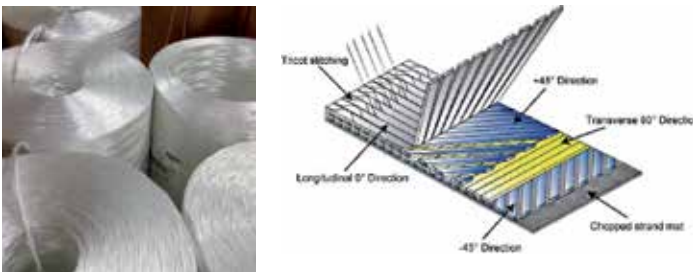


## FRP-materialet

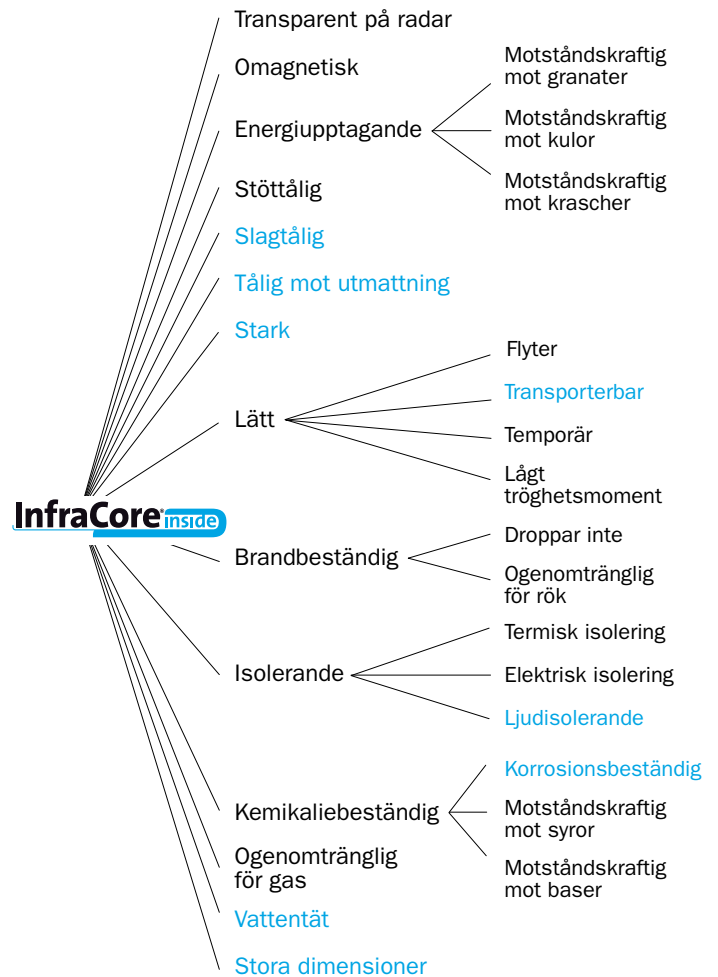
Fiberarmerad polymer (FRP eller komposit) är ett kompositmaterial av strukturfibrer i en matris av härdat harts. Hartset hindrar fibrernas knäckning och möjliggör överföring av skjuvspänning mellan fibrerna. Härdat harts mjuknar inte vid förhöjda temperaturer, till skillnad från termoplastiska material i t.ex. kaffekoppar i plast och många andra av hushållets plastsaker. Fibrerna i FRP är vanligtvis glasfiber även om överlägsna, men oftast dyrare, kol- eller aramidfibrer också kan användas. Glasfibrer har en hållfasthet på 2 800 N/mm<sup>2</sup> (eller: MPa) och är alltså starkare än stål (~ 355 N/mm<sup>2</sup>). Glasfibrer finns att tillgå som roving eller mattor, antingen med fibrer i en riktning eller med en kombination av ett antal olika riktningar. Fibrerna fungerar som armeringen i konstruktioner av armerad betong, men på en mycket mer raffinerad nivå och utspritt över hela konstruktionen.



Rullar med glasfiber och ett exempel på glasfibermaterial uppbyggt av fibrer i flera olika riktningar.

## FRP och InfraCore<sup>®</sup>inside

FRP är ett byggnadsmaterial som är motståndskraftigt mot fukt och UV-strålar och varken ruttnar eller försvagas över tid. Detta är mycket fördelaktiga egenskaper vid utomhuskonstruktioner, såsom i väg- och vattenbyggnad, och därför har man utvecklat InfraCore<sup>®</sup> Inside. Men i slutändan är det ändå formgivningen som gör att egenskaperna kommer till sin fulla rätt. Därför kan man konstatera: InfraCore<sup>®</sup> Inside är alltid FRP, men all FRP är inte InfraCore<sup>®</sup> Inside. InfraCore<sup>®</sup> Inside är en specialiserad teknik för att utnyttja FRP:s fulla potential i bärande konstruktioner. Den uppfanns vid FiberCore Europe och man arbetar ständigt för att utveckla ännu bättre prestanda och för att ta fram andra användningsområden än broar och slussportar.



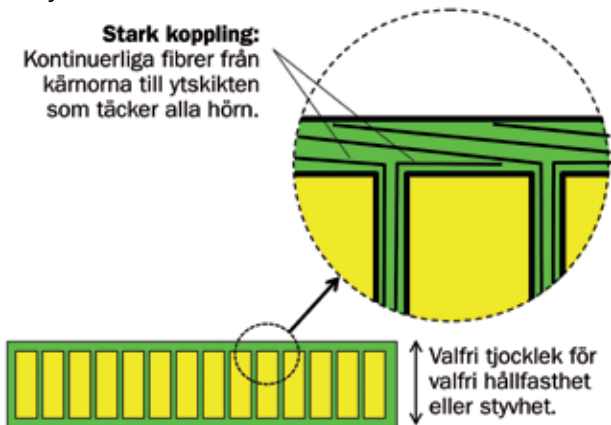
Översikt över InfraCore<sup>®</sup> Inside's egenskaper, med egenskaper relevanta för konstruktioner inom väg och vatten markerade.

## InfraCore<sup>®</sup>inside -teknik

InfraCore<sup>®</sup> Inside är FiberCore Europas patenterade teknik för att bygga starka, lätta och hållbara konstruktioner i FRP. Tekniken omfattar formgivningen, sättet som fibrerna är placerade på och tillverkningsmetoden. Även om det finns stor valfrihet när det gäller att finjustera tekniken inför varje enskilt projekt, tillverkas konstruktionerna i moduler. Dimensionsbegränsningarna beror på hantering och transport, inte på själva tekniken.

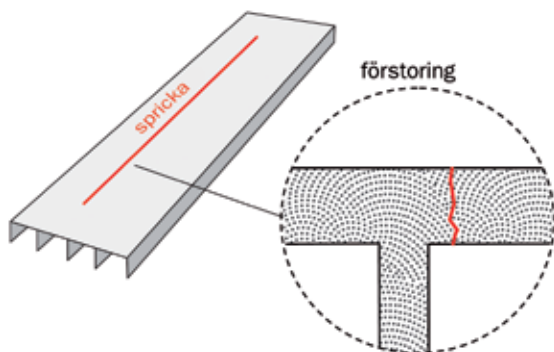
Konstruktioner i InfraCore<sup>®</sup> Inside är helt monteringsfärdiga och kommer i ett stycke utan inre limning eller bultning. Hållfastheten beror därför fullständigt på fibrerna, som i sig själva är starkare än stål.

Mekaniskt beter sig InfraCore® Inside som en mycket effektiv sandwichkonstruktion. I sådana konstruktioner separerar man två ytskikt för att möjliggöra en hävarm. Mellanrummet fylls med ett lätt material som bara överför skjuvspänningar. Det viktiga med InfraCore® Inside är att det innebär en kontinuerlig strukturell koppling mellan de två ytskikten. Detta utesluter spröda brott som ett resultat av delaminering mellan ytskikt och kärna.

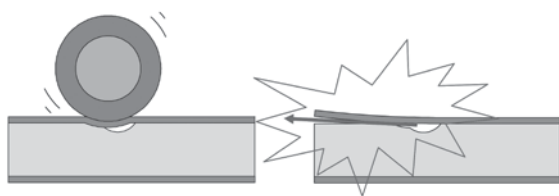


*Principen för InfraCore® Inside:  
ingen delaminering mellan ytskikten och kärnan.*

Hållfastheten är beroende av fibrerna. Det innebär att en hartsdominerad brottväg bör undvikas, vilket visas nedan:



*I konstruktioner där fibrerna huvudsakligen ligger i samma riktning sätter sprickor belastningsfördelningen ur spel och leder till brott. Fibrer i tvärriktning är avgörande för att undvika det här.*



*I traditionella sandwichkonstruktioner sprids begynnande skador på grund av rullande hjul, vilket leder till delaminering mellan ytskikt och kärna och att brott uppstår.*



*Med InfraCore® Inside kan inte lokala skador leda till brott med katastrofala följder. Dessutom utgör inte kärnmaterialet (skum) en del av den bärande konstruktionen, utan fungerar bara som plattshållare under tillverkningen.*

## Kvalitet

InfraCore® Inside-tekniken uppfanns, utvecklades och lanserades av FiberCore Europe. Det tog avsevärd tid att komma på en konstruktion som är kostnadseffektiv att bygga, ändamålsenlig vid användning och som på bästa sätt lyfter fram potentialen i FRP åt kunderna i infrastrukturbranschen. FiberCore Europe är fortfarande den enda tillverkaren av InfraCore® Inside. FiberCore Europe använder sig av ett ISO9001-certifierat kvalitetskontrollsystem. Systemet säkerställer att produkter byggs enligt specifikation och att de uppfyller en hög kvalitetsstandard. Det omfattar allt från anskaffningen av råmaterial till bekräftandet av enskilda steg i tillverkningsprocessen. Framtida licensinnehavare kommer att behöva leverera samma kvalitet.



## Formgivning och ingenjörskonst

Kompositmaterials egenskaper beror på fibrernas sort, orientering och mängd. Nedan följer typiska värden baserade på erfarenhet och ekonomi:

- Hållfasthet, spennets riktning: 550 N/mm<sup>2</sup> (eller MPa)
- Hållfasthet, tvärgående: 150 N/mm<sup>2</sup> (eller MPa)
- Styvhet, spennets riktning: 39 000 N/mm<sup>2</sup> (eller 39 GPa)
- Styvhet, tvärgående: 11 000 N/mm<sup>2</sup> (eller 11 GPa)

InfraCore® Inside-tekniken är en modifierad och utvecklad sandwichkonstruktion som har förbättrats avsevärt för att utesluta delaminering mellan kärna och ytskikt, vilket vanligtvis är kritiskt och ödesdigert i sandwichkonstruktioner. För inledande formgivningsändamål är det ofta tillräckligt att se InfraCore® Inside som en sorts sandwichkonstruktion och strunta i betydelsen av det inre skummet och kärnorna. InfraCore® Inside har hittills använts för att bära fordon på upp till 60 ton. Det klarar en koncentrerad last på 2 000 000 kg/m<sup>2</sup> (!).

Densiteten i injicerad, härdad, solid FRP (alltså inte InfraCore® Inside) varierar beroende på proportionerna mellan harts och fibrer, men ligger vanligtvis på 1 600-1 800 kg/m<sup>3</sup>. Det rena kärnmaterialet, vilket inte fyller någon funktion i konstruktionen utan bara fungerar som en förlorad form under tillverkningen, väger 35 kg/m<sup>3</sup>.

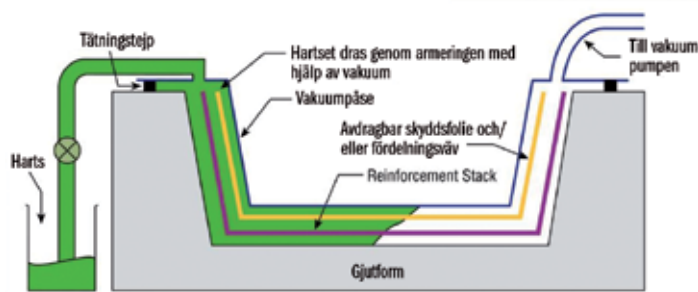
## Koder och standarder

Konstruktioner i FRP täcks inte av eurokoderna, men de materialoberoende delarna av koderna kan användas. Användningen av FRP är väletablerad inom fartygs- och rymdfartskonstruktioner och det finns gott om formgivningserfarenhet tillgänglig. Det finns tillgängliga riktlinjer som tar särskild hänsyn till egenskaperna i FRP vid formgivning av väg- och vattenkonstruktioner, varav de nederländska designriktlinjerna CUR-96 har kommit längst. I enlighet med eurokodernas metod för gränstillståndsdimensionering lägger man där fram reduktionsfaktorer för teoretiska materialegenskaper beroende på tillämpning, konstruktionsmetod och omgivningen där de appliceras.

För formgivningen av konstruktioner i InfraCore® Inside följer FiberCore Europe lastspecifikationerna i eurokoderna och

## Tillverkning

InfraCore® Inside tillverkas med hjälp av vakuuminjicering. Denna metod gör det möjligt att tillverka måttbeställda, integrerade konstruktioner på ett strukturellt ändamålsenligt sätt. Processen innefattar att man transporterar harts genom en ordnad hög med glasfibrer och skumblock. Det hela sker i en lufttät påse och medför inga utsläpp.

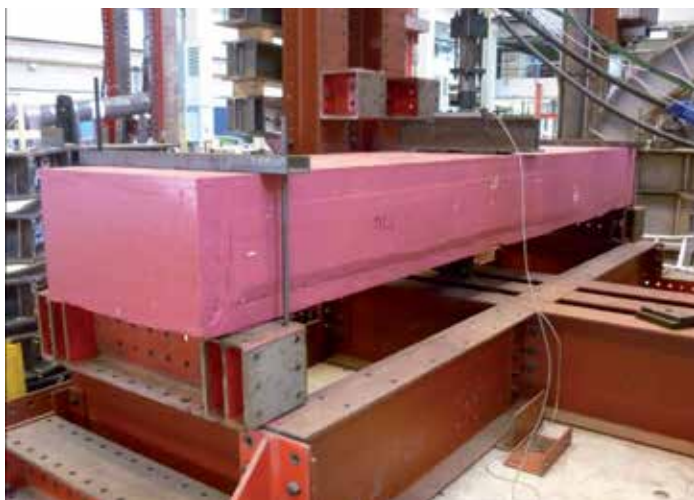


Schematisk bild av tekniken för vakuuminjicering.

Eftersom InfraCore® Inside är en teknik som alltid har samma kärnprinciper kombineras tillverkningseffektiviteten hos ett systembaserat tillvägagångssätt med flexibiliteten i en skräddarsydd tillverkningsmetod. Dimensionerna på de största enheter som kan tillverkas bestäms av logistiken, inte av själva tekniken. För tillfället är den maximala längden 26 m och den maximala bredden 8 m.

## Motståndskraft mot utmattnig

När FRP används i brokonstruktioner styrs formgivningningen oftast av styvhetskrav. I dylika styva konstruktioner är omfattningen av töjningen så låg att materialet är långt ifrån de lägen där det skulle vara känsligt för utmattnig. FRP används också i vindturbinblad. Dessa står emot mycket högre spännings- och töjningsnivåer. Denna tillämpning är en stor källa till kunskap när det gäller materialutmattnig. InfraCore® Inside's motståndskraft mot utmattnig har testats utförligt vid Delfts tekniska universitet. I testerna utsattes provexemplaret för en last motsvarande en konstruktionslivslängd på 150 år.

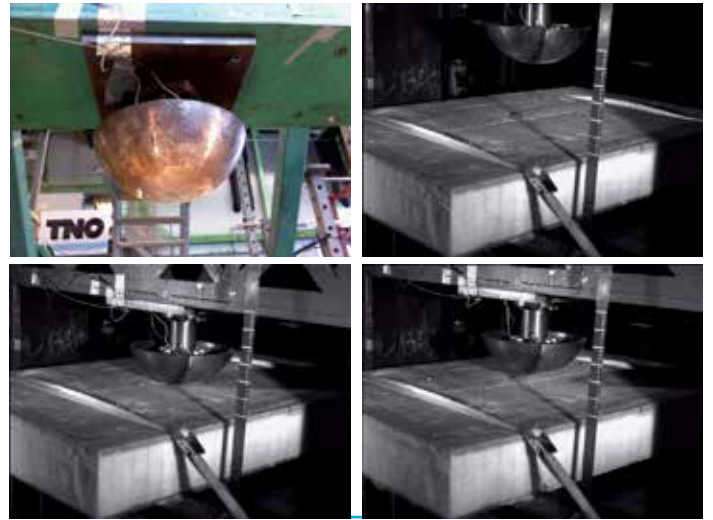


Utmattnigstest vid Delfts tekniska universitet.

## Slagtålighet

När FRP används i infrastruktur är inte bara belastningsfördelningen, så som den fastställts i dimensioneringsregler avgörande, utan även slagtåligheten. Slag kan komma från stenar som fastnat i profilen på däck, från gods som faller av lastbilar, eller från hästars hovar. Enligt dimensioneringsreglerna får det inte uppstå några osäkra konstruktioner eller fortskridande ras som en följd av en olycksituation. Det gör det inte med InfraCore.

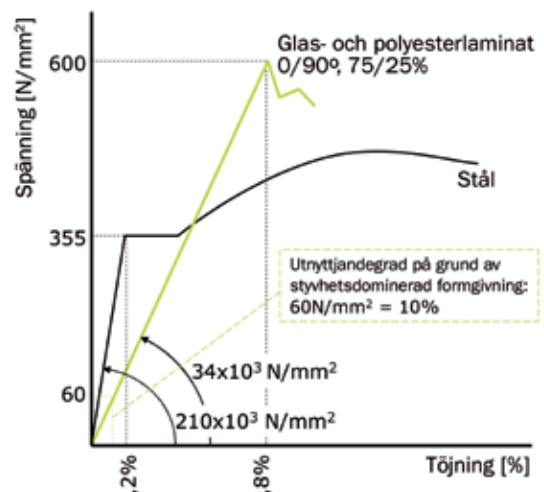
För att demonstrera InfraCore® Inside's elasticitet vid slag utsatte man vid nederländska TNO:s laboratorier plattor för en kropp i fritt fall. Testet visade FRP:s avsevärda töjningskapacitet när den anbringade kroppen studsade tillbaka.



Fotografier tagna med en höghastighetskamera visar inte något panelbrott, utan en elastisk respons.

## Säkerhet

I isolering visar glasfibrer på ett linjärt elastiskt beteende till brott. Men när de tillsammans ingår i en konstruktion i form av ett flerriktad laminat tillverkat med injiceringsmetoden sker brotten gradvis eftersom fibrerna bryts den ena efter den andra istället för alla på samma gång. Vidare påverkas i princip inte fibrer i tvärriktningen av brott i spennets riktning. Därför är injiceringens specialanpassade fiberarrangemang nyckeln till säkra FRP-produkter.



Spännings-töjningsdiagram för FRP och stål.



För den här 142 m långa viadukten modifierade man de termiska expansionsegenskaperna hos brobanan i InfraCore® Inside. Detta gjorde att brobanan kunde kopplas samman fullständigt med fackverket i stål.

### Termiskt beteende

InfraCore® Inside baseras vanligen på glasfibrer och polyesterterts. Dessa material krymper och expanderar som de flesta andra material, men omfattningen varierar beroende på fibrernas orientering och proportion. Typiska värden för längdutvidgningskoefficient är:

- spannets riktning:  $7 \times 10^{-6}/K$
- tvärgående riktning:  $50 \times 10^{-6}/K$

Eftersom längdutvidgningskoefficienten kan justeras kan man göra så att den blir densamma som för stål ( $12 \times 10^{-6}/K$ ), vilket möjliggör fullständigt integrerade hybridkonstruktioner där det byggs upp minimal termisk spänning. Det är värt att notera att om man använder kolfibrer är den termiska utvidgningen nära nog noll.

### Brand

Om FRP eller InfraCore® Inside skulle utsättas för brand kommer hartset att förkolna, men lågorna självslocknar så snart den externa värmekällan avlägsnas. Struktur fibrerna tål mycket höga temperaturer och kan stå emot brand utan några negativa effekter. Materialets reaktion på brand kan optimeras med tillsatsmedel som släpper ifrån sig vatten inifrån materialet. Om branden resulterar i lokal skada kan denna repareras genom återinjicering.

### Klimat

Struktur fibrerna i FRP är silikonbaserade (i grunden sand) och påverkas inte av varken höga eller låga temperaturer. InfraCore® Inside har utsatts för flytande kväve ( $-196 \text{ }^\circ\text{C}$ ) och var fullt funktionsdugligt även efter testet. På en mer praktisk nivå: Slitytan på brobanor i InfraCore® Inside tål dubbdäck. Eftersom slitytan är tunn bör man dock undvika att den utsätts för exponering under längre tid och istället lägga på ett asfaltlager.

I varma klimat bör temperaturer över  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  undvikas, men i Europa uppnår man inte sådana temperaturer ens på varma dagar och med en mörk yta

### Hållbarhet

FRP-konstruktioner är mycket positiva ur hållbarhetssynpunkt tack vare den låga egentyngden, det ringa underhållsbehovet, den långa konstruktionslivslängden samt möjligheten till energiåtervinning efter användning. Jämförelser med andra material bör göras från fall till fall och inkludera alla projektets egenskaper inklusive grundläggning, underhåll och efteranvändning.

Hållbarhet är ett mycket brett ämne och beroende av placering och kundens ambition kan även följande positiva bidrag tas i beaktande:

- minskat buller under konstruktion och användning
- snabb konstruktion, mindre störning, kortare omvägar för den pågående trafiken
- färre och lättare lyft vid transport och kranarbete.

### InfraCore<sup>inside</sup> i användning

Sedan materialet introducerades i Nederländerna år 2007 har InfraCore® Inside etablerats som ett godkänt och viktigt byggmaterial för infrastruktur. Fler än 250 projekt har utförts i Nederländerna och resten av världen. Besök vår webbplats för att se var våra projekt finns. Våra produkter har en förväntad konstruktionslivslängd på mer än 100 år och levereras med 50 års garanti.

Vill du veta mer? Besök vår webbplats eller kontakta oss:



FiberCore Europe BV  
Oostdijk 25  
3077 CP Rotterdam  
Nederländerna

+31 (0)10 476 58 58  
info@fibercore-europe.com  
www.fibercore-europe.com

