

## 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

**NUOVO**

##### 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 alcun'altra lavorazione.

*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 e 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

## 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

#### Sika CarboDur XS Modulo di elasticità a trazione 165.000 N/mm<sup>2</sup>

Tipologia	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Sezione (mm <sup>2</sup> )
Sika CarboDur XS514	50	1,4	70
Sika CarboDur XS1014	100	1,4	140
Sika CarboDur XS1214	120	1,4	168
Sika CarboDur XS1514	150	1,4	210

#### Sika CarboDur S Modulo di elasticità a trazione 165.000 N/mm<sup>2</sup>

Tipologia	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Sezione (mm <sup>2</sup> )
Sika CarboDur S512	50	1,2	60
Sika CarboDur S612	60	1,2	72
Sika CarboDur S812	80	1,2	96
Sika CarboDur S1012	100	1,2	120
Sika CarboDur S1212	120	1,2	144
Sika CarboDur S1512	150	1,2	180
Sika CarboDur S614	60	1,2	84
Sika CarboDur S914	90	1,2	126
Sika CarboDur S1014	100	1,2	140
Sika CarboDur S1214	120	1,2	168

#### Sika CarboDur M (equivalente all'acciaio) Modulo di elasticità a trazione 210.000 N/mm<sup>2</sup>

Tipologia	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Sezione (mm <sup>2</sup> )
Sika CarboDur M514	50	1,4	70
Sika CarboDur M614	60	1,4	84
Sika CarboDur M914	90	1,4	126
Sika CarboDur M1014	100	1,4	140
Sika CarboDur M1214	120	1,4	168

#### Sika CarboDur UH Modulo di elasticità a trazione 400.000 N/mm<sup>2</sup>

Tipologia	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Sezione (mm <sup>2</sup> )
Sika CarboDur UH514	50	1,4	70

## 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 5 kg.
- Pallet da 400 kg. ( 80 confez. da 5 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
- rinforzo 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 sottofondi 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 a 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).

**Note importanti**

- La resistenza di aderenza a trazione del sottofondo in calcestruzzo deve essere di 2,0 N/mm<sup>2</sup>, mentre quella minima è di 1,5 N/mm<sup>2</sup>.
- Il sistema Sika CarboDur dev'essere protetto dall'esposizione permanente all'irraggiamento solare diretto.
- La massima temperatura operativa ammessa è di +50°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°C.
- Il tenore massimo in umidità del sottofondo dev'essere del 4%. La temperatura minima di applicazione dev'essere di +10°C.
- La temperatura ambiente e quella del sottofondo durante l'applicazione deve superare come minimo di 3°C il punto di rugiada.
- Quando si applica l'adesivo Sikadur-30 attenersi alle istruzioni riportate nella scheda tecnica del prodotto.

**Sottofondo****Cemento armato:**

- Pulito, esente da grassi e 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 dev'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 e 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 a ottenere una miscela dall'aspetto uniforme. Quindi versare in un contenitore pulito e 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.

La 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 la 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 grosse soffiature 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 sottofondo 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 rivestimen-

---

**Consumo**

*Larghezza della lamina*

*Sikadur-30*

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 XS	Sika CarboDur S	Sika CarboDur M	Sika CarboDur UH
Modulo di E*(valore medio)	165.000 N/mm <sup>2</sup>	165.000 N/mm <sup>2</sup>	210.000 N/mm <sup>2</sup>	400.000 N/mm <sup>2</sup>
Modulo di E*(valore minimo)	>160.000 N/mm <sup>2</sup>	>160.000 N/mm <sup>2</sup>	>200.000N/mm <sup>2</sup>	>390.000 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a Trazione* (valore minimo)	> 2.200 N/mm <sup>2</sup>	> 2.800 N/mm <sup>2</sup>	> 2.800 N/mm <sup>2</sup>	> 1.800 N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza a trazione a rottura* (valore medio)	2.400 N/mm <sup>2</sup>	3.100 N/mm <sup>2</sup>	3.100 N/mm <sup>2</sup>	1.900 N/mm <sup>2</sup>
Deformazione a rottura* (valore minimo)	>1.35 %	>1.70 %	>1.35 %	>0.45 %

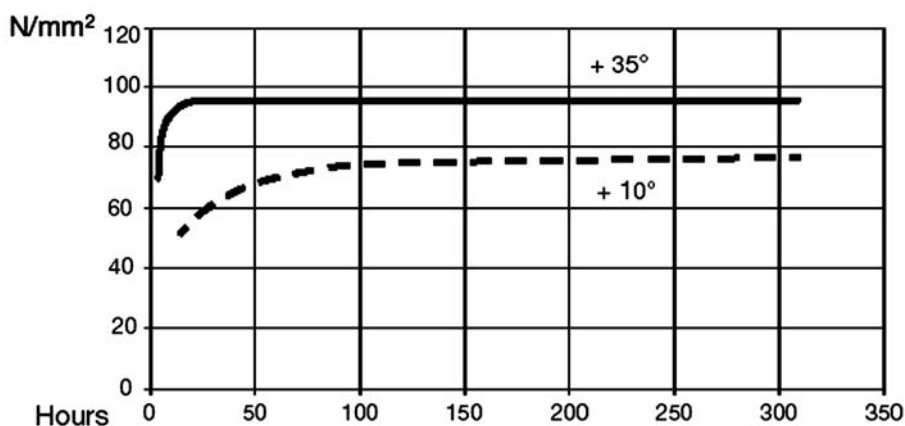
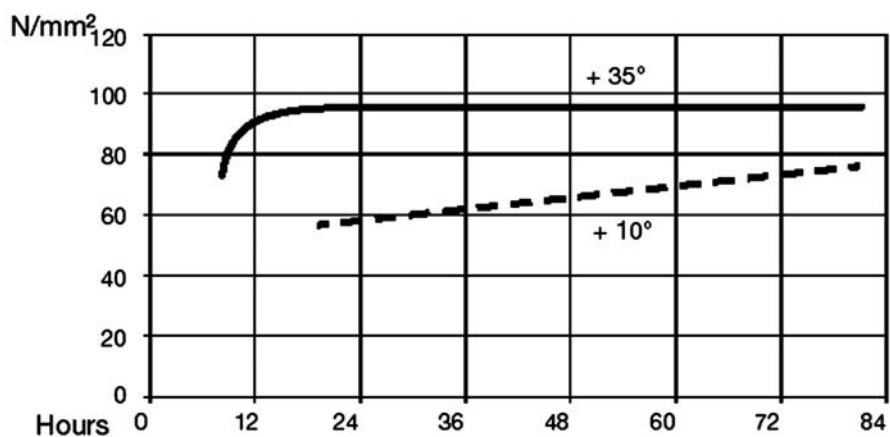
### Adesivo Sikadur 30 per rinforzi incollati

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>-6</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 d'aria inglobata (nel orso 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. Diffornità 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 G. Garré, 9 - 22100 Como Rebbio  
Tel. +39 031 3861111 - Fax +39 031 521817  
www.sika.it - info@sika.it

**AZIENDA CON SISTEMA QUALITÀ**  
**CERTIFICATO DA DNV**  
**UNI EN ISO 9002**

**AZIENDA CON SISTEMA**  
**DI GESTIONE AMBIENTALE**  
**CERTIFICATO DA DNV**  
**UNI EN ISO 14001**