

## Resultatredovisning Forsknings- och Innovationsprojekt (Fol-projekt)

Projekttitel	Diarienummer	Projektledare Organisation	Halvtids redovisning	Slut redovisning
FALCON: Lättviktslösningar i fiberkomposit för framtidens infrastruktur	2015-05068	Erik Marklund Swerea SICOMP	2017-02-17	2018-06-13

Detta dokument är en resultatredovisning för Forsknings- och Innovationsprojekt (Fol-projekt) inom strategiskt innovationsprogram för lättvikt (SIP Lättvikt). Syftet är att säkerställa att projektet följer beviljad projektplan.

### Resultatredovisning

1. Hur har projektresultaten utvecklat lättviktslösningen med avseende på:

a. TRL (teknikmognadsgrad, se [www.lighterarena.se](http://www.lighterarena.se) för förklaringar)

Den nuvarande TRL i detta projekt identifierades i ansökan att vara 4-5, vilket skulle motsvara TRL för hybrida fiberförstärkta polymera (FRP)-material och behovet av ytterligare laborietester för verifiering av hållbarhetsaspekter. Det motsvarar också TRL för övervakningssystemet med optiska fibrer i inomhusmiljö samt tillverkningsmetoder för riktigt storskaliga FRP brokonstruktioner. Ett av hybridkoncepten som studerats i projektet kan anses ligga på TRL 7-8 då det har implementeras på en brobana för en gångbro i Malmö under 2017. De långsiktiga konsekvenserna av att använda detta koncept som broelement är dock inte verifierade i dagsläget. När det gäller utveckling av FRP-hybridmaterial där kolfiber används för att förstyyva/förstärka glasfiberlaminat har studier i projektet visat på TRL 5-8 beroende på hur man väljer att göra hybridiseringen.

TRL start: 4-5

TRL slut: 5-8

b. Viktminskning

*Beskriv på vilket sätt resultaten har givit en viktminskning. Ge konkreta exempel. Ange kvantitativ viktminskning.*

Tidigt i projektet togs beslutet att byta designcase från den ursprungliga Lingshemsbron till Neptunibron i Malmö, vilket är en kommande GC-bro i FRP (FiberCore levererar FRP-lösningen till entreprenören NCC). I projektet har vi förutom att analysera FiberCores koncept presenterat 2 alternativa FRP-hybridlösningar och även jämfört med traditionella stål/betong-lösningar i form av vikt, prestanda, LCC och LCA. Resultaten pekar mot en viktminskning på minst 87 % för ett av FRP-koncepten

mot en betonglösning (ca 9.5 ton jämfört med ca 70 ton). Jämfört med en stål/betonglösning (stålbalkar och tunnare betongdäck) blir viktminskningen ca 72 %.

c. Utvecklingstid

*Beskriv på vilket sätt resultaten har givit kortare utvecklingstid. Ge konkreta exempel. Ange kvantitativ tidsbesparing.*

Projektet har bidragit till minskad utvecklingstid för deltagarna i projektet i den mån att brobyggarna, brokonstruktörerna och ägarna har fått ökad kunskap om vad det innebär att konstruera med FRP. Komposittillverkarna å andra sidan har fått ökad förståelse för de krav och regler som gäller vid brokonstruktion och vid upphandling av broar. Det är svårt att kvantifiera tidsbesparingen, men helt klart är att alla parter i projektet nu står bättre rustade för att i framtiden kunna se till att detta blir en växande marknad i Sverige.

d. Tillverkningskostnad

*Beskriv på vilket sätt resultaten har givit en lägre tillverkningskostnad. Ge konkreta exempel. Ange kvantitativa besparingar.*

Broar i FRP har högre tillverkningskostnader än broar i traditionella material, men om installationskostnader inkluderas och kostnader ytterligare kapas genom exempelvis modularisering så minskar gapet till mer acceptabla nivåer. För Neptuni såg vi exempelvis att den billigaste FRP-lösningen var 19 % dyrare än en klassisk betonglösning. Kostnadsbesparingar görs istället genom betydligt lägre underhållskostnader, vilket vår LCC analys också påvisade. När det gäller tillverkningskostnader mellan olika FRP-koncept har vi sett att effekten av att hybridisera kompositen, dvs blanda kol & glasfiber, kan vara antingen kostnadseffektivt, alternativt kostnadsneutralt beroende på vilken typ av hybridisering som avses. Jämfört med att använda enbart glasfiber går det åt mindre material för en given styvhet på konstruktionen, dvs färre lager av torr armering att placera, men det kan å andra sidan bli mer komplicerat då vävar i olika material ska läggas om lott.

e. Hållbarhetspåverkan i ett livscykelperspektiv

*Beskriv hur resultaten har minskat hållbarhetspåverkan i ett livscykelperspektiv med utgångspunkt från den hållbarhetsanalys som gjordes i början på projektet*

I projektet undersöktes miljöbelastningen med avseende på koldioxidutsläpp och energianvändning vid användning av olika konstruktionsmaterial för Neptunibron. För att få ett livscykelperspektiv har även underhåll och återvinning uppskattats genom att utgå från tidigare studier och forskningsrapporter. Undersökningen visade i det här specifika fallet att FRP har större miljöpåverkan än traditionella material när enbart produktionsfasen beaktas. Miljöbelastningen för FRP är däremot lägre i underhållsfasen i form av mindre utsläpp och lägre energianvändning. Detta eftersom materialet bland annat har en hög motståndskraft mot korrosion, vilket gör det till ett

bra alternativ i krävande miljöer, exempelvis saltvatten. Detta gör FRP till ett konkurrenskraftigt alternativ för Neptunibron på lång sikt. Det man framför allt kan notera från livscykelanalysen är att underhållskostnader och miljöpåverkan för underhållet, är mycket större än nyproduktionskostnaden, så vilket material man än bygger i så bör man försöka designa för så minimalt underhåll som möjligt:

- Underhållet är oerhört betydelsefullt ekonomiskt och klimatmässigt, men går inte att kvantifiera generellt.
- Att designa och konstruera för minimalt underhåll är därför ekonomiskt och klimatmässigt gynnsamt.

## 2. Implementering av projektresultaten

*Beskriv hur projektresultaten har (eller kommer att) implementeras industriellt. Hur ser implementeringsplanen ut?*

Planer för hur projektresultaten kan implementeras industriellt i de olika branscherna har diskuterats inom våra workshoppar och berör framför allt de tillverkande kompositföretagen och brokonstruktörerna. Vi har bland annat identifierat områden som fortfarande kräver mer utveckling, exempelvis dimensionering av fogar, interaktion mellan slityta/kompositdäck, inverkan/konsekvens av att använda material med olika termiska egenskaper och utveckling av mer rationella tillverkningsmetoder för stora kompositkonstruktioner.

Eftersom designcasen för Neptunibron är valda utifrån tillverkarnas befintliga produktportföljer/tillverkningsmöjligheter, eller utifrån en långsiktig produktutvecklingsstrategi, så bedöms implementeringen gå snabbt (det har redan påbörjats för vissa av deltagarna). Marström och Composite Design har också bildat ett nytt företag: Kompositbroar. Tillverkningsprocessen av det lastbärande sandwichmaterialet av lättbetong/kolfiberkomposit har patentansökts, och är delvis utvecklat inom FALCON.

## 3. Effekter av resultaten – tillväxt, export och konkurrenskraft

*Vad förväntas implementeringen av resultaten innebära för tillväxt, export och konkurrenskraft? Resonera och uppskatta.*

Vi förväntar oss att resultaten som genererats inom ramen för projektet kommer att ha en effekt när det gäller bredare kunskap, och därigenom potentiellt ekonomiska fördelar, som även kan överföras till andra verksamhetssektorer inom framförallt bygg och infrastruktur. Helt klart är att det finns en stor marknadspotential för FRP-broar i Sverige, vilket understryks av de satsningarna som just nu görs av Malmö Stad. När projektet startade fanns det inga FRP-broapplikationer i Malmö; i skrivande stund finns det 3 st, och inom ett år beräknas Neptunibron också finnas på plats. De resultat och lärdomar som hittills har genererats inom projektet har haft en direkt inverkan för satsningarna i Malmö.

#### 4. Utbildningsmaterial

*Hur har projektet resulterat i material för kompetensutveckling? I vilka former sker kompetensutvecklingen och vem ansvarar för det efter projektets slut?*

På vår interna hemsida har vi lagt upp dokument, presentationer, rapporter samt enklare guidelines för brobyggande i FRP som alla i projektet förväntas ta del av. Deltagandet i våra gemensamma workshops har också varit en viktig del i kompetensutvecklingen. Där har vi delat erfarenheter och belyst de utmaningarna som har identifierats när det gäller att utveckla / projektera / dimensionera och upphandla FRP-broar. Följande leverabler kommer inom kort att finnas upplagda på hemsidan:

D1.1: State-of-the-art on hybrid composites for construction applications

D1.2: Durability of FRPs in infrastructure

D1.3: A general introduction to adhesive bonding of FRP bridges

D2.1: Review of existing guidelines. With focus on prospect for a new Eurocode

D2.2: Beställarkrav: Hjälp vid beställning av broar i FRP

D2.3: Neptunibron: Jämförande beräkningar av alternativ till FRP samt granskning av bygghandlingar

D3.1: Manufacturing methods and quality assurance

D3.2: Manufacturing of materials in the FALCON project

D4.1: Monitoring of bridge superstructures - state of the art

D4.2: Real-time strain sensing – field test report and demonstrator case

D5.1: Förfrågningsunderlagets uppbyggnad vid upphandling av broarbete

D5.2: Life cycle cost analysis of FRP pedestrian bridges

D5.3: Life cycle assessment of a fiber reinforced polymer (FRP) pedestrian bridge

När det gäller extern kompetensutveckling kommer Chalmers att använda delar av resultatet från projektet i utbildningssyfte inför arbetet i den kommande EuroCoden för FRP-broar (inom arbetsgruppen TC250/WG4). Vidare kommer Chalmers använda projektresultat i kurserna Structural Systems VBB122 och Building Materials B10095. Det har även diskuterats kring möjligheterna att initiera en LIGHTerkurs för brobyggande i FRP, men ingenting har bestäms där ännu.

#### 5. Branschöverskridande samverkan

*Hur har det branschöverskridande samarbetet fungerat och påverkat projektresultaten? Ange om nya branscher har tillkommit under projektet.*

Erfarenheter av FoU inom området visar tydligt att det som behövs för att introducera FRP-broar i Sverige är en bra samverkan mellan beställare, entreprenörer, konstruktörer på brosidan och kompositindustrin. Genom de inledande diskussioner vi hade för att uppnå en samsyn kring huvudmålen med projektet, och via nätverkande workshops har vi lagt grunden för den plattform som krävs för att i framtiden uppnå slutmålet: att bygga kostnadseffektiva, innovativa och attraktiva FRP-broar som kan

erövra marknadsandelar av de broar som byggs i Sverige. Vissa partners har redan påverkats av det ökande intresset för FRP-broar. Det nystartade företaget Kompositbroar är en positiv effekt av samverkan mellan partners i projektet.

## 6. Konkreta tekniska resultat

*Vilka resultat har erhållits i form av demonstratorer, tekniker, processer, tjänster etc? Fyll i tabellen nedan.*

Resultat i form av demonstratorer (virtuella, fysiska), tekniker, processer, tjänster etc	Konkreta mål, t ex vikt, kostnad, tid etc.	Förväntad implementering i kommersiella produkter
Virtuella demonstratorer av Neptunibron i Malmö: 2 olika FRP konceptlösningar jämförs med traditionell design (stål/betong) samt en beprövad FRP-design (FiberCore).	Mål 20 % lägre vikt: Ett av FRP-koncepten visar på minst 87 % viktminskning jämfört med traditionell betongkonstruktion för Neptunibron.	Ett av koncepten tillämpades i ett nytt brobygge i Malmö redan under våren 2017.
Fysiska demonstratorer: demonstratorer/prototyper (fyrkantsbalkar) på mindre skala för implementering av övervakningssystem av strukturell integritet samt övrig instrumentering.	6 st fysiska demonstratorer av hybridkomposit tillverkades med syfte att undersöka styvheten för olika varianter av broelement	Swerea kommer använda en av dessa för demonstration och PR vid mässor och i utbildningssyfte
Fälttest för implementering av optiska sensorer på GC-bron i Malmö	Att undersöka känsligheten och möjligheten för kontinuerlig tillståndsovervakning	

## 7. Måluppfyllnad

*Fyll i tabellen nedan*

Mål enligt projektplan/ansökan	Måluppfyllnad - halvtid	Måluppfyllnad - slut
Skriva minst ett konferensbidrag	0 st konferensbidrag	1 st konferensbidrag
Tillverka minst en demonstrator/prototyp	1 st fysiska demonstratorer	6 st fysiska demonstratorer