



POMEMBNOST PROTIPOTRESNE SANACIJE OBJEKTOV OJAČEVANJE KONSTRUKCIJ

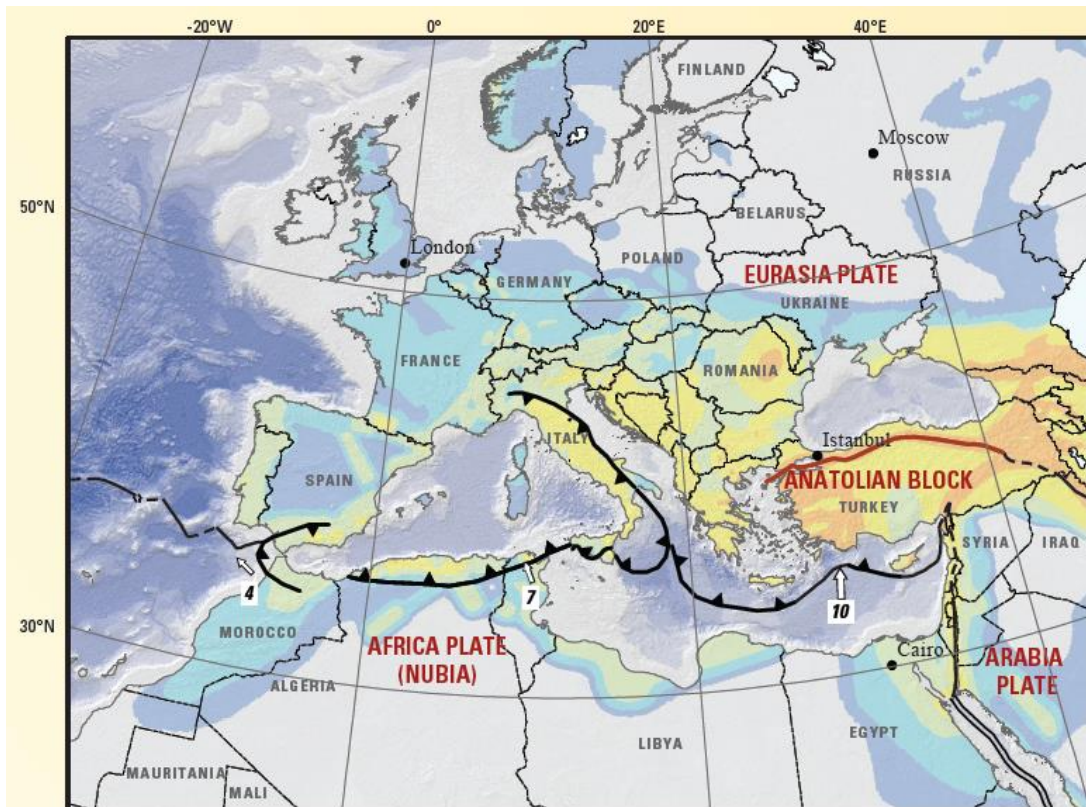
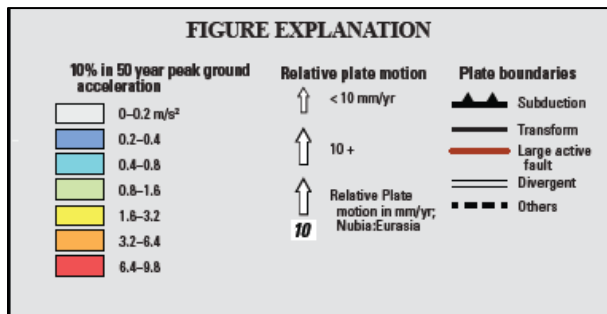
OKTOBER 2021, DAMIR HAMZIĆ

hamzic.damir@si.sika.com

BUILDING TRUST



POTRESNA AKTIVNOST



Seismic Hazard and Relative Plate Motion
Map: Geologic Hazards Science Center

RAZLOGI ZA OJAČEVANJE KONSTRUKCIJ S CFRP



KONSTRUKCIJSKE IZBOLJŠAVE

- Povečanje nosilnosti
- Zmanjšanje deformacij
- Povečanje potresne varnosti
- Zmanjšanje vibracij
- Povečanje odpornosti ob izrednih dogodkih
- Upoštevanje aktualnih standardov in smernic

SANACIJE KONSTRUKCIJE

- Korozija
- Mehanske poškodbe
- Staranje
- Požar
- Izredni dogodki

MODIFIKACIJE KONSTRUKCIJE

- Odstranitev stebrov ali sten
- Preboji na ploščah ali stenah
- Dodatna obtežba (stalna ali koristna)
- Sprememba namembnosti

NAPAKE OB PROJEKTIRANJU IN VGRADNJI

- Kakovost betona ali jekla
- Nepravilna količina ali razporeditev armature
- Nepravilno dimenzioniranje
- Nepravilna nega betonskih elementov

OJAČEVANJE KONSTRUKCIJ

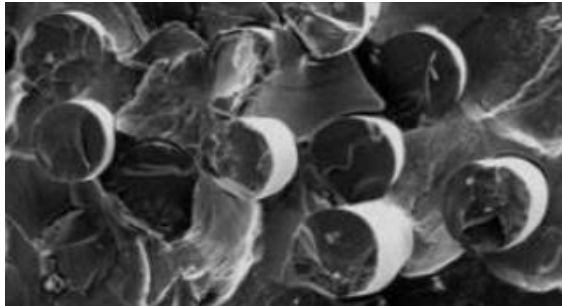
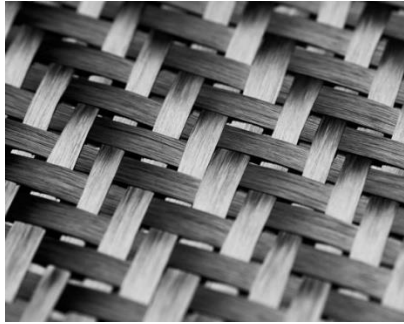
DEFINICIJA



- Različni sistemi za ojačevanje upogibno in strižno obremenjenih elementov ter za preprečevanje možnosti razpiranja tlačno obremenjenih elementov.
- Sistemi in rešitve za izboljšanje nosilnosti obstoječih konstrukcijskih elementov.
- Sistemi ojačevanja bazirajo na kompozitnih tehnologijah, kjer glavno vlogo prevzemajo karbonska vlakna (Carbon Fibre Reinforced Plastics – CFRP).

CARBON FIBRE REINFORCED PLASTICS – CFRP

IZBIRA METODE OJAČEVANJA

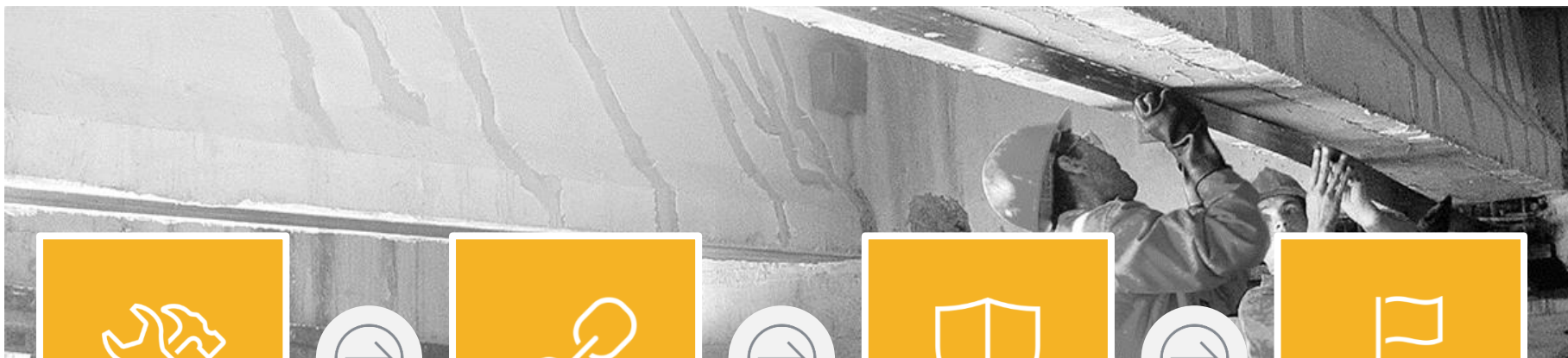


CarboDur® S512 je sestavljen iz ~1.000.000 karbonskih vlaken

- Varnost
- Uporabnost
- **STROŠEK** (material, vgradnja, poseganje v konstrukcijo, vzdrževanje)
- **VGRADNJA** (manipulacijski prostor, obstoječi sistemi, zahtevnost izvedbe, usposobljenost izvajalcev, okoljski pogoji, ...)
- **ŽIVLJENSKA DOBA** (vplivi na okolje, potrebe po vzdrževanju, estetski vidik, ...)



OSNOVNA NAČELA OJAČEVANJA KONSTRUKCIJ



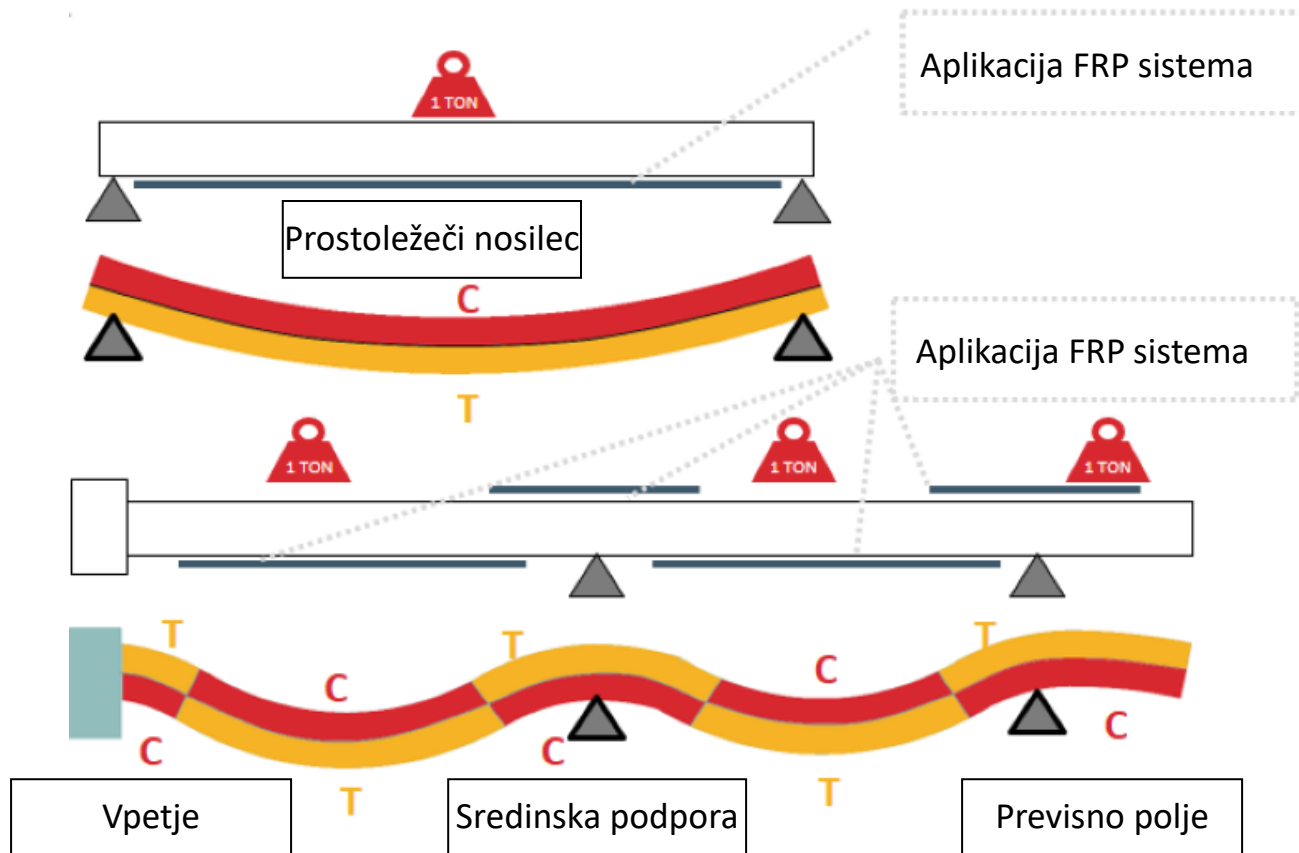
FRP sistemi prevzemajo upogibne napetosti in se nameščajo v upogibne cone

Sisteme FRP izvajajo izkušeni in izučeni izvajalci na primerno predpripravljene podlage

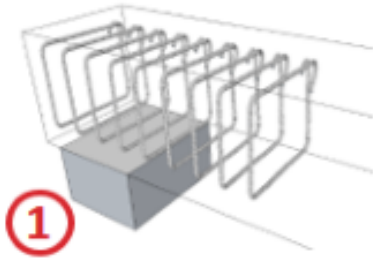
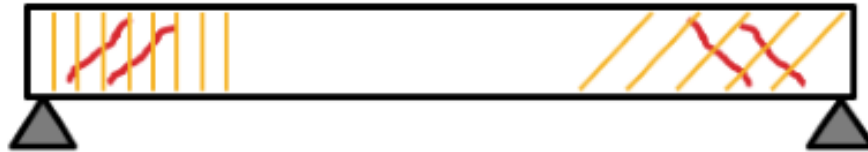
Izbiro in projektiranje sistema, opravi izkušen statik

Premišljeno izbrani sistemi omogočijo učinkovito in varno ojačitev

OSNOVNI MODELI OJAČITEV UPOGIB

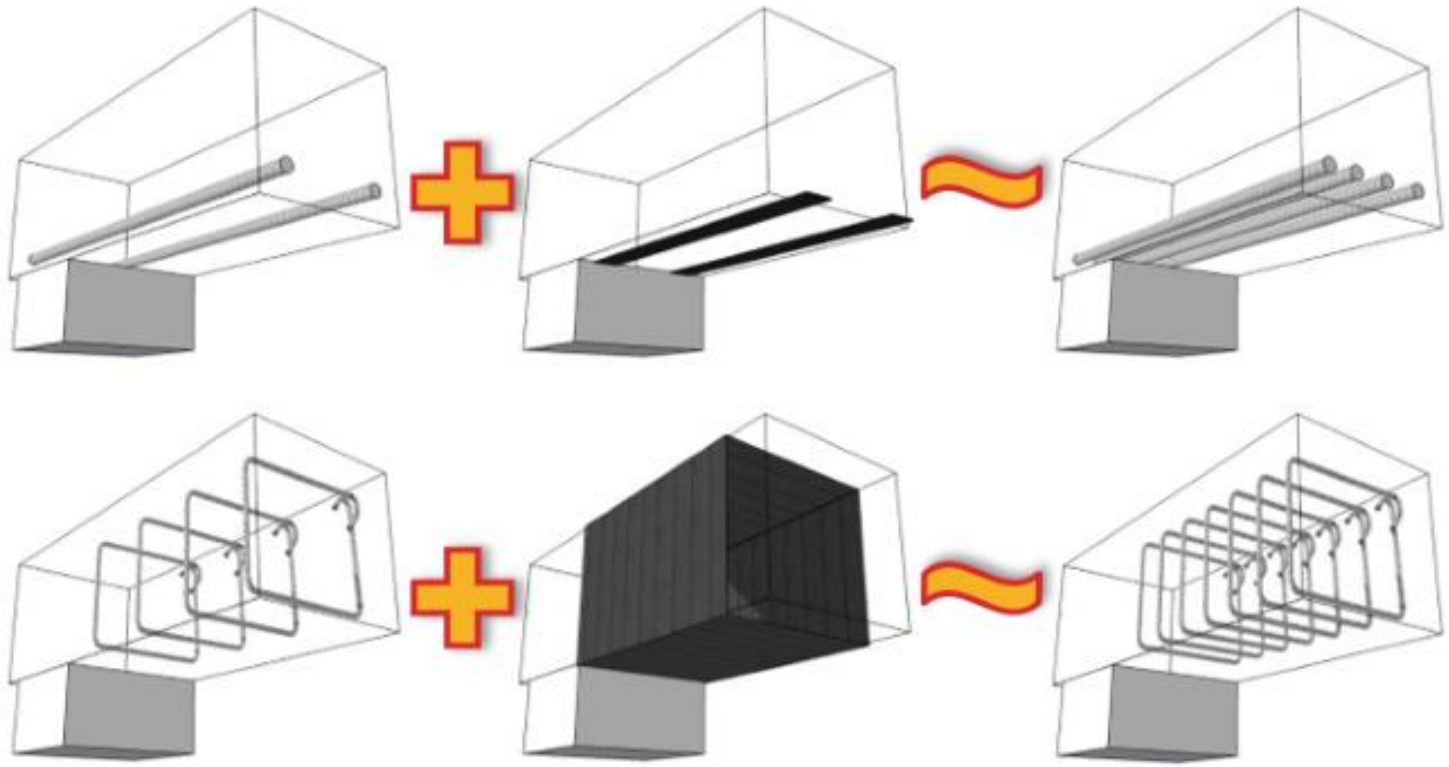


OSNOVNI MODELI OJAČITEV STRIG



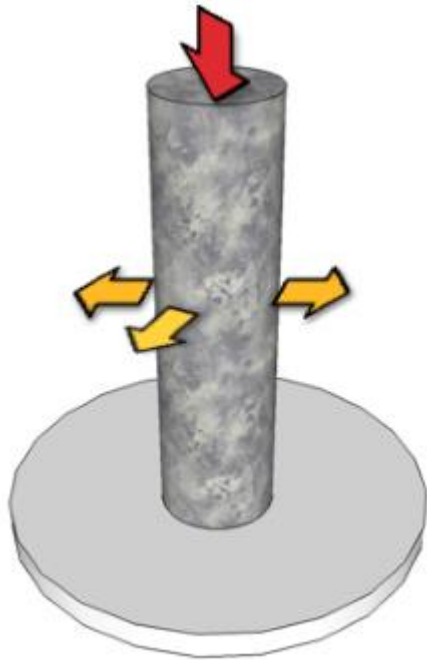
- Prikazane so posledice deformacij (razpoke ob podporah), ki so nastale zaradi preseženih strižnih obremenitev in lahko v rezultirajo v poružitvi.
- Razporeditev armature znotraj nosilca mora med drugim prevzemati tudi strižne obremenitve in preprečevati poškodbe nosilca preko:
 1. Pravilno dimenzioniranih in umeščenih stremen.
 2. Pravilno dimenzionirane in umeščene vzdolžne armature, ki je poševno ukrivljena v strižnih conah.

POENOSTAVLJEN PRIKAZ VPLIVA CFRP OJAČEVANJA PREREZ PROSTOLEŽEČEGA NOSILCA OB PODPORI



OSNOVNI MODELI OJAČITEV

OBJETJE PREREZA TLAČNIH ELEMENTOV

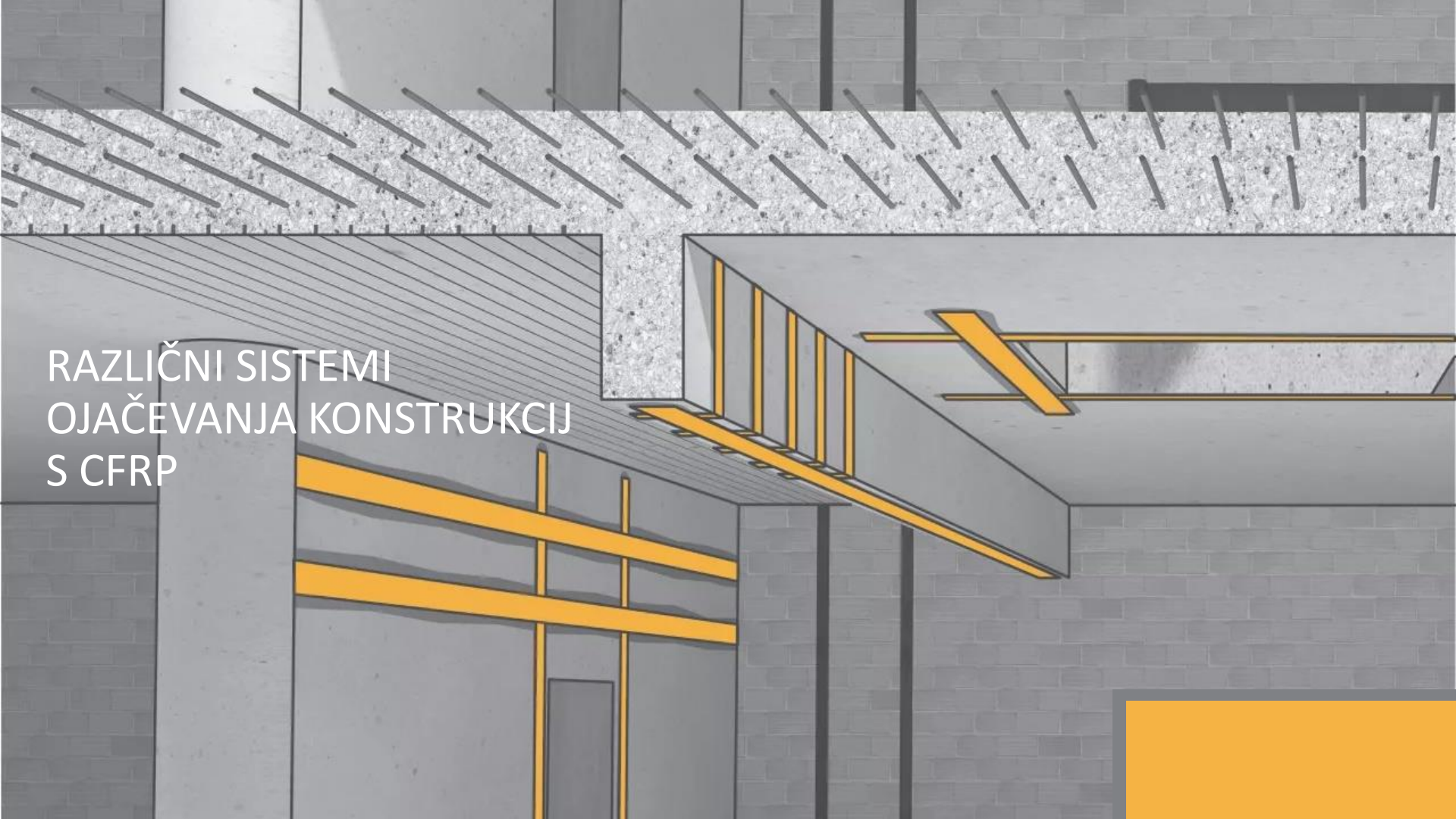


- Zaradi Poissonovega učinka prihaja pri tlačno obremenjenih elementih do deformacij (raztezkov) v prečni smeri.

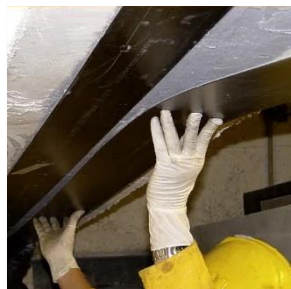
- Povečanje tlačne nosilnosti in duktilnosti (seizmično delovanje) ter hkrati zmanjšanje možnosti uklona tlačno obremenjenih elementov preko objetja s CFRP tkaninami.

Objetje s CFRP omogoča linearno plastično večanje napetosti vse do porušitve.

RAZLIČNI SISTEMI
OJAČEVANJA KONSTRUKCIJ
S CFRP



PREGLED RAZLIČNIH SISTEMOV CFRP OJAČITEV



CarboDur®



CarboDur® NSM



SikaWrap®

CarboShear® L

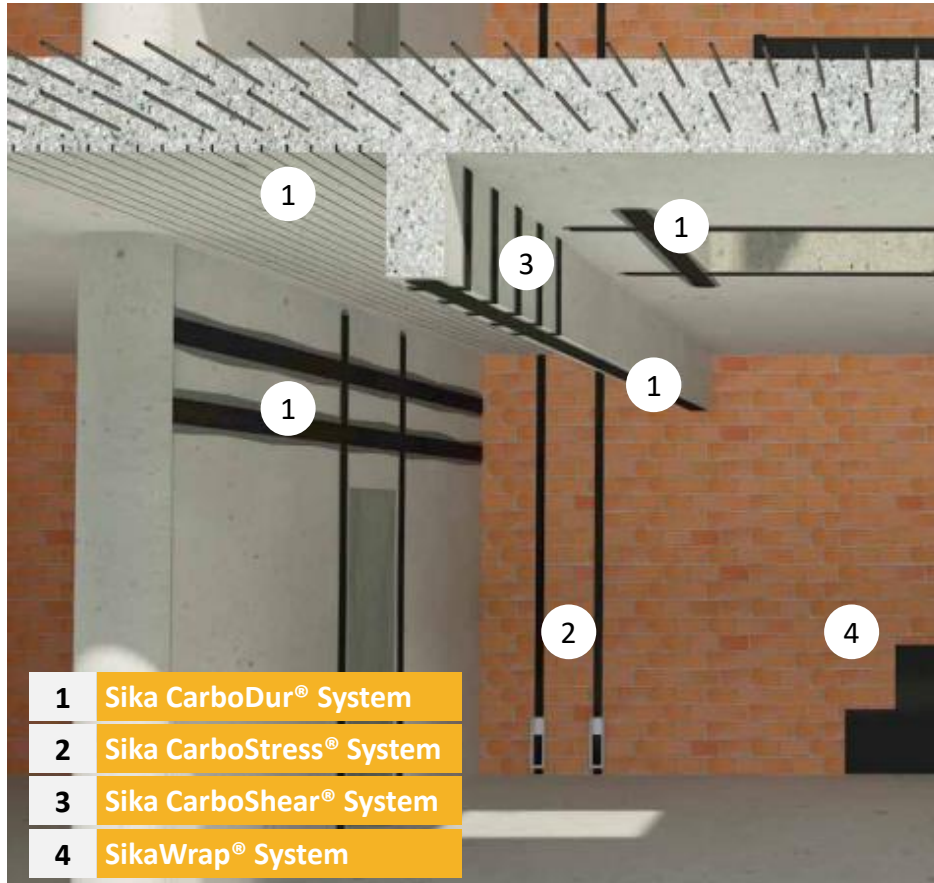


SikaWrap® fx



Skladno z LEED v4 MRc 4 (Opcija 2): Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients
Skladno z LEED v2009 IEQc 4.1: Low-Emitting Materials - Adhesives and Sealants

PREGLED RAZLIČNIH SISTEMOV CFRP OJAČITEV



1 Sika CarboDur® System

2 Sika CarboStress® System

3 Sika CarboShear® System

4 SikaWrap® System

SIKA® CARBODUR®

SIKA® CARBODUR® CFRP LAMELE

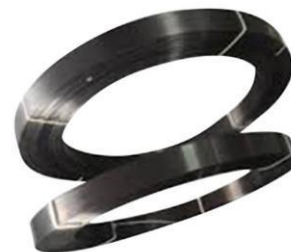
Komponente:

- CFRP lamele: Sika® CarboDur®
- Epoksi lepilo: Sikadur®-30

Sistem sestavljajo karbonske lamele z epoksidno matrico, ki so odrezane na željeno dolžino in se nameščajo na objektu.

Uporaba:

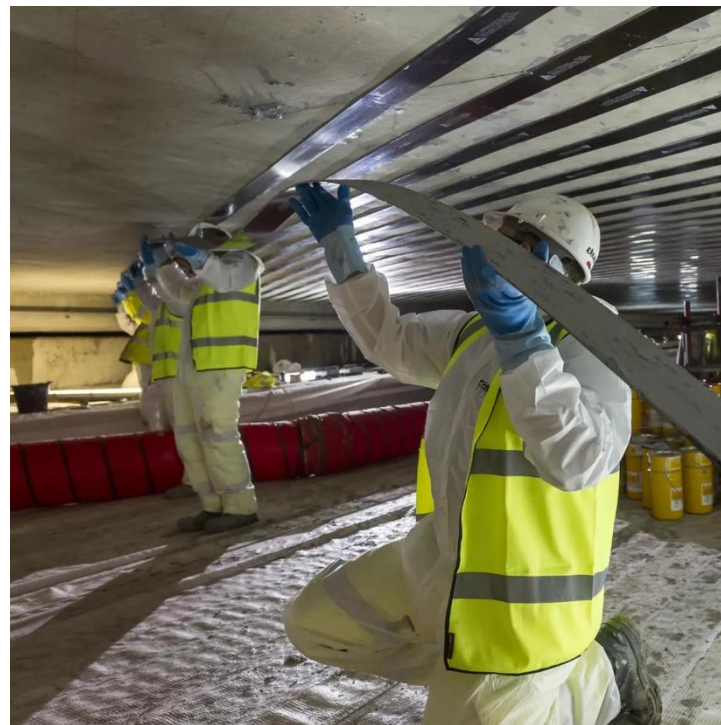
- Prevezemajo upogibne napetosti na strani pozitivnih in negativnih upogibnih momentov
- Možnost ponapenjanja



SIKA® CARBODUR®

CFRP LAMELE

- Sikadur®-30 služi kot temeljni nanos (primer), izravnalni sloj in lepilo hkrati
- Preklopi lamel so dovoljeni
- Nameščanje lamel v več nivojih je dovoljeno
- V večini primerov niso potrebni zaščitni premazi
- Sistem je primeren za nameščanje na beton, jeklo, opeko in les
- Več kot 25 let izkušenj



SIKA® CARBODUR® CFRP SISTEM

- Carbodur® lamele

	E-Modul	Dimenzije
CarboDur® S	170 GPa	Debelina 1.2 – 2.6 mm Širina 50 – 150 mm
CarboDur® S NSM	170 GPa	Debelina 1.2 – 3.0 mm Širina 10 – 25 mm
CarboDur® M	210 GPa	Debelina 1.4 mm Širina 50 – 120 mm
CarboDur® E	170 GPa	Debelina 1.2 – 1.4 mm Širina 50 – 120 mm
CarboDur® BC palice	150-170 GPa	Premer 6-12 mm

- Sikadur® lepilo

	Temperaturni razpon ob vgradnji
Sikadur®-30	8 – 35 °C
Sikadur®-30 LP	25 – 55 °C

SIKA® CARBODUR®

POIMENOVANJE

Specifikacije:

Modul elastičnosti $\geq 170 \text{ kN/mm}^2$

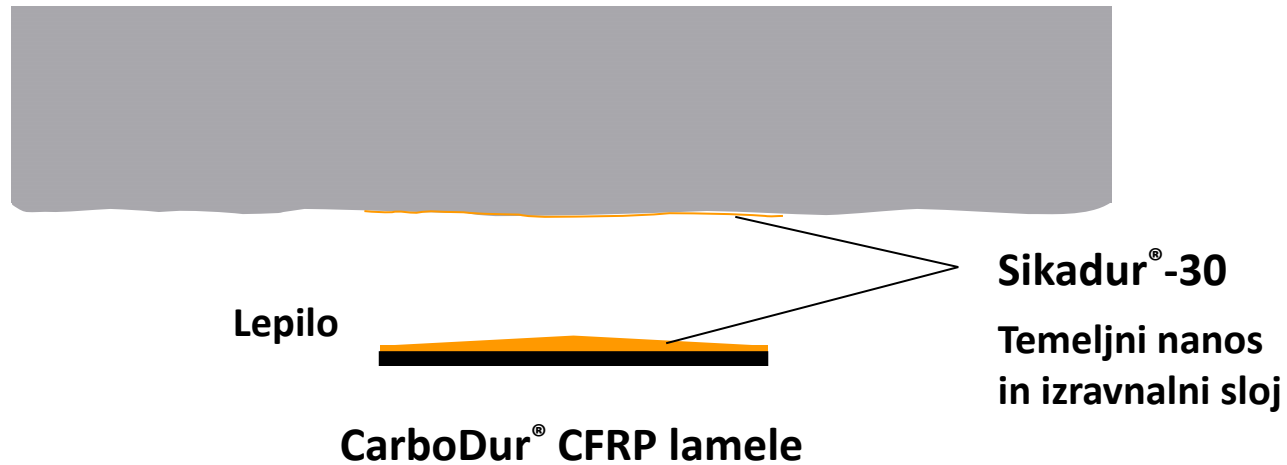
1 batch	ISO 527-5	ACI 440.2	ASTM 3039	EN 2561
E-modul kN/mm ²	159.4	168.2	161.0	174.2
Strain range	0.05-0.25%	0.3-0.6%	0.1-0.3%	10-50% TS

EN 2561 136 batches	Minimum	5% Characteristic	Average	95% Characteristic
E-modul kN/mm ²	160	166	173	180

Specifikacije vsebujejo

- Aktualne standarde
- Kriterije (karakteristike, povprečje, minimum...)

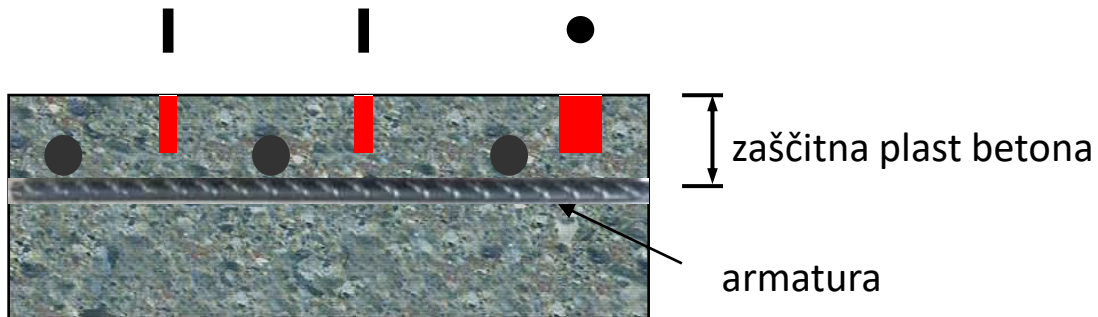
SIKA® CARBODUR® NAMESTITEV



SIKA® CARBODUR® NSM

SIKA® CARBODUR® NSM NAMESTITEV

- Zarezati režo na površino betona
- Zapolniti reže s Sikadur®-30/330/300 lepilom
- Namestiti Sika® CarboDur® S lamele / CarboDur® BC palice



SIKA® CARBODUR® NSM

OSNOVNE LASTNOSTI

PREDNOSTI

- Optimalno sidranje
- Primerno tudi pri podlagah slabše kakovosti
- Zaščita pred mehanskimi poškodbami
- Zahteva manj predpriprave površin, predvsem v primerih večjih neenakosti
- Nevidno ojačevanje

Običajne aplikacije:

- Ojačitve v območju negativnih momentov v ploščah (zgornja armatura)
- Zidane konstrukcije
- Lesene konstrukcije

SLABOSTI

- Možnost poškodb obstoječe armature tekom zarezovanja
- Strošek zarezovanja na vertikalnih površinah in nad glavo



SIKAWRAP®

SIKAWRAP®

TKANINE ZA OBJETJE PREREZA TLAČNIH ELEMENTOV

- Komponente:
 - Enosmerne tkanine iz karbonskih ali steklenih vlaken SikaWrap®
 - Epoksi lepilo Sikadur®-330 ali Sikadur®-300
- Primerno za izvedbo na terenu
- Glede na način vgradnje lahko prevzemajo upogibne in strižne napetosti ter hkrati objemajo prereze tlačnih elementov



SIKAWRAP®

NABOR PROIZVODOV

■ SikaWrap® (karbonska vlakna):

- SikaWrap®-230 C
- SikaWrap®-231 C
- SikaWrap®-300 C
- SikaWrap®-301 C
- SikaWrap®-530 C
- SikaWrap®-600 C
- SikaWrap®-900 C

■ SikaWrap (steklena vlakna):

- SikaWrap®-430 G
- SikaWrap®-930 G

■ Dodatni produkti:

- SikaWrap®-350 G Grid + malta
- SikaWrap® FX-50 C

■ Sikadur® lepilo / impregnacija:

- Sikadur®-330
- Sikadur®-300

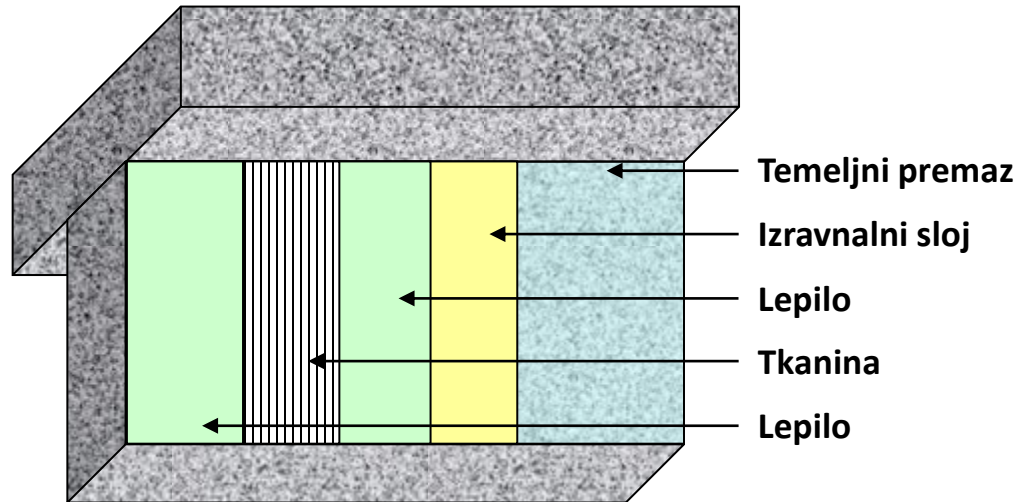


Strig



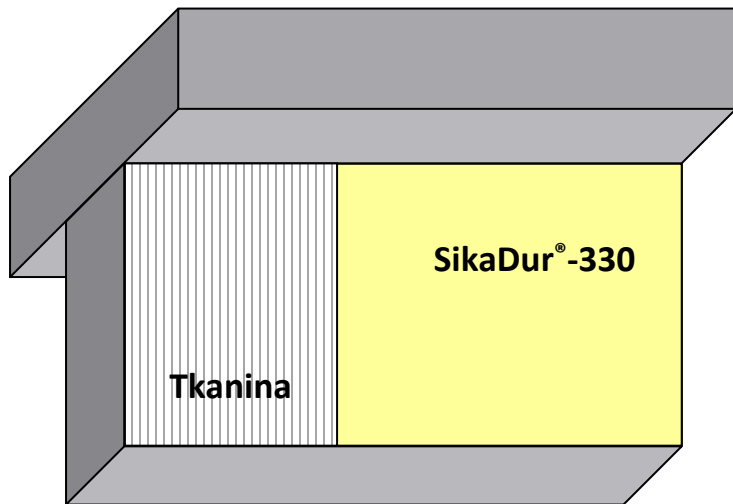
Objemanje prereza

KONKURENČNI SISTEMI ZAHTEVNEJŠE NAMEŠČANJE

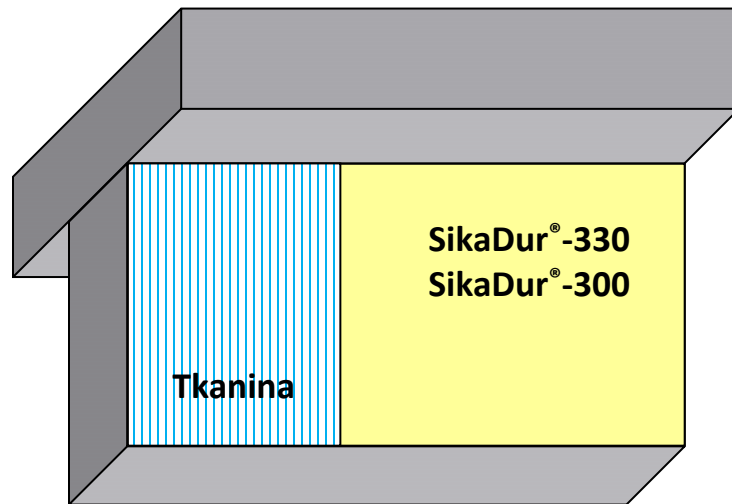


SIKAWRAP®

SUHA IN MOKRA APLIKACIJA



Suho nameščanje (tkanine < 500 g/m²)

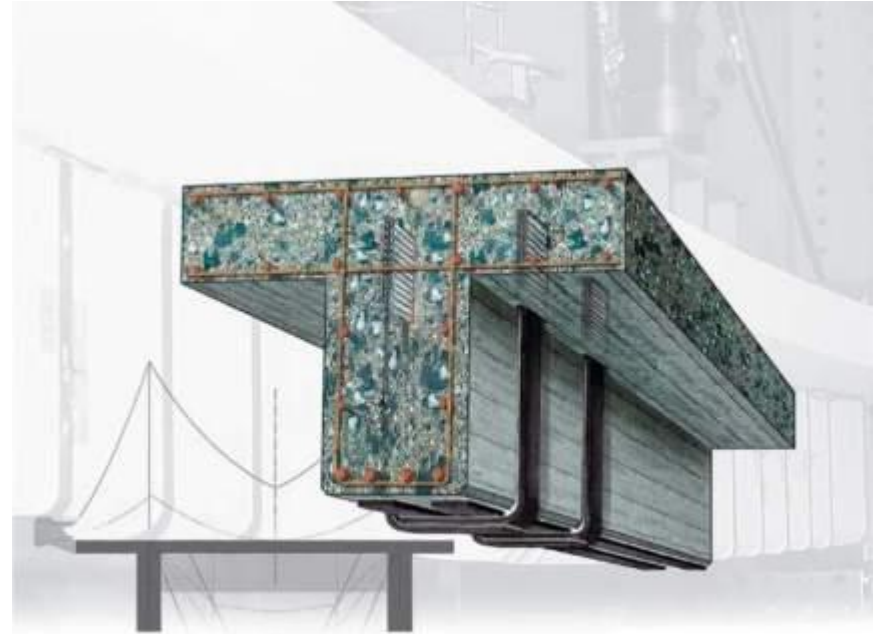


Mokro nameščanje (tkanine > 500 g/m²)

SIKA® CARBOSHEAR® L

CARBOSHEAR® L

- Prezemanje strižnih napetosti
- Izboljšano sidranje
- Enostavna vgradnja
- Dimenzijska prilagodljivost: do 80cm (spodnji krak) in 150cm (stranski krak)



SIKAWRAP® FX

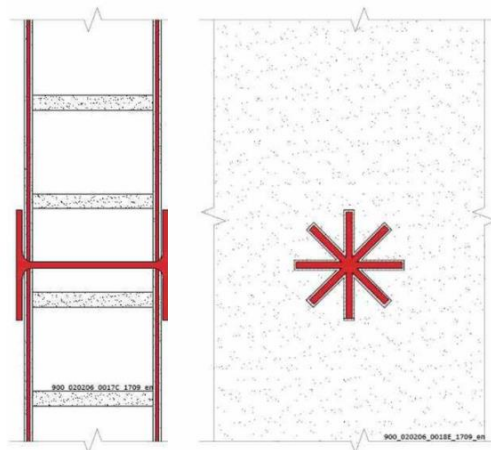
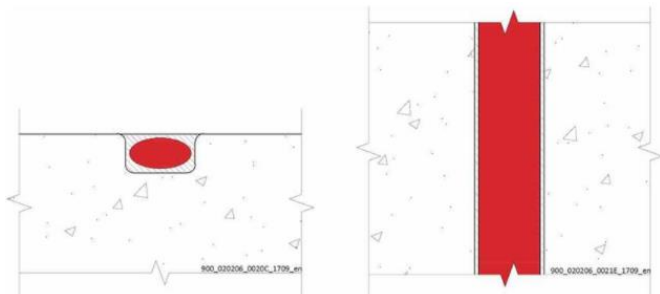
SIKAWRAP® FX

- Snop iz karbonskih vlaken, 50 g/m
- Dobavljivi tudi drugi tipi vlaken z različno nosilnostjo in težo

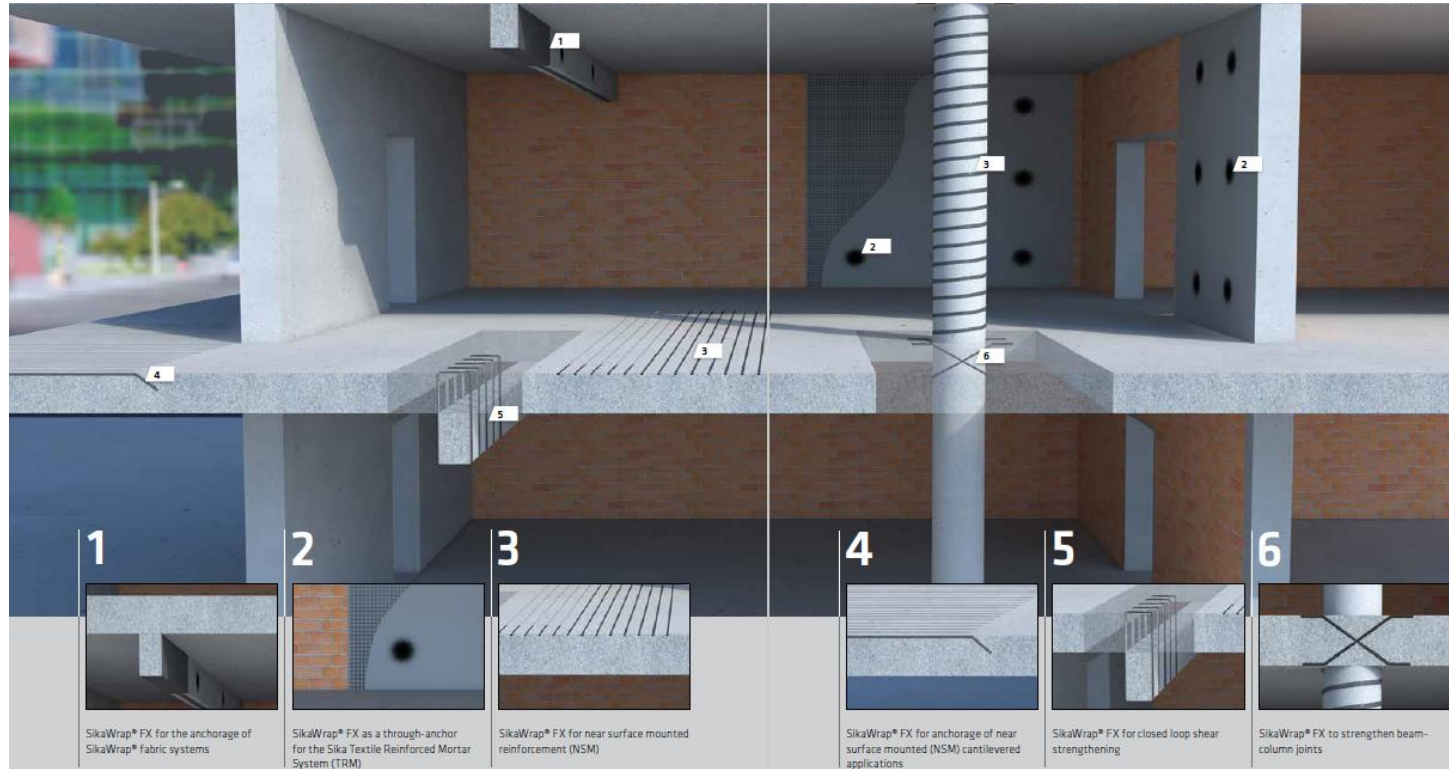


Uporaba:

- Sidranje tkanin v podlago
- Izvedba fleksibilne NSM ojačitve
- Možna aplikacija v obliki zaprte zanke (strig)
- Ojačevanje konzol



SIKAWRAP® FX



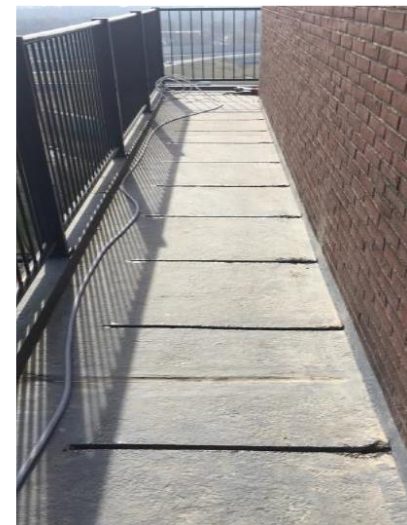
SIKAWRAP® FX PRIMERI IZ PRAKSE



Polno objetje prereza nosilca s
SikaWrap® pasovi



Polno objetj prerez nosilca s
SikaWrap® FX



Ojačitev konzole s
SikaWrap® FX

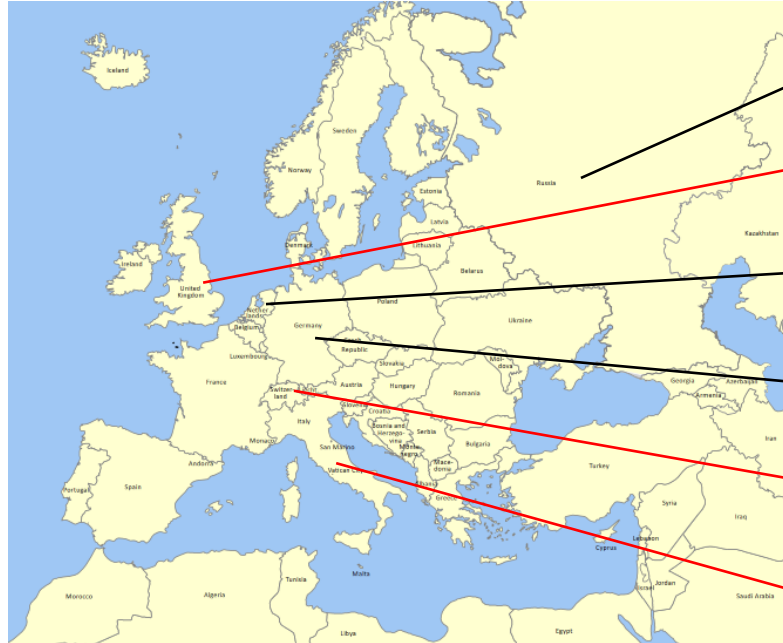
PREGLED SISTEMOV

UPOGIB	STRIG	OBJETJE PREREZA
CarboDur®	CarboHeater 2	
CarboDur® NSM		
CarboStress®		
	CarboShear®	
SikaWrap®	SikaWrap®	
SikaWrap® FX		
Sika® CarboDur® Grid		

STANDARDI IN SMERNICE

DIMENZIONIRANJE FRP

LOKALNE EVROPSKE SMERNICE



SP164.1325800.2014 (Russia)

Concrete Society TR55 (UK)

CUR-91 (Netherlands)

DAfStb Heft 591 (Germany)

SIA 166 (Switzerland)

CNR-DT 200 R1/2013 (Italy)

ODOBRENO S STRANI



Czech Rep.



Poland



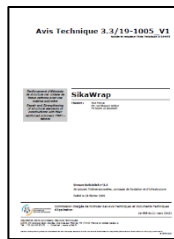
Slovakia



Ukraine



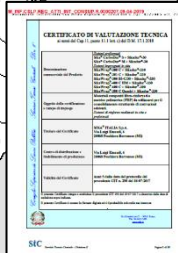
Russia



France



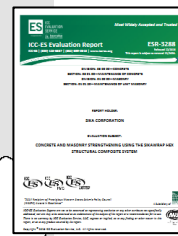
Spain



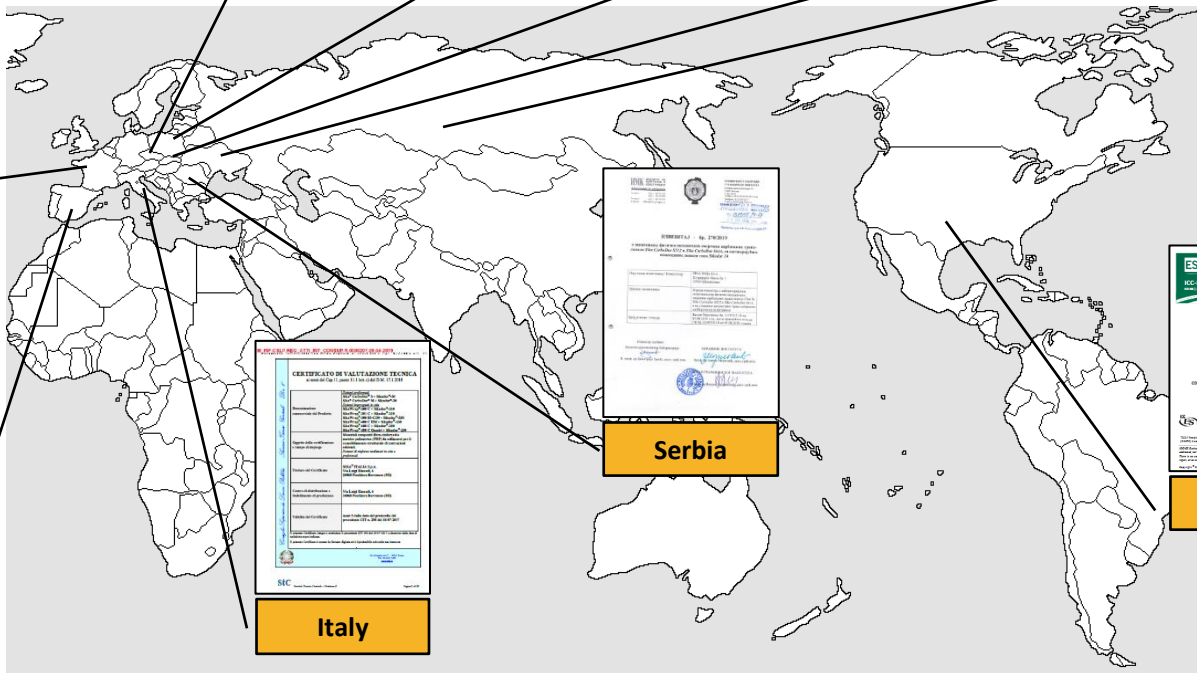
Italy



Serbia



USA



V večini primerov gre za izjave o tehničnih lastnostih in potrčila, da se za namene ojačevanja konstrukcij lahko uporabljajo sistemi SikaWrap® in Sika® CarboDur®.

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

LOKALNE EVROPSKE SMERNICE

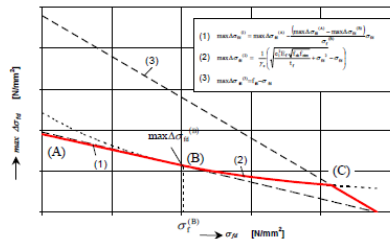


Fig. A2-6: Diagram of the maximum possible increase in tensile stress between two subsequent cracks (Niedermeier 2000).

The points A, B and C shown in the diagram may be estimated using the following equations. In Fig. A2-6 point A corresponds to the verification at the end anchorage where $\sigma_{st} = 0$. The matching maximum increase in stress - or in this case, the maximum anchorable tensile stress $\max \Delta \sigma_{st}^{(A)}$ - can be estimated from eq. (A2-6) - (A2-8). $\sigma_{st}^{(B)}$ can be calculated with eq. (A2-9) and the related maximum increase $\max \Delta \sigma_{st}^{(B)}$ can be estimated from eq. (A2-10).

$$\sigma_{st}^{(B)} = \frac{c_2 E_f}{s_{mm}} - c_4 \sqrt{\frac{f_{tk} f_{ctm}}{4t_f}} \frac{s_{mm}}{4t_f} \quad [\text{MPa}] \quad (\text{A2-9})$$

$$\max \Delta \sigma_{st}^{(B)} = \frac{1}{\gamma_c} \sqrt{\left[\frac{c_1^2 E_f f_{tk} f_{ctm}}{t_f} + (\sigma_{st}^{(B)})^2 - \sigma_{st}^{(B)} \right]} \quad [\text{MPa}] \quad (\text{A2-10})$$

with $c_3 = 0.183$ and $c_4 = 0.283$. The linear decrease between points A and B can then be described by eq. (A2-11). The graph between B and C is determined by eq. (A2-12).

$$\max \Delta \sigma_{st}^{(1)} = \max \Delta \sigma_{st}^{(A)} - \frac{(\max \Delta \sigma_{st}^{(A)} - \max \Delta \sigma_{st}^{(B)})}{\sigma_{st}^{(B)}} \sigma_{st} \quad (\text{A2-11})$$

$$\max \Delta \sigma_{st}^{(2)} = \frac{1}{\gamma_c} \sqrt{\left[\frac{c_1^2 E_f f_{tk} f_{ctm}}{t_f} + \sigma_{st}^2 - \sigma_{st} \right]} \quad [\text{MPa}] \quad (\text{A2-12})$$

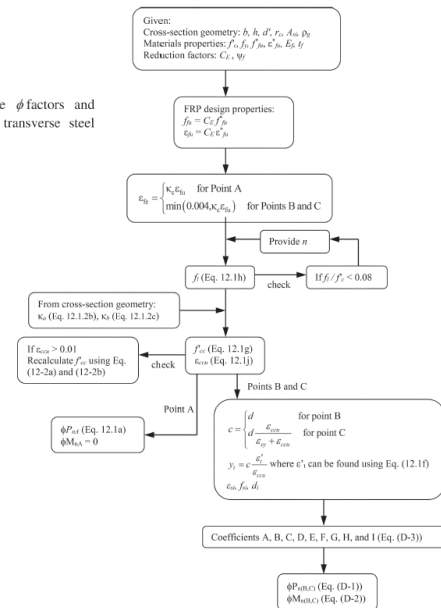
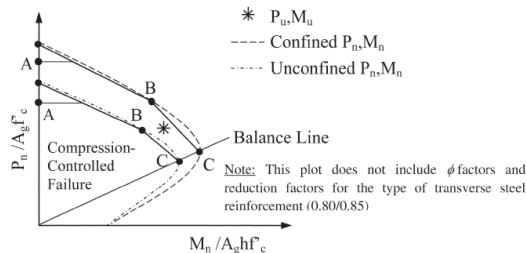
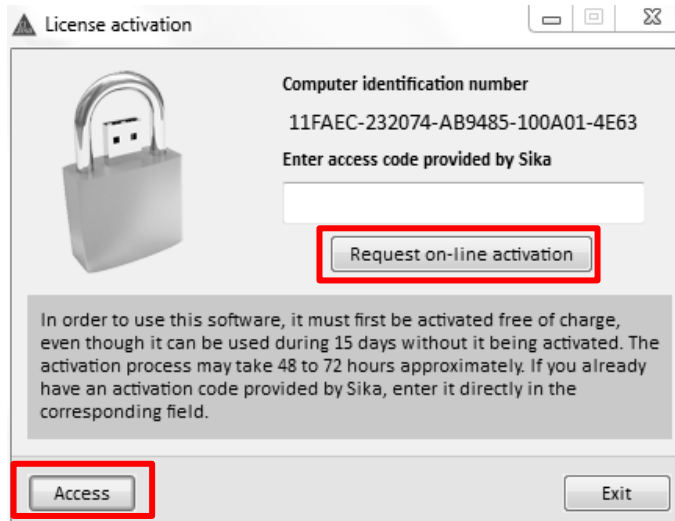


Fig. D.2—Flowchart for application of methodology.

Razvoj programske opreme je bil nujno potreben, da bi lahko povzeli različne pristope dimenzioniranja in upoštevali različne modele izračunov.

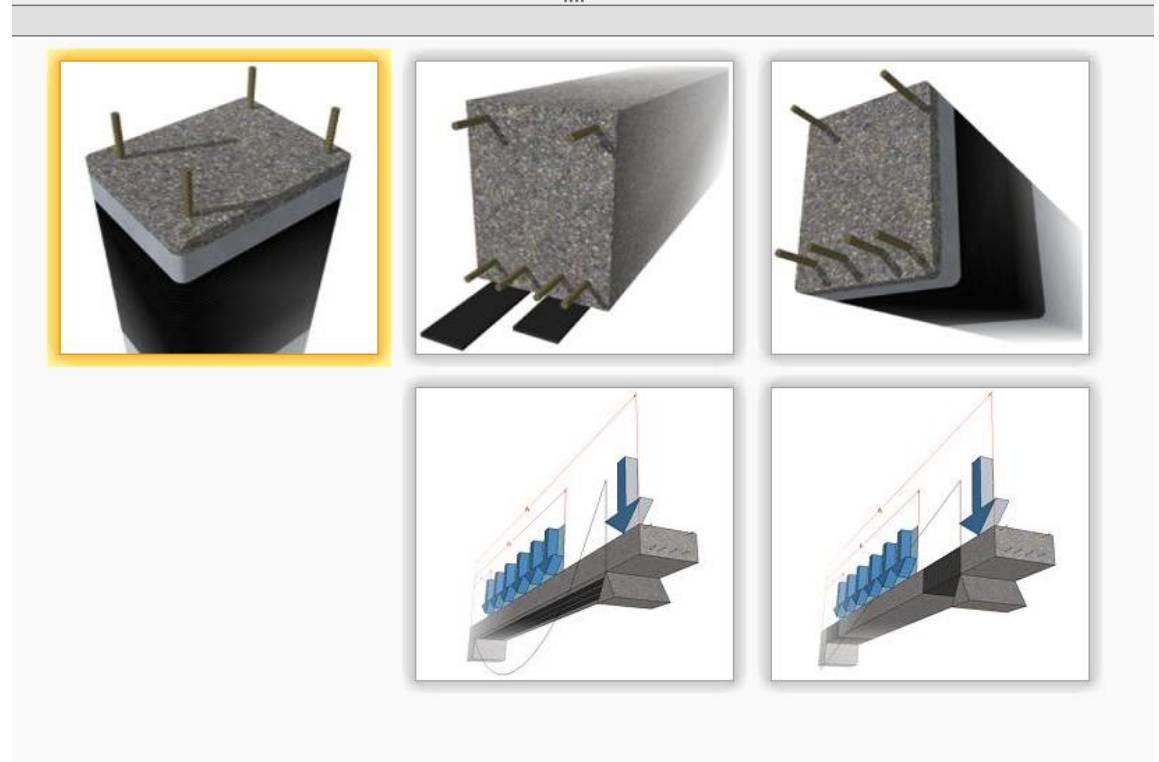
SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

- Sika® CarboDur® Software je eno močnejših programskih orodij za izračun in dimenzioniranje potrebnih FRP ojačitev
- Prosto ga prevzamete na <http://www.sika.com>. V 15 dneh po prevzemu je potrebno zahtevati aktivacijo, ki je BREZPLAČNA.



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

- 5 različnih modelov:
- RC section FRP confinement design
- RC section FRP flexural strengthening design
- RC section FRP shear strengthening design
- RC beam FRP flexural strengthening design
- RC beam FRP shear strengthening design





HVALA ZA POZORNOST

BUILDING TRUST

