

Projektnummer D4.089.00	Kund Lätta karosser	Rapportnummer TR08-013			<b>swerea</b> <b>SICOMP</b>
Datum 2008-10-28	Referens	Revision			
Registrerad LN	Utförd av Rolf Lundström	Granskad av MSv	Godkänd av MSv	Klassificering Open	

# Ideer till förbättringar av tekniken för produktion av kompositsandwich genom förenklad förformning

Rolf Lundström

## Sammanfattning

I denna rapport identifieras en del möjliga förbättringar av tillverkningstekniken för kompositsandwich. I projektet och i denna rapport fokuseras på tillverkning av relativt stora SW-produkter med en stor del plana sidor. Som t.ex. container, vattentank, golvmodul, delar till husmoduler mm.

Förformningen har initellt identifierats som ett område där möjlighet till nytänkande och förbättring av processen finns. Nya sätt att producera har skissats upp och utvärderingsmöten har hållits. De olika skisserade förformningssätten med de kommentarer som framkommit vid utvärderingsmötena redovisas i denna rapport.

Rapporten ger inga slutgiltiga lösningar på problematiken utan skall främst fungera som en förstudie ur vilken man senare kan välja vilka tillverkningsideer som ska utvärderas praktiskt. Förslag på fortsatt praktiska prov ges också i rapporten.

### Nyckelord:

#### Distributions lista (endast för konfidentiella rapporter)

Organisation	Namn	Kopior

---

## Innehåll

	Page
<b>1. Introduktion</b>	<b>3</b>
<b>2. Utförande</b>	<b>3</b>
<b>3. Exempel 1: Tillverkning av containergolv med förstyrningsliv</b>	<b>4</b>
<b>4. Exempel 2: Tillverkning av sida-tak-sida till en container</b>	<b>8</b>
4.1. Vikbar förform	8
4.1.1. Använda ledade skivor som ytterform	9
4.1.2. Olika ideer till lösning av hörnproblemet	10
4.2. Förforma plana (ej vikbara) sandwich-förformar	13
<b>5. Exempel 3: Andra produkter</b>	<b>14</b>
5.1. Brandskyddad golvplatta i sandwich	14
5.2. Mindre rektangulär container, tex vattentank	14
<b>6. Förslag på fortsatt utvärdering</b>	<b>16</b>
6.1. Förslag på teoretisk utvärdering	16
6.2. Förslag på praktiskt prov att vika en förform	16
6.3. Exempel på ”att tänka på vid fortsatt utvärdering”	19

## 1. Introduktion

Denna rapport är utarbetad inom projektet ”Lätta, självbärande karossmoduler”, VINNOVAs diarienummer 2004-00720, projektnummer P25335-1.

Målet med projektet är att reducera strukturvikten med 30% på ett antal självbärande karossmoduler genom att utveckla nya kostnadseffektiva design- och materialkoncept med sandwichteknik. För att uppnå kostnadseffektivitet är det önskvärt att också produktionsmetoderna blir kostnadseffektiva. Därför består ett delprojekt av att identifiera möjlig förbättring av tillverkningstekniken för kompositsandwich. I projektet och i denna rapport fokuseras på tillverkning av relativt stora SW-produkter med en stor del plana sidor, som t.ex. container, vattentank, golvmodul, delar till husmoduler.

Förformningen har initellt identifierats som ett område där möjlighet till nytänkande och förbättring av processen finns.

Rapporten ger inga slutgiltiga lösningar på problematiken utan skall främst fungera som en förstudie ur vilken man kan senare välja om och vilka tillverkningsideer som ska utvärderas praktiskt.

## 2. Utförande

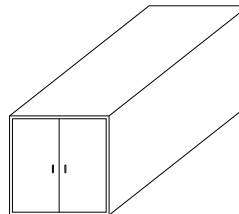
Att förbättra en befintlig process innebär att man både måste identifiera vad som bör förbättras och vad som kan förbättras. För att kunna påstå att något kan förbättras måste förslag till förbättringar tas fram.

Arbetet har bedrivits som omväxlande konstruktion och idegenerering. Där nya sätt att producera har skissats upp – utvärderingsmöte (där de skissade konceptlösningarna diskuteras och utvärderas och förslag till förbättringar getts) – nya skisser med nya ideer och införande av förslag som framkommit vid mötena – utvärderingsmöte – skisser, dokumentation, nya ideer, faktainsamling, mm – utvärderingsmöte – osv. Där enskilt arbete har varvats med möten. Detta är ett tidskrävande arbete men bedöms ändå vara det snabbaste sättet för att ta fram nya ideer till produktionslösningar. Utvärderingsmötena är utförda både internt SICOMP och externt med tillverkare av kompositprodukter.

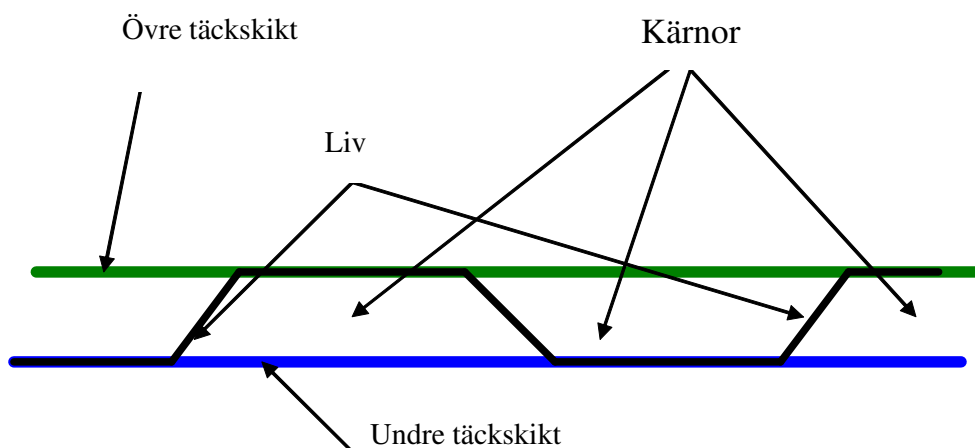
### 3. Exempel 1: Tillverkning av containergolv med förstyrningsliv

Containern, som är studerad inom projektet, sätts samman av ett fåtal delar. Vi har valt att titta på ett koncept där de olika delarna är:

- Golvet
- Sida-tak-sida
- Framstam
- Dörrkarm med dörrar.

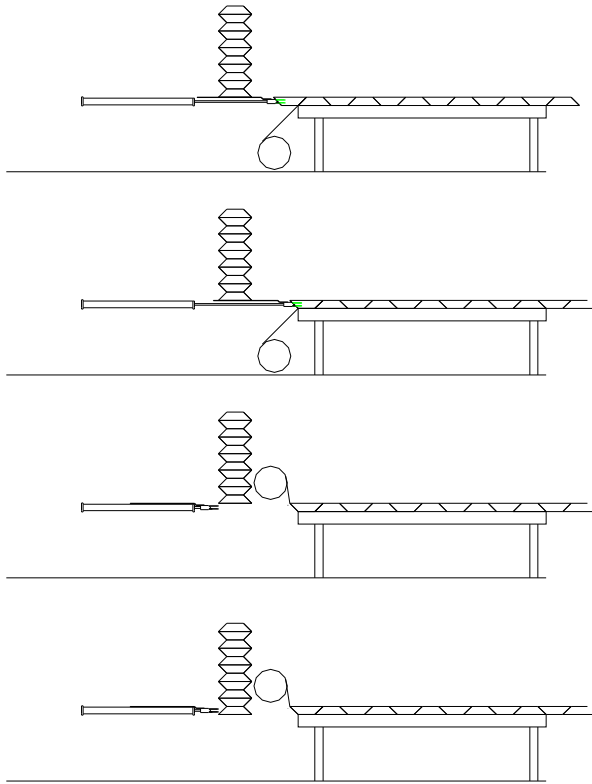


I detta kapitel redovisas olika sätt att förforma ett containergolv. I golvet ska det finnas stående liv som tar skjuvlast och insatser för hörnlådorna. Detta gör att förformen till golvet kommer att innehålla ett antal kärndelar. Insatserna antas vara en integrerad del av insatserna. Problemet kan beskrivas som: en förform ska tillverkas med ett undre täckskikt, ett övre täckskikt, liv mellan täckskikten och kärnbitar av skum, se Figur 1.



Figur 1 Uppbyggnaden av det containergolv som är valt inom projektet.

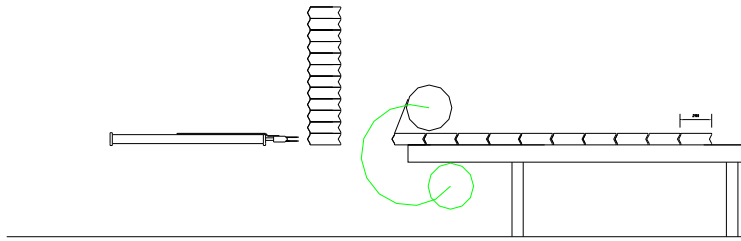
Ett tidigare använt tillverkningsätt är att linda in varje kärnbit i väv och på så sätt åstadkomma ett liv. Detta bedöms dock som relativt tidkrävande. Därför har några olika alternativa sätt att åstadkomma förformen studerats. Alla bygger på att kärnorna "vävs in" och på så sätt åstadkoms skjuvtagande liv i strukturen. I Figur 2 visas ett exempel, tillskurna kärnbitar förvaras i ett magasin, en kärnbit skjuts in, vävrullen lyfts uppåt, nästa kärnbit skjuts in, vävrullen sänks, nästa kärnbit skjuts in, o.s.v.



Figur 2 Exempel på anordning där skivor ”vävs” in i förformen och på så sätt formas stående liv.

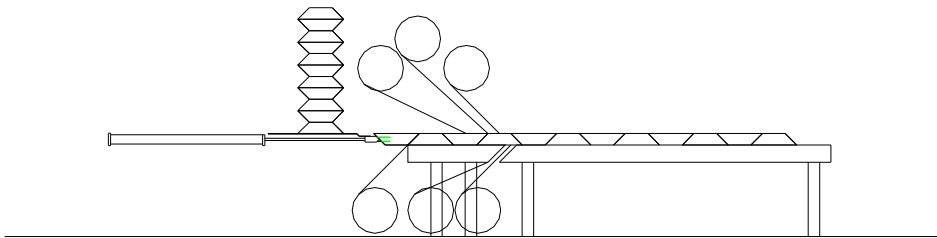
#### Kommentarer till processen att ”väva in kärnor”

- Alternativ till magasin av färdigformade skumblock i magasin kan vara att skära ut blocken direkt med t.ex. glödtråd.
- Blocken måste också vara skårade så att hartset kan fördelas ut vid injiceringen.
- Ett problem kan vara att åstadkomma en fördelningskanal som går längs hela golvet så att man får ett snabbt flöde längs hela golvet. Problemet är om kanalen måste gå igenom vävlagren, igenom trapetsformen.
- Kollapsande fördelningskanal kanske ska utvärderas.
- Yttre fördelningskanaler kan läggas på i förformen i samma moment som vävarna till förformen läggs
- Kompression i längsled mellanblocken kan vara ett problem, det är möjligt att det blir svårt att åstadkomma hög fiberhalt i livet.
- Möjligen kan man tänka sig en yttre anordning som tar tag i kortsidan av blocken och trycker blocken mot varandra.
- Trapetsformen ger olika kraft på över och undersida pga olika stora areor, detta kan ge ett vågigt golv. Alternativ till detta kan vara en konkav mot en konvex yta, se Figur 3.



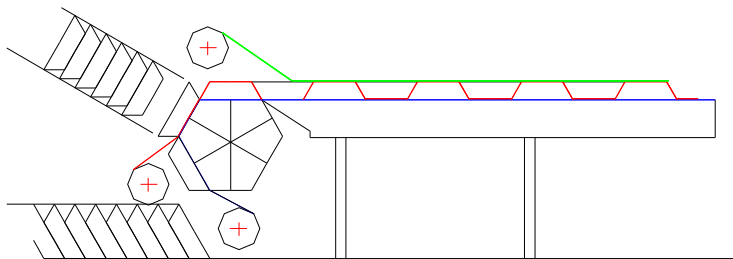
*Figur 3* Alternativ till sneda kanter kan vara att ha delvis cylindriska kanter. Men det måste vara en sådan form så att väven trycks mot skivorna.

Målsättningen med förformningen bör vara att man åstadkommer en komplett förform i ett enda steg. Då bör man lägga på undre och övre täckskikt i samma steg som kärnor vävs in, se Figur 4.

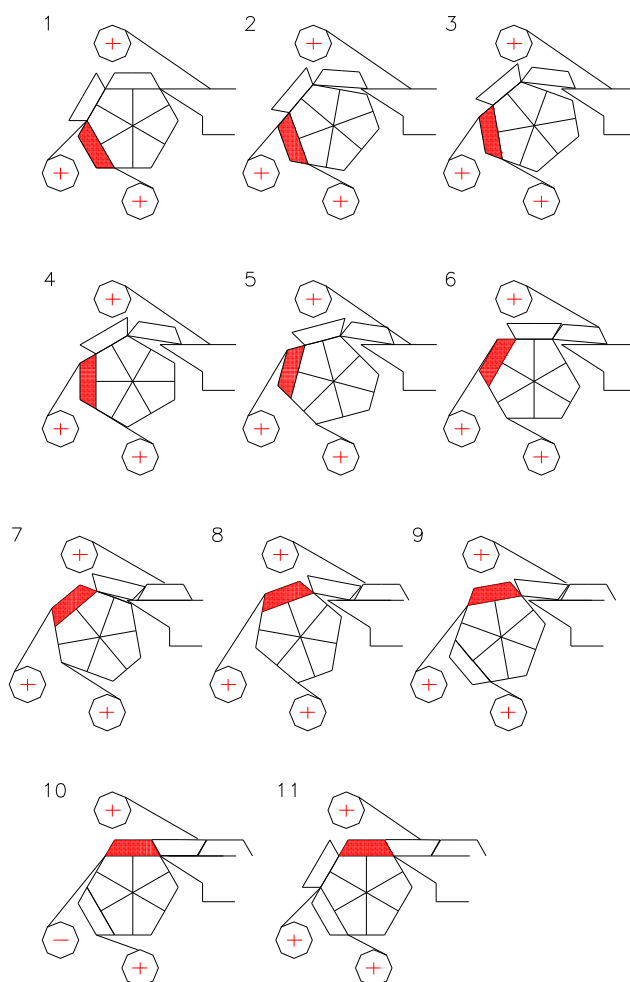


*Figur 4* Det är fullt möjligt att lägga alla vävlager i samma tillverkningssteg.

Det finns troligen olika sätt att anbringa kärnorna. Ett alternativ till att skjuta in skiva för skiva kan vara att stegvis lägga på kärnor mot ett roterande 6-kantigt hjul, se Figur 5 och Figur 6.



*Figur 5 Ett alternativ till att skjuta in skivorna horisontellt kan vara att rulla på väven. Processtegen visas tydligare i nedanstående figur. Här läggs alla lager på en gång.*



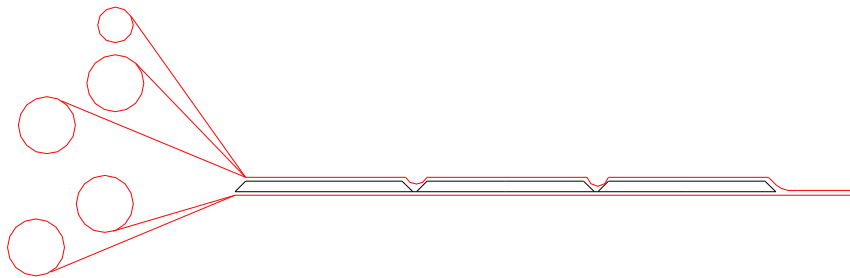
*Figur 6 Exempel på en process där skivor rullas in i förformen och hela förformen formas i ett steg. En av kärnorna är rödmarkerad för att underlätta för läsaren att följa hur kärorna matas in.*

## 4. Exempel 2: Tillverkning av sida-tak-sida till en container

I den här idén är det förformen som görs först som en platt förform med inlagda kärnmaterier. Sedan vikas förformen ihop till rätt slutgiltig form.

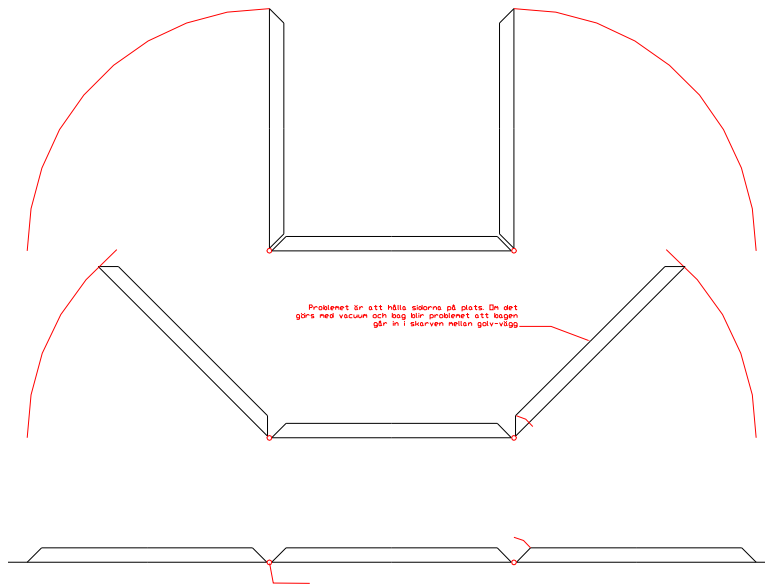
### 4.1. Vikbar förform

Nedan är ett antal skisser på olika sätt att åstadkomma en vikbar förform och hur den ska vikas. I denna studie är fokus på ett sätt att åstadkomma en förform, de problem som uppstår med en verklig fullstor förform till en container, som till exempel lokal yta m.m., beaktas ej.



Figur 7 Förformen tillverkas direkt, vävar läggs på från flera rullar ovan och under tillverkade kärnor. Den översta rullen på bilden är en rulle med tunn plastfilm (liner). Komprimering kan göras genom att vakuum sugas mellan plastlinern och underliggande form. Eventuellt kan linern användas som bag-material.





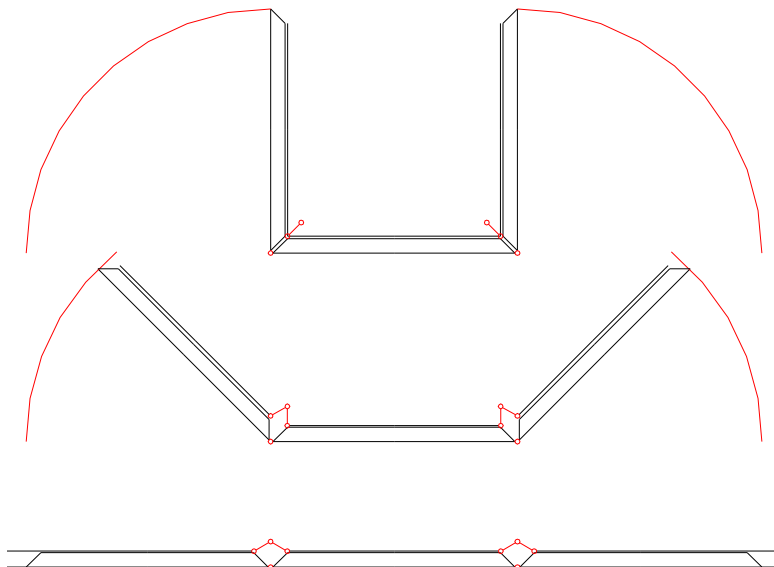
*Figur 8 Problemet är att hålla sidorna på plats. Om det görs med vacuum och bag blir problemet att bagen går in i skarven mellan golv-vägg.*

De två stora problemen vid vikning är:

- Hålla vävarna på plats
- Åstadkomma en bra sammanfogning mellan delarna, mellan vägg och sida

#### 4.1.1. Använda ledade skivor som ytterform

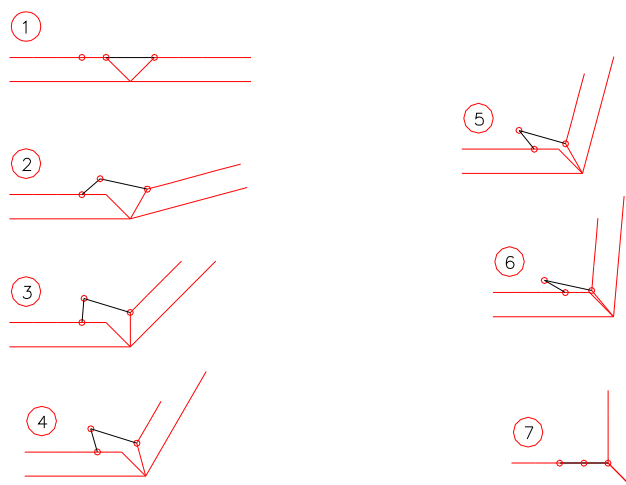
En ide som utvärderats är att använda skivor med leder placerade på lämpliga ställen. Mellan skivorna sugas vacuum så att man på detta sätt håller fast vävarna mot kärnorna.



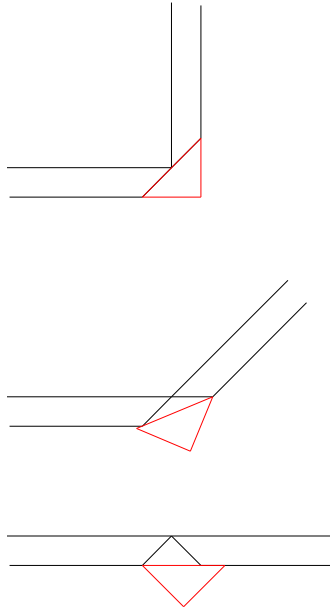
*Figur 9* Exempel på leder i formen som gör det möjligt att vika ihop den med förformen inuti. Problemen är fortfarande att forma hörnen på ett lämpligt sätt. Ett annat problem är att formen (ytterskivorna) inte har något stöd alldeles invid hörnet.

#### 4.1.2. Olika ideer till lösning av hörnproblemet

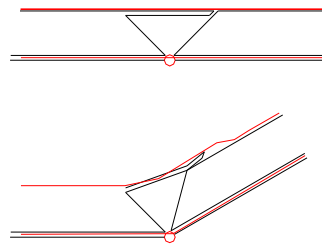
Nedan presenteras ett antal ideer till lösning av problemet att fiberna skall forma sig bra i hörnet då formen viks.



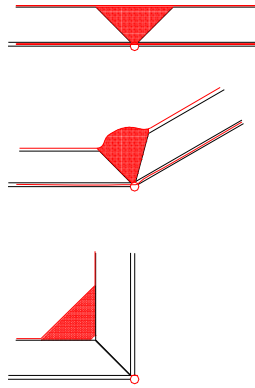
*Figur 10* Lederna vid hörnet kan vara ordnade så att "ledskivorna" viks ner helt och hållet.



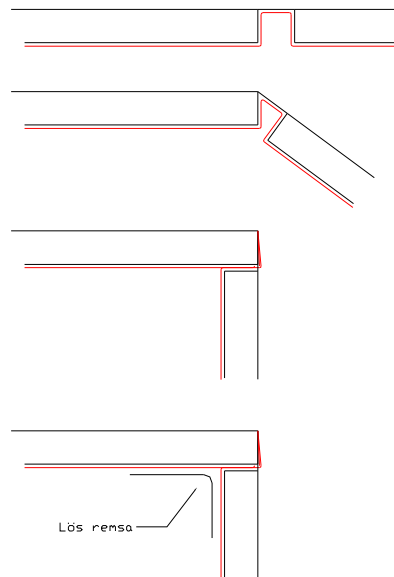
Figur 11 En lös ytterbit som lägger sig i ytterhörnet då förformen viks.



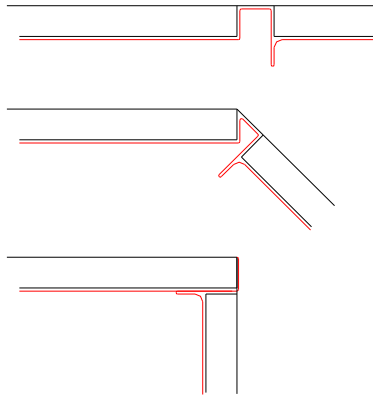
Figur 12 Kärna med uppvikbar kant. Kärnan deformeras och kanten glider upp en bit på väggen



Figur 13 *Krossbar kärna som flyter ut på insidan av hörnet då förformen viks.*



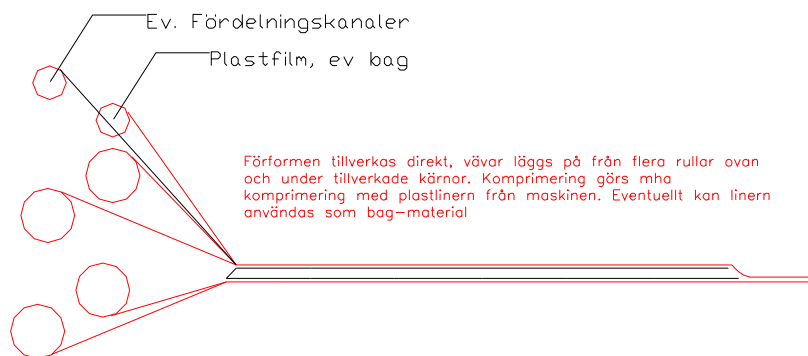
Figur 14 *Förformen tillverkad så att då ena delen viks så ställer den sig på den andra delen. För att få en stark fog så appliceras en lös vävbit på insidan.*



*Figur 15 Liknande ide till förform som på tidigare figur. Men här används ingen lös bit för att förstärka hörnet. Istället formas förformen på ett sådant sätt att en del av den kan användas som "inre förstärkning"*

#### 4.2. Förforma plana (ej vikbara) sandwich-förformar

Om utvärderingen visar att det kanske inte är lämpligt att tillverka en vikbar förform, den blir alltför otymplig eller liknande, så kan ett alternativ vara att tillverka varje plan del (tak och sida) som en enhet. Innan injiceringen placeras varje del in i formen och eventuella skarv- vävar. Detta borde ändå vara rationellt jämfört med att bygga hela förformen i verktyget.



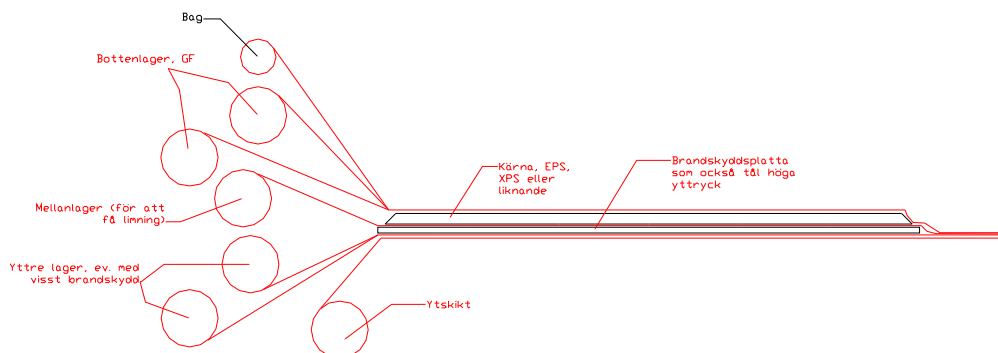
*Figur 16 Förformen tillverkas direkt, vävar läggs på från flera rullar ovan och under tillverkade kärnor. Komprimering görs mha komprimering med plastlinern från maskinen. Eventuellt kan linern användas som bag-material*

## 5. Exempel 3: Andra produkter

Andra liknande produkter är golvelement medicinfabriker, vattentank PTC, personbilsläp, front till husvagn,

### 5.1. Brandskyddad golvplatta i sandwich

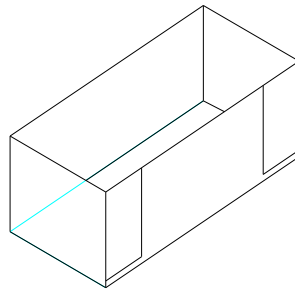
Förutom att åstadkomma vikbara förformer och förformer med stående liv, så är det intressant att testa att lägga på ett antal olika vävar, brandskyddsmaterial, mm så att upplägget görs i ett enda steg. En storserietillverkning skulle kunna göras på liknande sätt.



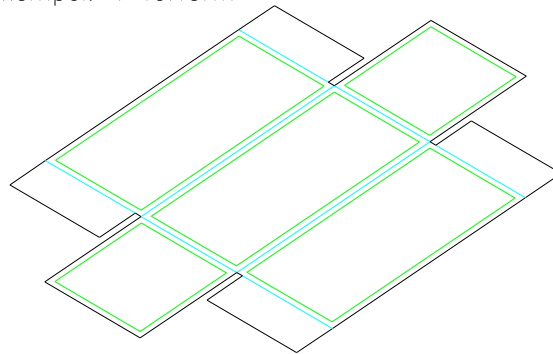
*Figur 17 Förformen tillverkas direkt, vävar läggs på från flera rullar ovan och under tillverkade kärnor. Förformen görs stegvis, först läggs undre vävlagret sen läggs en tunn kärna kan vara en brandskyddsplatta), sen läggs mellanlaret, sen läggs den tjocka kärnan och slutligen läggs det yttersta övret. Komprimering görs mha komprimering med plastlinern från maskinen. Eventuellt kan linern användas som bag-material.*

### 5.2. Mindre rektangulär container, tex vattentank

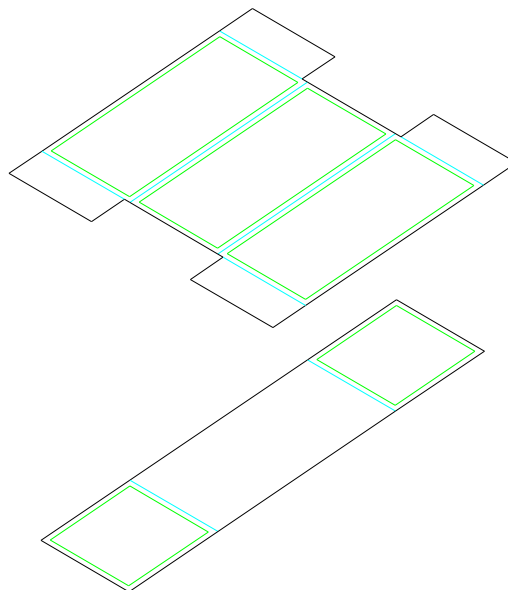
Förformen kan göras så att den bara behöver vikas ihop och på en gång formas hela produkten.



Exempel: 1 förform



*Figur 18 Förform till tex en vattentank. Kärnelement är inlagda (grönprickat i figuren).  
Formen viks ihop och sidoförstärkningar viks in över kortsidorna.*



*Figur 19 Exempel med 2 förformar som formar en produkt.*

Indelningen i en, två eller fler förformar måste göras individuellt för varje produkt och utifrån de förutsättningar det tillverkande företaget har. Speciellt hur stor förformen blir och vilken tillgänglig golvyta företaget vill avsätta spelar en stor roll på hur förformen lämpligen tillverkas.

## 6. Förslag på fortsatt utvärdering

### 6.1. Förslag på teoretisk utvärdering

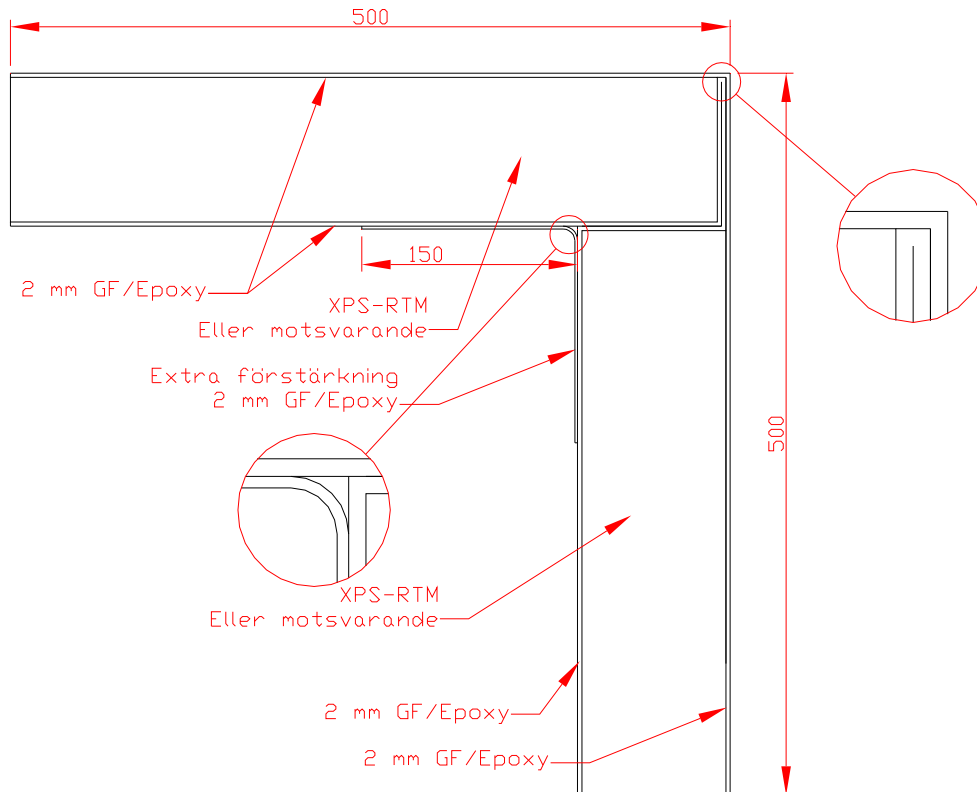
Ett exempel på hur en ny förformningsätt kan utvärderas kan vara att en produktionskedja, med dagens sätt att producera den studerade komposit-SW-produkten dokumenteras. Sedan uppskattas de tids och kvalitetsförbättringar som kan uppnås med de nya ideerna till produktion. Detta arbete bör utföras tillsammans med ett företag som har tillverkat den studerade produkten. Ett exempel på en lämplig produkt som kan studeras är en kompositcontainer. Tidigare är en 14 meters container tillverkad. Nu, inom projektet, studeras en tänkt liten serieproduktion av en 6 meters container. Båda två har ungefär samma konstruktion och uppbyggnad.

Men det är också lämpligt för att inte säga helt nödvändigt att göra en del praktiska prov. T.ex. bör man praktiskt studera vad som händer om man viker en förform.

### 6.2. Förslag på praktiskt prov att vika en förform

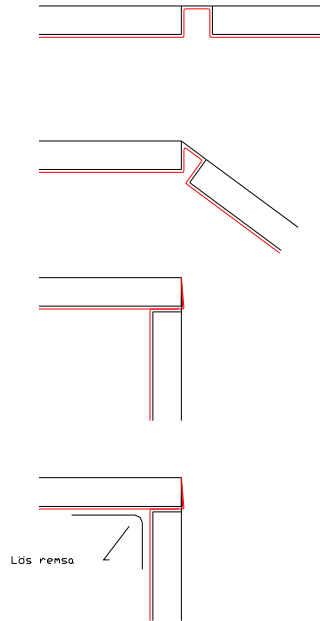
Det koncept som är valt för tillverkning av vägg-tak-vägg till containern inom projektet "Delight" är att tillverka dessa som en enda enhet. Syftet med detta prov är att utvärdera om det är möjligt/lämpligt att förforma vägg-tak-vägg som en platt enhet för att sedan vika ihop denna och därefter injicera den. I detta förformningsprov skall ett hörn tillverkas 500x500x1000 mm. Ett hörn ska tillverkas bestående av sandwich med 2 mm täcksikt av 0/90 GF-epoxy och en 100 mm tjock XPS-kärna, se Figur 20 nedan.



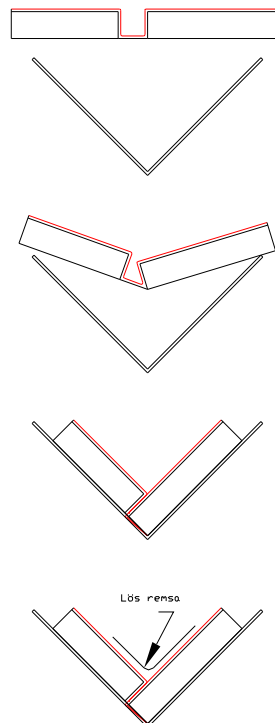


*Figur 20 Geometri för det hörn som skall tillverkas. Längden på biten bör vara ca 1000 mm.*

En platt förform med kärna inlagd viks till ett hörn. Hörnets innerhörn förstärks med glasfiberremсор, se Figur 21 och Figur 22.



Figur 21 Förformning av provbit, en plan förform viks till ett hörn.



Figur 22 Förformningen kan ske mot ett verktyg. Verktöget ska vara billigt och enkelt, tex en bockad stålplåt. I verktöget sker sen injicering. Ur det tillverkade hörnet kan sen kortare bitar sågas ur för diverse mekaniska prov.

Ytterligare utvärdering både teoretisk och praktisk bör göras efter utvärdering av de inledande proven.

### 6.3. Exempel på ”att tänka på vid fortsatt utvärdering”

Vid provtillverkningen, då man också detaljutformar produktionen, är det lämpligt att tänka på att slutgiltiga målet med tillverkningsprovet är att kunna föreslå en förformningsmetod som lämpar sig för serietillverkning av ett stort antal containers per år.

Problem att beakta kan t.ex. vara:

- Att hålla vävarna på plats vid förformningen

  - Lämplig binder

  - Lämpligt sätt att häfta ihop

  - Jigg som håller förformen på plats

  - ....

- Att undvika alltför stora veck

  - Hur ska komprimering ske innan injicering

  - ....

- Hur ska man vika ihop förformen

- Vilken typ av injiceringsform ska användas

  - Vacuumbag

  - Halvstyva skal

  - Annat

- Kan det vara möjligt/lämpligt att mellanlagra förformar innan injicering

Problem som identifieras och dess lösningar skall dokumenteras eftersom detta arbete med att förbättra förformning och produktion av injicerade detaljer är ett arbete som troligen kommer att sträcka sig över flera år och troligen fortsätta som en del av övriga projekt efter att detta projektet är slut.