

1^{ste} Vakbijeenkomst Platform Fiets + Voetbruggen

In Amersfoort zijn op 10 november in de middag ca. 60 belangstellenden bijeen geweest om met elkaar van gedachten te wisselen over twee thema's: het ontwerp van dit type bruggen en over het onderhoud van dit type bruggen in het licht van de toepassing van vezelversterkt kunststof.

Jan de Boer als voorman van het Platform deed een beroep op de aanwezigen om met elkaar specifieke kennis rond fiets- en voetbruggen te delen en te komen tot een richtlijn. Het platform Fiets- en Voetbruggen zou dan een Nederlands kenniscentrum vormen en daarmee een nationale invulling geven aan het internationaal al opererende Footbridge-initiatief van IABSE en the Institution of Structural Engineers.

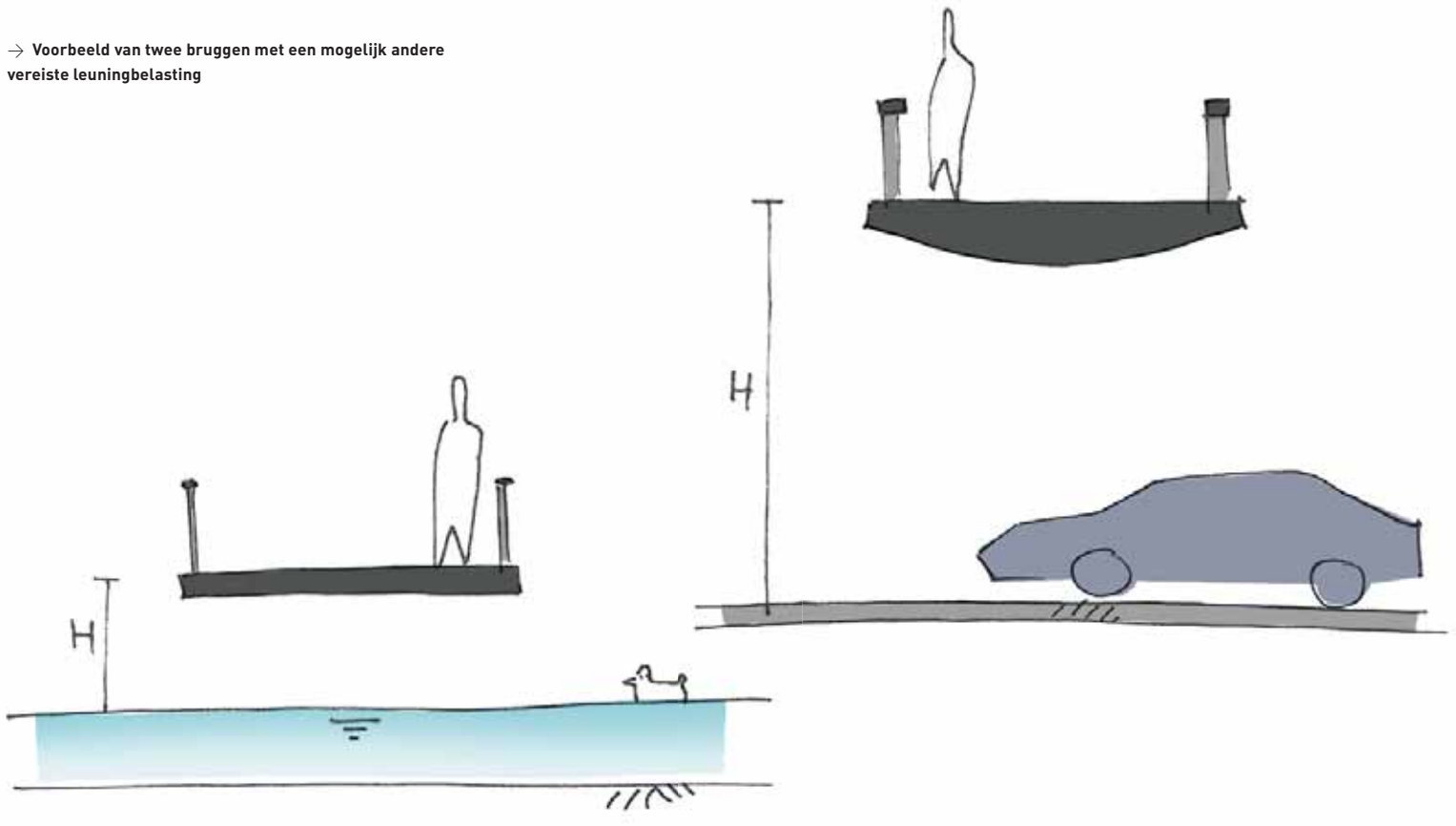
Hieronder volgen twee voordrachten met daaraan gekoppeld de resultaten van een discussie over het onderwerp.





Pijlebrug, Meppel

→ Voorbeeld van twee bruggen met een mogelijk andere vereiste leuningbelasting



Fietsbrug St. Gerardusstraat te Emmen

‘ONTWERPEN VAN FIETS-VOETBRUGGEN CONFORM EUROCODES: MIDDEL OF DOEL?’

Matthijs van Almen, senior constructeur bij Iv-Infra

Bouwwerken mogen geen gevaar vormen voor bewoners, gebruikers en de omgeving. De overheid heeft daarom een aantal voorschriften voor veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en milieu vastgelegd in documenten als het Bouwbesluit en de

Eurocode. De eisen die aan bouwwerken worden gesteld zijn afhankelijk van de gebruiksfunctie. Voor het ontwerp van (fiets) bruggen wordt voor de prestatie-eisen verwezen naar de Eurocode. In dit document zijn een aantal keuzemogelijkheden opengelaten. De Richtlijn Ontwerp

Kunstwerken (ROK) en de OVS 00030-6 vullen deze mogelijkheden in voor projecten die uitgevoerd worden in opdracht van Rijkswaterstaat en ProRail. Een dergelijk document bestaat echter niet voor projecten met andere opdrachtgevers.



De presentatie is een eerste aanzet om tot een document te komen met eisen die van toepassing zijn voor fiets- en voetbruggen. Dit document, met als voorlopige werktitel Invulling Richtlijnen Fiets-voetbruggen (IRF), moet het opstellen van eisen door gemeenten vergemakkelijken en zal in ieder geval de volgende punten bevatten:

- Buitengewone ontwerp situatie (zoals aanrijdingen en aanvaringen) en de mogelijk aan te houden ontwerpstrategieën.
- Overzicht van de informatie die wordt vereist van de opdrachtnemer in het kader van uitvoeringsbelastingen en berekeningen.
- Specifieke eisen aan dynamisch gedrag door voetgangers, afwijkend van de waarden die zijn genoemd in de Eurocodes en aanbevelingen voor het ontwerpproces van trillingsgevoelige bruggen.
- Aanvullende (strengere) eisen en aanbevelingen met betrekking tot het winddynamisch gedrag van fiets- en voetbruggen.
- Onderhoudsvoertuigen op fiets- en voetbruggen en hoe de waarde van de belastingen van deze voertuigen veilig bepaald kunnen worden.
- Het afwegen van de veiligheidsrisico's voor fietsers ten gevolge van permanente obstakels en verhoogde ontwerpkosten ten gevolge van mogelijke onbedoelde voertuigen op bruggen.

Naast bovengenoemde punten bestaat het idee om kritisch te kijken naar belastingen op kleine fiets- en voetbruggen en, waar mogelijk, minder zware eisen te omschrijven voor dit type bruggen. Juist fiets- en voetbruggen hebben een grote variëteit aan gebruikssituaties en prestatie-eisen, terwijl de norm is geschreven met in het achterhoofd een maatgevende situatie die mogelijk niet bij alle constructies zal optreden. In enkele gevallen leidt dit tot onduidelijkheid en, naar de mening van de leden van het Platform Fiets + Voetbruggen, soms tot te zwaar uitgevoerde bruggen. De gevolgen hiervan zijn verhoogde kosten voor aanschaf en beheer en onderhoud en verhoogde milieubelasting. Een voorbeeld van een prestatie-eis waarbij dit van toepassing is, is de leuningbelasting. Er bestaat onduidelijkheid over de belastinggrootte die moet worden toegepast en of het mogelijk is om, in specifieke situaties, een lagere waarde voor te schrijven dan is genoemd in de Nationale Bijlage van de Eurocode. De norm zelf lijkt ruimte te geven aan de ontwerpende partij en de opdrachtgever om een keuze te maken.

De fietsbrug St. Gerardusstraat te Emmen en de voetbrug over de Graafstroom te Molenaarsgraaf zijn voorbeelden van bruggen die een andere leunbelasting vereisen. Uiteraard moet iedere constructie

een voldoende veiligheidsniveau hebben, maar het is niet logisch om dezelfde eisen te stellen aan deze totaal verschillende soorten bruggen. Misschien kunnen we, als opdrachtgevende en opdrachtnemende partijen, kritisch kijken naar de eisen die gesteld worden aan constructies. Hoe zwaarder de eisen die aan bruggen worden gesteld, hoe zwaarder de constructies, hoe grover het uiterlijk en hoe hoger het materiaalverbruik en dus de (maatschappelijke) kosten. Kortom: er is voldoende mogelijkheid tot een structurele verduurzamingsslag!

Het Platform Fiets + Voetbruggen is geïnteresseerd in de mening vanuit het werkveld. Uw reactie op dit artikel kunt u mailen naar redactie@bruggenstichting.nl



↑ **Pijlebrug, Meppel**
← **Voetbrug over de Graafstroom te Molenaarsgraaf**
(Bron: <https://commons.wikimedia.org/>)

IN DE DISCUSSIE NAAR AANLEIDING VAN DIT ONDERWERP WERD HET VOLGENDE OPGEMERKT

- **Maak vooraf met opdrachtgever en beheerder afspraken waar en waarom er afgeweken wordt van de regelgeving. Denk daarbij aan belasting op de leuning (omschrijf de ligging, kinderen aanwezig? – hoogteverschil? Beklimbaar?), de aanwezigheid van onbedoelde voertuigen.**
- **Onbedoelde voertuigen: Fysieke beperkingen aanbrengen (let op onveilige situaties en eventuele schadeclaims) – Afwijkende kleur brugdek overwegen. Vooraf bespreken en vastleggen.**
- **Comforteisen: licht ontwerpen betekent gevoeligheid voor trillingen, zeker in vvk. Doorbuigingseisen zijn niet goed vastgelegd in de Eurocodes**
- **Leuningbelastingen: maximale uitbuiging is niet in de voorschriften vastgelegd.**
- **Zou een 'Best Practice' een oplossing bieden?**

VVK IN DE BRUGGENBOUW

Remco Renting, Afd. Beheer en Onderhoud, Provincie Groningen



INLEIDING

Het toepassen van vezelversterkte kunststoffen (VVK) in de bruggenbouw kan een goede keuze zijn. De voordelen zoals licht, sterk en onderhoudsarm maken het aantrekkelijk om tot die keuze te komen. Het materiaal heeft echter zijn specifieke eigenschappen en kan bij slechte detaillering of uitvoering ook tot slechte ervaringen leiden. In dit artikel wordt op basis van een aantal ervaringen met VVK toegelicht waarmee men bij toepassing van VVK in civiele draagconstructies rekening mee moet houden

KANS VOOR VVK

Sinds enkele jaren wordt VVK, en voornamelijk glasvezelversterkte kunststof, als materiaal ingezet in de bruggenbouw. Daar waar houten brugdekken door rotting kapot gaan en de staalconstructie eronder begint te roesten, worden met enige regelmaat brugdekken vervangen door VVK dekplanken. Er zijn mogelijkheden om VVK dekplanken goed te koppelen en waterdicht te maken of grote dekken als één geheel te produceren. Het onderhoud aan de brugdekken wordt verminderd, mede doordat de bescherming van de onderliggende staalconstructie tegen pekewater daarmee wordt verbeterd. Het materiaal kan vanwege de goede sterkte eigenschappen ook goed gebruikt worden als constructiemateriaal in hoofdoverspanningen. Zo zijn niet alleen fietsbruggen maar ook verkeersbruggen compleet in VVK uitgevoerd of worden hybride constructies gezocht met staal of beton. Afwegingen om te kiezen voor VVK boven beton, hout of staal zijn divers. De overweging van opdrachtgevers om het materiaal voor te schrijven met als reden om er ervaring mee op te doen en zelf te beoordelen waar de waarde van VVK ligt, is er één. Daarnaast kunnen Design Build en Maintenance contracten vanwege de ontwerpvrijheid die een aannemer krijgt, er aan bijdragen dat het materiaal een kans krijgt om te worden toegepast in de bruggenbouw.

WAT IS VVK?

Composiet is een samenstelling van twee of meer materialen. Voor VVK zijn dit een vezel en een kunststofhars. Voor glasvezelversterkt kunststof, dat het meest wordt toegepast in de bruggenbouw, zijn dit een glasvezel en een hars. De vezels kunnen worden voorgesteld als wapening en de hars als een

verbindingsmateriaal tussen de vezels. De samengestelde delen vermengen zich niet met elkaar, maar behouden hun specifieke eigenschappen. Het samenspel van de materialen bepaalt de eigenschappen van het eindproduct. De eigenschappen worden onder andere bepaald door het type vezel, type hars, richting van de vezels en de hoeveelheid vezels in het composiet. Het materiaal is anisotroop: VVK heeft niet in alle richtingen dezelfde materiaaleigenschappen. De sterkte is in de vezelrichting het grootst. Door meer vezels in een bepaalde richting te gebruiken, kan de constructie in die richting worden versterkt daar waar nodig. Een samenvoeging van een aantal lagen vezels en hars wordt een laminaat genoemd. Het laminaat met zijn specifieke materiaaleigenschappen is het basisuitgangsmateriaal in de constructie. De treksterkte van een laminaat kan enkele malen groter zijn dan van staal, maar is ook vele malen elastischer dan staal en daardoor minder stijf. De doorbuiging of trilling is vanuit een comforteis dan ook vaak bepalend in de constructie.

KWALITEIT EN NORMERING

Als VVK de kans krijgt zich te bewijzen binnen de bruggenbouw, hoe wordt er dan voor gezorgd dat we dit goed doen? De marktwerking zal toenemen en de grenzen van het materiaal zullen worden opgezocht. Kunnen opdrachtgevers goed genoeg aangeven wat die grenzen zijn? Hoe wordt er voor gezorgd dat de gewenste kwaliteit behaald wordt? Een onderzoeksrapport vanuit Amerika laat een hoeveelheid van schades en slechte ervaringen in VVK brugdekken zien. Hoe zorgen we ervoor dat er in de toekomst in Nederland geen areaal VVK bruggen is waar problemen mee ontstaan?

De basis voor het veilig bouwen van bruggen ligt vast in ons bouwbesluit. Vanuit dat bouwbesluit worden de Eurocodenormen aangewezen. Echter er is geen Eurocode voor VVK. Dit betekent niet dat het materiaal niet toegepast mag worden, maar een gebaande weg via normering om te komen tot de bewijslast ligt niet vast. Toch zijn er via de basis genoeg handvatten om bij een Bouwen Woningtoezicht aan te tonen dat de gevraagde betrouwbaarheid behaald wordt. Belangrijk voor een goede ontwikkeling van VVK en dus voor het voorkomen van problemen in projecten, is dat deze basiseisen goed gehandhaafd worden.

De kans op falen van een materiaal moet erg klein zijn in de bruggenbouw en heeft een bepaalde grenswaarde. Om te controleren of een onbekend materiaal voldoet aan die faalkans kun je proeven doen. Van elke materiaaleigenschap kan een gemiddelde waarde en een spreiding bepaald worden. Met de vereiste faalkans kun je dan de waarde uitrekenen waarmee je mag rekenen. Dit is de karakteristieke waarde. De basisnorm van de Eurocode (NEN-EN 1990) geeft in bijlage D aan hoe je tot een doorproeven ondersteund ontwerp kunt komen. In de basis zijn dan de materiaaleigenschappen aangetoond. VVK heeft echter in trek en druk en in de verschillende vezelrichtingen andere materiaaleigenschappen. De afschuifsterkte tussen de vezellagen (ILSS) en de glasovergangstemperatuur (grenstemperatuur waarbij de hars aan stijfheid verliest bij verwarming) zijn ook eigenschappen waar rekening mee gehouden dient te worden in het ontwerp. Op deze wijze zijn voor de Pijlebrug in Meppel acht beproevingssets uitgevoerd om de eigenschappen van trek, druk en ILSS alle in twee vezelrichtingen, de glasovergangstemperatuur en het vezelvolumegehalte te bepalen. Om een eigenschap te bepalen zijn minimaal vijf proefstukken gemaakt, wat neerkomt op een aantal van minimaal 40 proeven om de eigenschappen van het laminaat vast te stellen.

VVK is echter niet geheel ongevoelig voor invloeden als temperatuur, vocht, kruip en vermoeiing. Een beproeving van die invloeden op dezelfde manier is omvangrijk, maar vaak ook niet nodig. Er is vanuit andere vakgebieden zoals vliegtuigbouw, jachtbouw en windmolentechniek veel bekend over die invloeden. De CUR-Aanbeveling 96 geeft handvatten voor het verwerken van deze invloeden in het ontwerp specifiek voor glasvezelversterkte kunststoffen in de civiele draagconstructies. Afhankelijk van de situatie kunnen de materiaaleigenschappen gereduceerd worden met een zogenaamde conversiefactor. Voor vocht zijn bijvoorbeeld voor de situaties, droog, nat en wisselende omstandigheden verschillende factoren gegeven.

Bout- en lijmverbindingen zijn daarmee nog niet aangetoond. Kennis vanuit andere toepassingen en bijvoorbeeld resultaten van

lijmleveranciers kunnen een bijdrage leveren aan de bewijsvoering. Het door proeven ondersteunde ontwerp moet hier ook toegepast worden. Verbindingen verdienen wel speciale aandacht omdat de detaillering en uitvoering van groot belang is. Dit is inherent aan de eigenschappen van VVK. VVK is elastisch tot breuk en is daarmee gevoelig voor spanningsconcentraties. Het uitvloeien en herverdelen van spanningen vindt in mindere mate plaats. Juist daarom zijn bout- en lijmverbindingen maar ook daar waar puntlasten optreden bij hijspunten en opleggingen, niet zelden de zwakke of ontwerpbepalende plekken in de constructie. Om dezelfde reden kunnen sterk geconcentreerde lasten (bijvoorbeeld t.g.v. paardenhoeven of massieve heftruckbanden) of impact belastingen (vallen van een voorwerp op de brug) lokale schade aan het brugdek teweegbrengen. Het kan daarbij nodig zijn in de projectspecificatie aanvullende belastingmodellen op te nemen voor bijvoorbeeld puntlasten en verticale aanrijshade. Dat de brug daarbij een mate van robuustheid moet hebben waarbij het liefst ook geen schade optreedt en in ieder geval ontstane schade niet tot falen leidt en reparabel is, mag evident zijn, maar voorgeschreven criteria om te komen tot bewijslast en acceptatie zijn er niet. Voor de Pijlebrug is vanwege een lijmverbinding in het brugdek, naast de laminaatattesten een serie aanvullende beproevingen gedaan ter ondersteuning, het aantoonbaar maken van de berekening en vanwege het aantonen van de robuustheid. Met een proefstuk van drie meter breed en acht meter lang zijn eerst eigenfrequentie en doorbuiging gemeten middels het aanbrengen van een proeflast van 850 kN die de aslastmodellering vanuit de Eurocode in rekening bracht. Vervolgens is het dek enkele weken met die proeflast belast voor het bepalen van de kruip. Hierna is schade aangebracht op het brugdek door een bal van 50 kg vanaf twee meter hoogte te laten vallen. Vervolgens is een vermoeiingsproef gedaan door het aanbrengen van een wisselende belasting die 12,5 miljoen voertuigpassages over het brugdek representeerde. Tot slot is nog een uiterste grensbelasting aangebracht van 1.700 kN om het brugdek tot bezwijken te brengen. Dit is niet gelukt. Het proefstuk is daarmee nog prima in te zetten en we zijn voornemens deze een herbestemming te geven door het als volwaardig brugdek in te gaan zetten.

KWALITEIT EN KOSTEN

Beproevingen kosten geld en investeringen kunnen relatief hoog zijn bij de bouw van een brug. Leveranciers kunnen deze investeringen afschrijven over meerdere projecten en opdrachtgevers kunnen bereid zijn de kosten te dragen in een project, maar er zal gezocht moeten worden naar een beperking van de kosten waarbij we eindkwaliteit nog kunnen garanderen. We zouden graag vaste waarden van de materiaaleigenschappen hebben waar we mee kunnen rekenen. Dat dit niet altijd kan ligt mede aan het feit dat de materiaaleigenschappen bij de productie van de brug worden bepaald. De vezeloriëntatie, de vezelopbouw, de hars (een recept bestaande uit bijvoorbeeld polyesters, verharders, versnellers, vertragers en katalysatoren), het uitvoeringsproces en productieomstandigheden bepalen die eigenschappen. Je zou kunnen zeggen dat het materiaal in de fabriek wordt gemaakt. Het aantal parameters en de variatie daarin is erg groot. De consequenties voor de materiaaleigenschappen en met name ook voor de verbindingen ten gevolge van de variaties kunnen groot zijn. Een bepaalde mate van standaardisatie waarbij gebruik gemaakt kan worden van voorgaande resultaten is dan wenselijk. De vertaling naar

het eindproduct moet er dan wel zijn en de testen moeten representatief zijn met betrekking tot bijvoorbeeld toegepaste materialen, voorbehandeling, afmetingen, uitvoeringsproces en omstandigheden. Dit vergt een bepaalde inspanning die de ontwikkeling op gang houdt en waarbij kennisdeling ook een belangrijk onderdeel is.

VVK heeft eigenschappen die een mooie aanvulling kunnen zijn op het pallet van materiaalkeuzes in de bruggenbouw. Er kan slim worden geconstrueerd met VVK en het heeft soms voordelen ten opzichte van andere materialen. Maar het is niet altijd de beste oplossing voor elke constructie. Voor constructeurs is het dan de uitdaging het juiste materiaal op de juiste plek toe te passen. Er is in Nederland veel kennis aanwezig bij onder andere leveranciers, ingenieurbureaus, kenniscentra en de brancheorganisatie VKCN die gebruikt kan worden in de bruggenbouw. Er zijn mogelijkheden voor opdrachtgevers om VVK goed voor te schrijven en het gewenste eindresultaat te halen. De opdracht voor het welslagen van VVK in de bruggenbouw ligt daarbij niet alleen bij de leveranciers die goede producten moeten leveren, maar ook bij de opdrachtgevers die de juiste vraagspecificatie moeten opstellen.

IN DE DISCUSSIE NAAR AANLEIDING VAN DIT ONDERWERP WERD HET VOLGENDE OPGEMERKT

- **kennis zit vaak bij de beherende partij. Dit wordt steeds belangrijker en deze kennis wordt steeds vaker in het ontwerptraject meegenomen. Provincie Groningen heeft de kennis over beheer, ontwerp en nieuwbouw geïntegreerd. Dit Groningse model wordt ook elders gehanteerd.**
- **Met VVK kan slim worden geconstrueerd, het juiste materiaal op de juiste plek.**
- **Het is nog moeilijk om VVK goed voor te schrijven. Huur eerst de kennis in en bouw zo zelf voor de toekomst kennis op.**
- **Eisen van constructies in staal en beton staan in Eurocodes. Voor VVK gebeurt dat in 2016 in CUR-Aanbeveling en Eurocode.**
- **Over verbindingen met bouten of lijm is veel kennis aanwezig. Het ontwerp kan door laboratoriumtesten worden ondersteund met het vaststellen van de eigenschappen.**