione della temperatura, posare la lamina Sika® CarboDur® rivestita sulla superficie in calcestruzzo preparata. Servendosi dell'apposito rullo in gomma Sika, comprimere bene la lamina sull'adesivo epossidico fino a far fuoriuscire l'adesivo da entrambi i lati della lamina.

Asportare l'adesivo epossidico in eccedenza.

Provvedere a prelevare campioni in loco per controllare la velocità di indurimento e la resistenza finale dell'adesivo utilizzato. Dopo l'indurimento misurare la resistenza a compressione e alla flessotrazione.

I valori medi standard sono: indurimento dopo 7 giorni a +23°C

■ resistenza alla compressione > 75 N/mm<sup>2</sup>

■ resistenza alla flessotrazione > 35 N/mm<sup>2</sup>

In caso di intersezione delle lamine si deve provvedere alla sgrassatura della lamina Sika® CarboDur® applicata per prima con del Colma Cleaner. Se si sono incollate insieme più di due lamine, le si deve ripulire da entrambi i lati di adesione con del Colma Cleaner (ogni contatto lamina-adesivo). In questo caso si raccomanda l'uso del Sikadur®-330.

Se necessario si possono proteggere le lamine Sika® CarboDur® con del materiale antincendio (pannelli o intonaci).

Una volta che l'adesivo Sikadur®-30 è indurito, si deve controllare la lamina Sika® CarboDur® picchiettandola delicatamente per verificare che non vi siano cavità. In alternativa si può usare la tecnica della termografia ad impulsi. La faccia esposta della lamina può essere verniciata con un materiale di rivestimento come ad es. il Sikagard®-550W Elastic o Sikagard®-Elastocolor W.

---

**Consumo**

<i>Larghezza della lamina</i>	<i>Sikadur®-30</i>
50 mm	0,35 kg/m
60 mm	0,40 kg/m
80 mm	0,55 kg/m
90 mm	0,70 kg/m
100 mm	0,80 kg/m
120 mm	1,00 kg/m
150 mm	1,20 kg/m

Il consumo effettivo di adesivo può risultare superiore in funzione della planarità e della regolarità del sottofondo, ma anche degli incroci delle lamine.

**Ripulitura**

Ripulire gli utensili immediatamente dopo l'uso con Colma Cleaner. Lavarsi accuratamente le mani e la pelle con sapone e acqua calda.

Una volta indurito il materiale può essere asportato solo meccanicamente.

---

**Misure di sicurezza  
per le lamine  
Sika® CarboDur®****Taglio**

Il taglio a misura delle lamine Sika® CarboDur® nel senso della lunghezza dovrebbe di preferenza essere eseguito con un disco da taglio diamantato.

**Misure protettive**

Durante il taglio delle lamine Sika® CarboDur® indossare occhiali protettivi e mascherine antipolvere munite di filtro per le micropolveri, oltre a guanti monouso.

---

**Misure di sicurezza  
per il Sikadur®-30****Precauzioni antinfortunistiche**

Il prodotto può provocare irritazioni della pelle (dermatosi)!

Prima di dare inizio al lavoro, applicare sulle mani e sulle aree di pelle non protetta una crema barriera. Indossare capi protettivi (guanti, occhiali di sicurezza). In caso di contatto accidentale del prodotto con gli occhi o le mucose, sciacquare immediatamente con acqua calda pulita e farsi immediatamente visitare da un medico.

**Salvaguardia dell'ambiente**

I componenti non induriti possono contaminare le acque, e di conseguenza non li si può immettere negli scarichi, nei corsi d'acqua o nel terreno. I residui di Colma-Cleaner e di Sikadur®-30 devono essere smaltiti in conformità alle regolamentazioni vigenti a livello locale.

## Caratteristiche tecniche

### Lamine Sika CarboDur

Descrizione	Polimero rinforzato da fibra al carbonio in una matrice epossidica
Colore	Nero
Tenore volumetrico in fibra*	>70%
Conservazione	Illimitata (evitare l'esposizione all'irraggiamento solare diretto)

	Sika® CarboDur® S	Sika® CarboDur® M	Sika® CarboDur® H
Modulo di E*(valore medio)	165.000 N/mm <sup>2</sup>	210.000 N/mm <sup>2</sup>	300.000 N/mm <sup>2</sup>
Modulo di E*(valore minimo)	>160.000 N/mm <sup>2</sup>	>200.000N/mm <sup>2</sup>	>290.000 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione* (valore minimo)	> 2.800 N/mm <sup>2</sup>	> 2.900 N/mm <sup>2</sup>	> 1.350 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione a rottura* (valore medio)	3.100 N/mm <sup>2</sup>	3.200 N/mm <sup>2</sup>	1.500 N/mm <sup>2</sup>
Deformazione a rottura* (valore minimo)	>1.70%	>1.35%	>0.45%
Deformazione di progetto	<0,85%	<0,65%	<0,25%

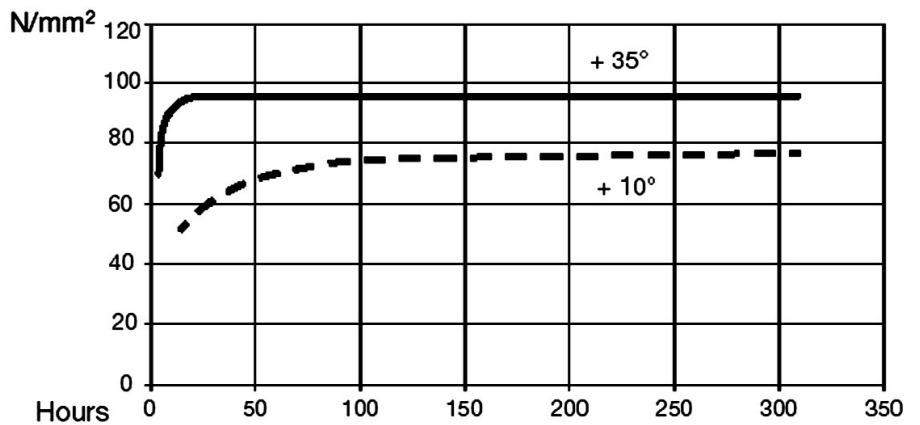
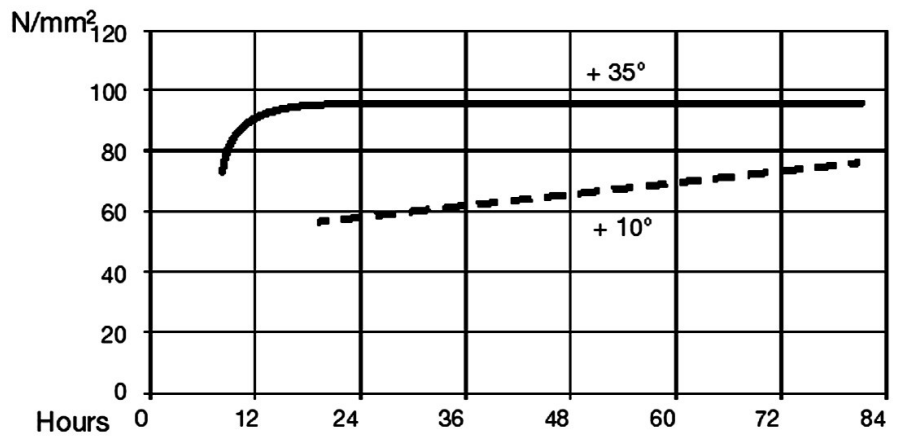
### Adesivo Sikadur® 30 per rinforzi incollati

Aspetto	Comp. A: pasta bianca Comp. B: pasta nera Comp. A+B: grigio chiaro quando miscelati	
Rapporto di impasto	Comp. A : Comp. B = 3:1 (parti in peso) Rispettare l'esatto rapporto di miscelazione utilizzando una bilancia	
Consistenza	Comp. A + B miscelati: cremosa, pastosa	
Temperatura di applicazione	Sottofondo e ambiente: da +10°C a +35°C	
Densità	1,65 kg/l (A+B)	
Pot life (in conformità alla F.I.P.)*	30 minuti (a +35°C)	
Open time (in conformità alla F.I.P.)*	30 minuti (a +35°C)	
Colatura (in conformità alla F.I.P.)*	3-5 mm ( a +35°C)	
Ritiro (in conformità alla F.I.P.)*	0,04%	
Punto di transizione vetrosa (in conformità alla F.I.P.)*	+62°C	
Resistenza alla distorsione a caldo (in conformità alla ASTM D 648)	Indurimento 7 gg +10°C 7 gg +35°C 6 ore +60°C 3 ore +80°C	Temperatura di distorsione a caldo +36°C +53°C +53°C +53°C
Modulo di elasticità (in conformità alla F.I.P.)*	12.800 N/mm <sup>2</sup>	
Potere di aggrappo ad umido (in conformità alla F.I.P.)*	Cedimento del calcestruzzo (circa 4 N/mm <sup>2</sup> )	
Resistenza al taglio (in conformità alla F.I.P.)*	Cedimento del calcestruzzo (circa 15 N/mm <sup>2</sup> )	
Coefficiente di dilatazione termica (valori Sika)	9 x 10 <sup>-5</sup> per °C (da -10°C a +40°C)	
Conservazione	Nella confezione originale sigillata conservata da +5°C a +25°C: 24 mesi dalla data di produzione	
Nota	I valori specificati possono variare a seconda dell'intensità di impasto e della quantità di aria inglobata (nel corso dell'impasto)	

\* Federazione Internazionale del calcestruzzo Precompresso

**Resistenza  
alla compressione  
(in conformità  
alla EN 196)**

## Sviluppo della resistenza alla compressione



### Note legali

I consigli tecnici relativi all'impiego, che noi forniamo verbalmente o per iscritto come assistenza al cliente o all'applicatore in base alle nostre esperienze, corrispondenti allo stato attuale delle conoscenze scientifiche e pratiche, non sono impegnativi e non dimostrano alcuna relazione legale contrattuale né obbligo accessorio col contratto di compravendita. Essi non dispensano l'acquirente dalla propria responsabilità di provare personalmente i nostri prodotti per quanto concerne la loro idoneità relativamente all'uso previsto. Per il resto sono valide le nostre condizioni commerciali. Il contenuto della presente scheda si ritiene vincolante per quanto sopra ai fini della veridicità del contenuto, solo se corredata di apposito timbro e di controfirma apposti presso la ns. sede e da personale delegato a quanto sopra. Diffonibilità dall'originale predetto per contenuto e/o utilizzo non implicherà alcuna responsabilità da parte della società Sika. Il cliente è inoltre tenuto a verificare che la presente scheda E GLI EVENTUALI VALORI RIPORTATI siano validi per la partita di prodotto di suo interesse e non siano superati in quanto sostituiti da edizioni successive E/O NUOVE FORMULAZIONI DEL PRODOTTO. Nel dubbio, contattare preventivamente il nostro Ufficio Tecnico.



**Sika Italia S.p.A**  
Via L. Einaudi 6 - 20068 Peschiera Borromeo (MI)  
Tel. +39 02 54778.111 - Fax +39 02 54778.119  
www.sika.it - info@sika.it

