

Ingemar Malmros, RISE Glas

Deltagande företag och organisationer:

RISE Glas

Chromogenics

LTH (analyser)

LNU (analyser)

Chromogenics

FSG

GFAB AB

OsbyGlas

Systemglas

Uniglas



Kartläggning av foliematerial avsedda för laminering av glas

Innehållsförteckning

1. Sammanfattning
2. Sammanfattning folier
2. Bakgrund
3. Utrustning
4. Process
4. Folier
5. Besök
6. Möte
7. Analys
10. Resultat
12. Sammanställning folier

Sammanfattning

I Projektet har olika lamineringsfolier testats genom att prover har tillverkats med så stor noggrannhet som möjligt. Olika folier vilka används hos de företag som laminerar glas i Sverige har införskaffats samt förvarats och laminerats enligt tillverkarens beskrivningar.

I projektet har de folierna förvarats i lamineringsutrustningens torkskåp och efter laminering har proverna förvarats i rumstemperatur. Proverna har haft kvar autoklavtejpen till dess att det är dags att mäta på proverna.

Lamineringarna på RISE har utvecklats från de första stapplande proven till prov utan några lamineringsfel i. De första proven användes till att prova analysdelen av processen. De resultaten är inte med i rapporten.

En tanke med projektet var att undersöka om det är någon skillnad om glassidan som lamineras är luft eller tennsidan. Går det att se någon skillnad i fogens styrka? Vid genomgång av resultaten i undersökningen går det inte att påvisa detta. Vissa data stödjer tanken, men annan motsäger den. För att få klarhet krävs ett stort antal prover, långt fler än vad som har tillverkats i det här projektet.

I projektet har de folierna förvarats i lamineringsutrustningens torkskåp och efter laminering har proverna förvarats i rumstemperatur. Proverna har haft kvar autoklavtejpen till dess att det är dags att mäta på proverna.

Lamineringarna på RISE har utvecklats från de första stapplande proven till prov utan några lamineringsfel i. De första proven användes till att prova analysdelen av processen. De resultaten är inte med i rapporten.

Deltagande företag och organisationer:

RISE Glas
Chromogenics
LTH (analyser)
LNU (analyser)
Chromogenics
FSG
GFAB AB
OsbyGlas
Systemglas
Uniglas

Tabell 1 Sammanfattning av resultat för folierna:

Folie	typ	Tjocklek (mm)	Tmax (N/mm ²)	Bräckagekraft trepunktsböjning* (kN)	Max nedböjning
Crystal Pujol	EVA	0,76	3,87	0,92	4,5
Matt White	EVA	0,38	4,86	1,00	3,75
Super White	EVA	0,38	4,86	1,27	4,25
Visual	EVA	0,38	3,39	0,89	3,75
Visual	EVA	0,76	3,58	0,83	4,15
80 / 120	EVA	0,38	3,77	0,69	2,80
Colour Blue	EVA	0,38	-	1,38	5,15
Colour Green	EVA	0,38	-	1,15	4,10
Colour Grey	EVA	0,38	-	1,14	4,15
DG41	PVB	0,76	7,52	0,84	2,6
Clear	PVB	0,38	2,16	0,71	4,4
Clear	PVB	0,76	1,59	0,98	6,9
Ljud	PVB	0,76	2,41	0,75	6,4

Tabell 1 Sammanfattning Skjuvspänningsmax och kraft som går åt till knäcka laminat 50x10 cm med trepunktsböjning samt hur stor max nedböjning blir.

Bakgrund

Laminering av glas med folie av polymert material är en väldigt vanlig process inom planglasbranschen. Då glas är genomskinligt och under normal hantering väldigt hållbart används det gärna till balkonger och skyddsräcken. Alla vindrutor i fordon är laminerade.

Laminerade rutor ökar säkerheten genom att ifall de går sönder håller kvar det mesta av glaset. Ohärdat glas går sönder i ett antal vassa ganska stora bitar det är lätt att skada sig på. Härdat glas går sönder i många bitar som inte är vassa. Däremot bildas ofta aggregat av härdat glas. Dessa aggregat kan orsaka stor skada ifall rutan som går sönder finns en bit upp i exempelvis ett hus och det är möjligt att stå under fönstret. Om rutorna är laminerade finns det en möjlighet att skärvorna från det trasiga glaset hålls kvar av lamineringsfolien och gör på så sätt rutan säkrare än vad den hade varit utan folien.

Det finns två huvudmetoder att laminera glas; antingen med övertryck (autoklivering) eller med vacuum. Båda metoderna använder värme, antingen för att höja trycket i en autoklav eller som en ugn vid vacuumlaminering.

Rise Glas köpte i Smart Housingprojektet BOOST in en lamineringsutrustning vilken fungerar enligt vacuummetoden.

Utrustning

Ugnen, tillverkad av det spanska företaget Pujol ankom till Linnéuniversitetet i början av augusti 2017.

I ugnen går det att laminera system som är 85 cm breda, 85 cm djupa och upp till 20 cm högt ifall den medföljande kraftiga vacuum-påsen används; påsen kan återanvändas många gånger. Som alternativ kan engångspåse användas. Det är egentligen en rulle plast där lagom längd klipps av; det som skall lamineras placeras inuti och sidorna förseglas. På samma sätt som en julklapp, men skillnaden är att påsen är ansluten till en vacuumpump.

Med engångspåse går det att laminera ytterligare lite större prover, nästan 1 x 1 m. Maxhöjden är samma som för flergångspåsen.

Proverna analyserades med enaxlig dragning på Linnéuniversitetet (skjuvning) och på LTH (trepunktsböjning)

Process

Glasskivorna rengörs med 2-propanol och torkas rena med kleenex. I industriskala används rengöringsmedel och metod beroende på vad som skall lamineras. Folie läggs ovanpå det undre glaset och överst det andra glaset. Systemet tejpas sedan ihop med speciell lamineringstejp för att systemet inte skall kunna röra på sig under lamineringen och att folien inte skall kunna "rinna" ut vid lamineringen.

En vanlig process är att luften pumpas ut ur påsen och när ett bra vacuum har uppnåtts, att trycket är lika lågt i påsen med prover som när trycket mäts på enbart vacuumledningen, värms ugnen till dess att folien har kommit ovanför sin glasövergångstemperatur, men fortfarande är under sitt smälttemperaturområde. Polymerkedjorna i folien kan då röra sig ganska fritt, men inte så fritt att de tappar kontakten med varandra och "rinner iväg". När temperaturen sänks stelnar folien och fastnar i de bågiga glasskivorna. Till sist släpps vacuumet.

Folier

Det finns väldigt många olika sorters folier, En del kan användas till många olika sorters glas och applikationer, men de flesta är utvecklade för specifika ändamål. I projektet har inriktningen varit mot de allmänna folierna.

De vanligaste folierna baseras på EVA eller PVB. EVA står för EtylenVinylAcetat och PVB står för PolyVinylButyral. EVA och PVB är organiska ämnen och är då uppbyggda av kol, väte och syre. PVB är en polymer uppbyggd av att en molekyl (monomer) reagerar med sig själv många gånger. Varje gång en monomer reagerar med polymerkedjan ökar kedjan en monomer i längd. EVA består av två olika monomerer som varannan gång binder in till polymer kedjan. Om den ena monomeren binder in till polymerkedjan kan inte samma monomer reagera igen, utan att det är monomer två som kan reagera. Polymerkedjan byggs då upp med varannan monomer 1 och varannan monomer 2.

De standardfolier som har undersökts i projektet är:

DG41 0,76 (PVB)
Klar 0,38 (PVB)
Klar 0,76 (PVB)
Ljud 0,76 (PVB)
Visual 0,38 (EVA)
Visual 0,76 (EVA)
Crystal 0,76 Pujol (EVA)
SUPER-White 0,36 Pujol (EVA)
MATT-White 0,36 Pujol (EVA)
80 / 120 (EVA)

Besök

I projektet har det varit ett möte och tre stycken företagsbesök. Besöken har utförts på Uniglas i Pauliström, GMAX Kalmar och Osbyglas i Osby.

Av de tre företagen gör Osbyglas inga lamineringar i Osby, utan de har en anläggning i Baltikum som gör detta åt dem. Det var ett givande möte med många intressanta tankar inför lamineringsstarten på RISE Glas.

Möte med Gert Hultman GFAB Glasteam 2017-06-27; Pensionerar sig 2017-06-30.
Besöket började med en kort rundvandring i produktionen i Kalmar, sedan samtal om lamineringssupplever under 40 år och uppslag om saker att undersöka i pågående och kommande lamineringsprojekt. Gert Hultman har ett ofantligt kunnande om lamineringar.
Stor del av diskussionen kom att handla om laminering i allmänhet och mindre om folier i synnerhet. Det kom många användbara tips och ideer om saker att testa när lamineringsutrustning är igång på RISE Glas.

I industrin används ofta vatten vid rengöring. Det är möjligt då mycket av processen är automatiserad. Frågan om vattenkvalitet har kommit upp vid de företagsbesök som har gjorts. Hos RISE Glas görs allting manuellt och lagring av glasskivor är inte optimalt. Därför behövs ett lösningsmedel som löser fett. I experimenten i rapporten har 2-propanol använts som lösningsmedel vid rengöring av glasskivor.

Uniglas visade upp sin produktion och särskilt lamineringsdelen.

Deras tankar om vad som skulle vara intressant att utreda

- Tenn/tenn, luft/luft, tenn/luft

- När det gäller laminat så är de intresserade av PVB, DG41 (Eastman), SentiGP (Bridgestone)
- Keramisk färg – hur påverkar det glaset? Vidhäftning? Skjuvtester?

Uppstartsmöte 20170331

Närvarande: Ulf Clausén FSG, Tomas Persson GFAB, Fredrik Hellman Osbyglas, Niclas Hagert Uniglas, Krister Falk RISE Glas, Christina Stålhandske RISE Glas och Ingemar Malmros RISE Glas. Efter lunch deltog även Marcin Kozłowski LTH och Michael Dorn LNU.

Krister Falk beskrev inköpsprocessen och varför RISE Glas bestämde sig för en vacuumlamineringsutrustning från Pujol. (Komplettering till de övertryckslamineringsutrustningar som används i industrin). Utrustning är beställd, ledtid runt tre månader.

En första diskussion följde om vilka parametrar som är intressanta för glasföretagen.

*Att jämföra glas från olika delar av jumboglaset. Skiljer sig glaset ifall glaset som skall lamineras tas från exempelvis mitten eller kanten av jumboglaset?

*Är det någon skillnad om det är tennsidan eller luftsidan som lamineras? Tenn/tenn, luft/luft och tenn/luft?

* Vilka laminat PET, PVB, EVA, PC, ... skall undersökas? Är färgade och/eller mönstrade laminat sämre ur hållfasthetssynpunkt än ett standard?

*Jämföra samma material från olika tillverkare för att påvisa eventuella skillnader.

Analys

*Göra laminaten med överlapp enligt önskemål från LNU/LTH.

Dimensioner Glasskivor: ca 500x100 mm

Lamineringarna görs med ett av LTH specificerat överlapp. Är till för att få ett bra grepp när proven skall analyseras.

Varje prov görs med fem till sex repeteringar för att statistiskt säkerställa resultaten

*Laminera prover på samma material från olika leverantörer för att hitta eventuella skillnader.

*Vid flerskiktslaminering, alltid laminat åt samma håll, inte exempelvis kors eller motvals.

Industrin har inte så mycket produktutveckling utan utvecklingen sker hos folietillverkare och glasleverantörer. 95% av kunderna kan inte något om laminering. De viktigaste frågeställningarna är säkerhet och form och färg. Efterfrågan på laminerat glas ökar.

Analys

SMART HOUSING SMÅLAND

351 96 VÄXJÖ
TEL 010-516 50 00
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU
SMARTHOUSING.NU

Laminerade prover tillverkades för att senare analys. Proverna analyserades med enaxlig dragning och trepunktsböjning.

Trepunktsböjning

Prover laminerades med två glas i storleken 50 x 10 cm med tjocklek på 4 mm. Mellan proverna placerades de folier som skulle analyseras. Proverna laminerades ihop enligt de program för laminatorn som passade bäst för respektive folie. Prov gjordes så att glasens tennsida antingen skulle ligga mot folien eller så skulle glasens luftsida ligga emot folien.

Proven togs sedan till LTH, avdelningen för byggnadsmekanik där de utsattes för trepunktsböjning. Glasen utsattes för nedböjning med konstant hastighet till dess att de gick sönder. Då glasen är identiska beror skillnaden på hur mycket last de tål enbart på den inlaminerade folien. De flesta glasen spricker vid trepunktsböjningen beroende på ett glasfel i kanten på glaset. Det finns också exempel då felet uppstår på glaset över eller undersida. I många fall är det svårt att se vilket av brotten som uppstår först då bägge brotten förekommer i samma prov.

Lasten vid brott och hur brottet uppkom noterades. Resultaten är inlagda i tabell/bilaga X

Mätningarna på nedböjning har utförts på institutionen för byggnadsfysik på LTH av Liene Sable, David Kinsella och Dr Marcin Kozlowski.

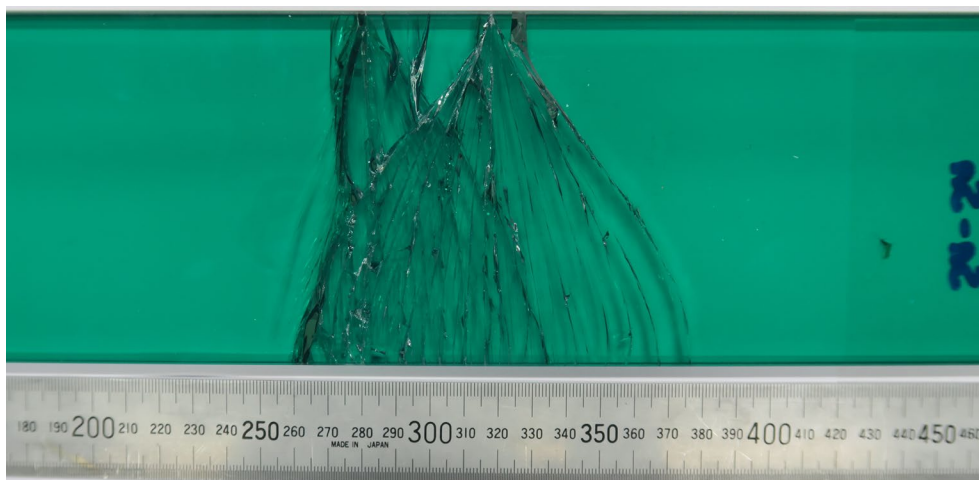


Bild 1 Prov trepunktsböjning (foto: Liene Sable, LTH)

Sammanställning av foliernas egenskaper i tabell 1

Skjuvning

200 st glasbitar med dimensionen ($l \cdot b \cdot h$) 60*40*10 köptes in från Emmaboda Glasteknik. Av dessa tillverkades 100 st laminerade prover. Den ena glasbiten placerades på bord; på ena änden av bitens översida placerades en bit lamineringsfolie med dimension 40*20 mm.

De laminerade proverna undersöktes sedan i en dragprovmaskin, MTS800, på LNU. Proverna fästes in enligt bild nr 5 och drogs sedan sönder genom att provutrustningens övre del drar i provet med konstant rörelset tills dess att det går sönder. Det som händer i provet är att laminatet, vilket är den del av provet som är lättast att deformera plastiskt, ändrar form. Det dras ut och glasskivorna börjar att glida. Laminatet sträcks ut och det blir tunnare för att kompensera för att arean av laminatet ökar. När kraften ökar mera klarar till slut inte laminatet att överföra kraften, utan systemet går sönder.

Hur provet svarar på den konstant ökande belastningen fås genom avläsning av kraften som överförs genom provet samt av töjningsgivare monterade på dragprovmaskinen och spetsen mot provet och registrerar provets längdförändring. Vid presentation är det de relativa värdena som är intressanta. Skjuvningen i varje punkt på kurvan fås genom att den avlästa kraften divideras med provets ytarea. Den relativa töjningen i varje punkt bestäms genom den avlästa töjningen dividerat med laminatets tjocklek.

I verkligheten är det inte maxvärdet på skjuvning som är intressant då det är när provet går sönder, utan en säkerhetsfaktor används för att konstruktionen där laminatet används skall vara säker.

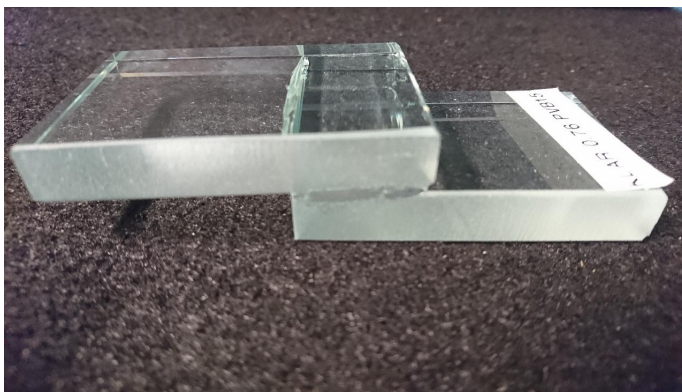


Bild 2 Laminerat prov



Bild 3 100 laminerade prover

Mätningarna på skjuvproverna har utförts av på LNU av Dr Michael Dom (LNU) och Marcin Kozłowski

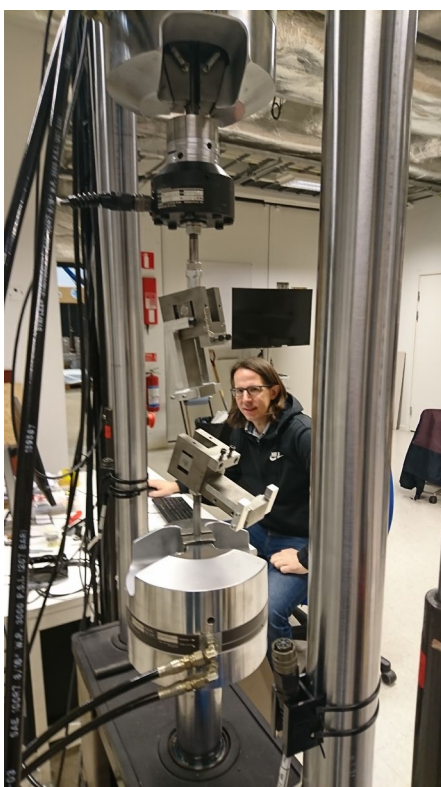


Bild 4 Dragprovningssmaskin



Bild 5 Detalj infästning av prover i dragprovningssutrustning

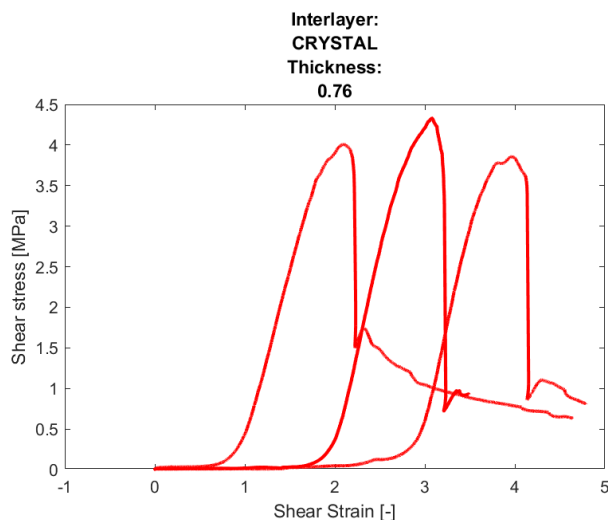


Bild 6 Den relativa töjningen, alltså töjningen dividerad med laminatets tjocklek på X-axeln och på Y-axeln kraften på provet dividerat med provets area (i alla prov 40x20= 800 mm²). Det maximala värdet på skjuvningen fås vid kurvans högsta punkt.

Resultat

Studien visar att RISE Glas lamineringsutrustning fungerar och att vi har lärt oss att använda den och att vår utrustning kan laminera de på marknaden mest förekommande folierna i nivå med utrustningarna i industriell skala.

Resultaten sprider en del, men tydliga trender finns. I provningarna har det inte tagits hänsyn till krypning och andra fenomen som plast kan ge upphov till.

Tabell 1 Sammanfattning av resultat för folierna:

Folie	typ	Tjocklek (mm)	Tmax (N/mm ²)	Bräckagekraft trepunktsböjning* (kN)	Max nedböjning
Crystal Pujol	EVA	0,76	3,87	0,92	4,5
Matt White	EVA	0,38	4,86	1,00	3,75
Super White	EVA	0,38	4,86	1,27	4,25
Visual	EVA	0,38	3,39	0,89	3,75
Visual	EVA	0,76	3,58	0,83	4,15
80 / 120	EVA	0,38	3,77	0,69	2,80
Colour Blue	EVA	0,38	-	1,38	5,15
Colour Green	EVA	0,38	-	1,15	4,10

Colour Grey	EVA	0,38	-	1,14	4,15
DG41	PVB	0,76	7,52	0,84	2,6
Clear	PVB	0,38	2,16	0,71	4,4
Clear	PVB	0,76	1,59	0,98	6,9
Ljud	PVB	0,76	2,41	0,75	6,4

Resultaten kommer att skickas ut till de i förstudien medverkande företag och de får då en sammanställning av hur de idag vanligaste folierna uppför sig i RISE Glas utrustning när de används för att laminera identiska glasystem. För RISE Glas del kan vi ge råd på vilka folier industrin kan testa för olika lamineringsprocesser.

Hur kommer ni att arbeta vidare med resultaten?

Vi har skaffat oss kunskaper om de olika laminaten och har kunnat använda detta till att laminera olika glaser samt laminera glas med bland annat glas med trä och perfekt resultat, utan bubblor.

Vi gör lamineringar där vi testat att laminera olika material med glas, antingen mellan två bitar av lamineringsfolie eller för att ersätta den ena glasskivan med annat material.

Vad kan det leda till för nyheter?

Laminering av glas och trä är något som är väldigt "på gång". RISE Glas/Smart Housing Småland presenterade en serie av olika träslag laminerade med glas på möbelmässa i New York och den rönste stor uppmärksamhet.

Arbetar någon annan med detta på andra ställen?

Det arbetas mycket inom laminering jorden runt med utveckling av folier och vad som kan lamineras. Problemet många företag har är att de enbart har en stor utrustning och att experimenten får utföras när det finns tid och plats i ugnarna då arbetet som ger pengar till företaget måste gå före.

RISE Glas utrustning är enbart till för utveckling och kan användas för att testa metoder och material åt företag. Utveckling som annars inte hade ägt rum på grund av brist i tid och kapacitet.

Studien har inte tagit upp hur mycket de olika folierna kostar per kvadratmeter. En folie som inte tål lika mycket skjuvspänning som en annan kan vara ett minst lika bra alternativ då priset för folierna vägs in.

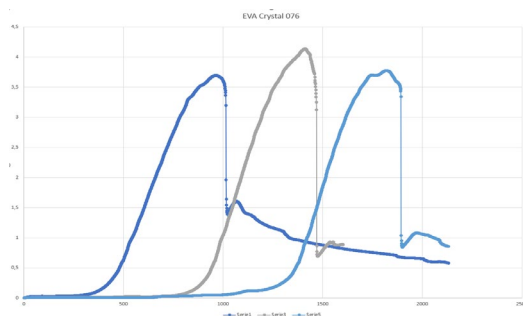
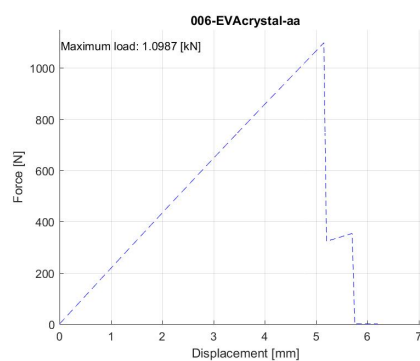
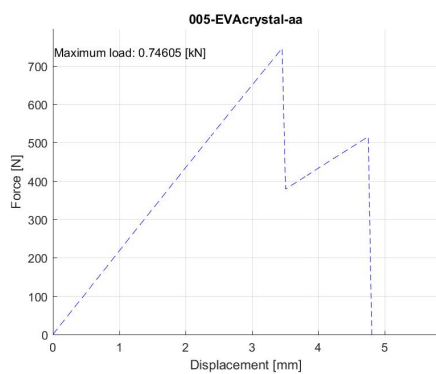
Sammanställning folier

För proven trepunktsböjning är det nedböjning på X-axeln (mm) och Kraft (N) på Y-axeln.

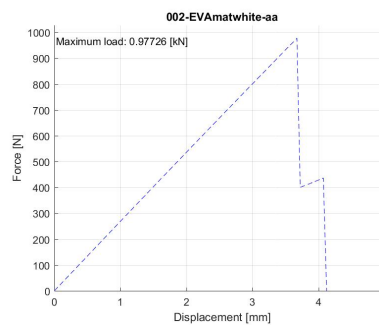
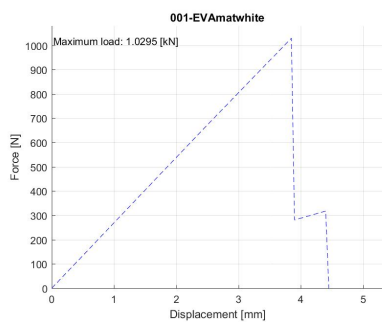
För skjuvproven är det den relativa töjningen (längdförändring delat med foliens tjocklek) på X-axeln och skjuvspänningen (τ) (N/mm^2) på Y-axeln.

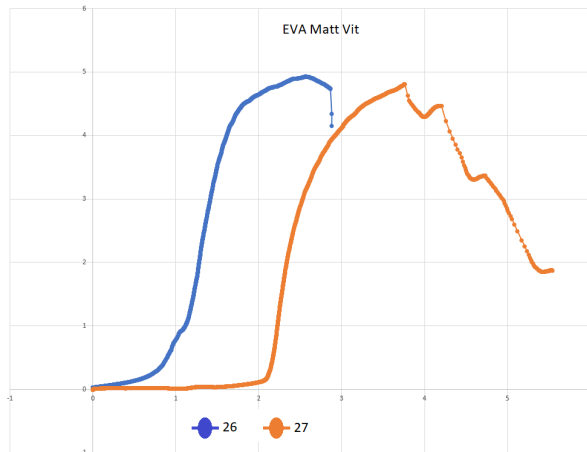
EVA

Crystal 0,76 Pujol (EVA)



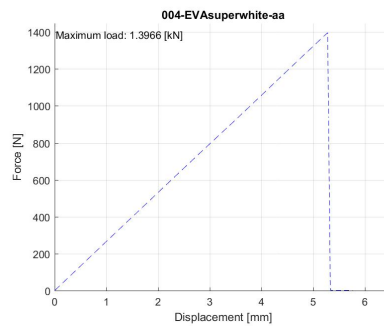
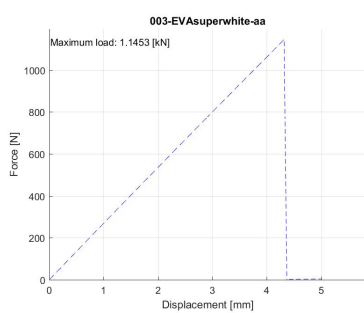
MATT-White 0,36 Pujol (EVA)



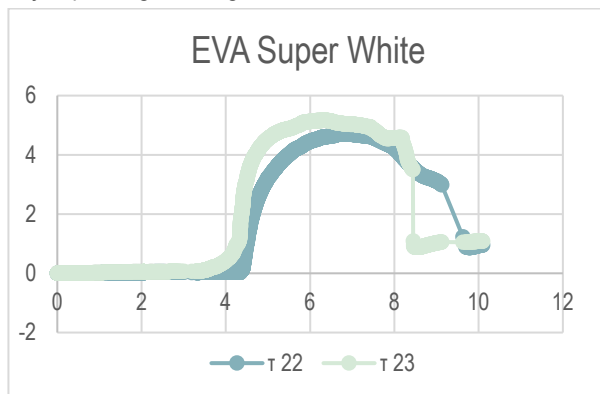


SUPER-White 0,36 Pujol (EVA)

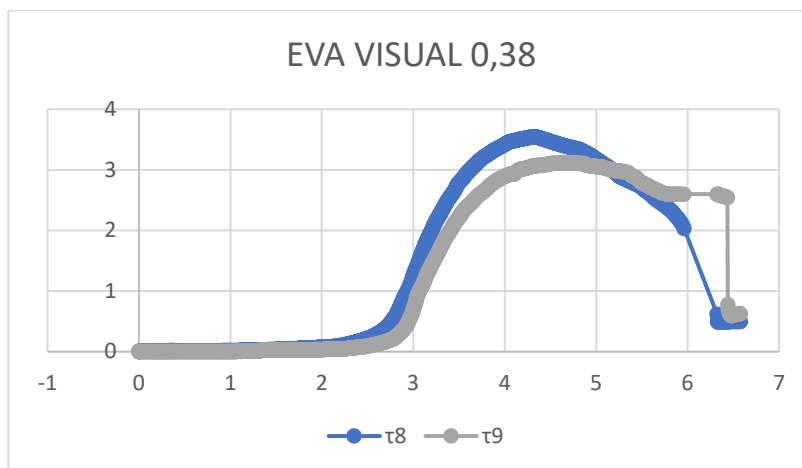
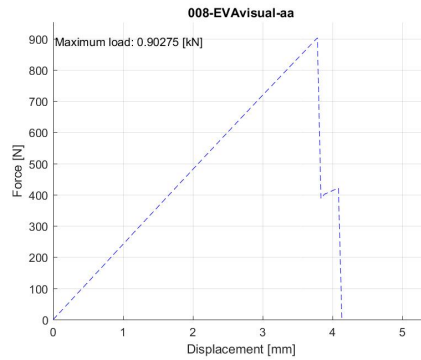
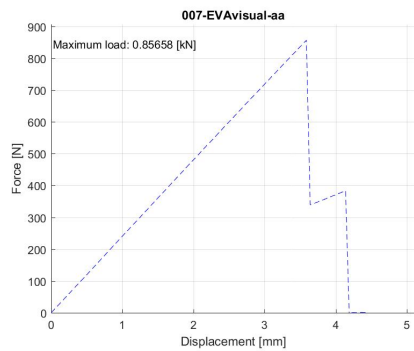
Trepunktsböjning



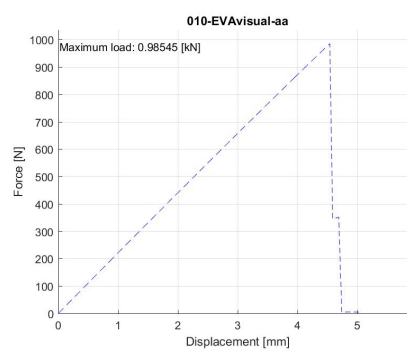
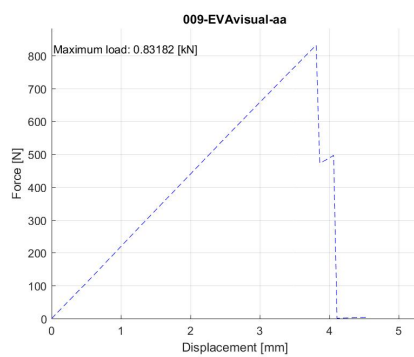
Skjuvspänningsmätning

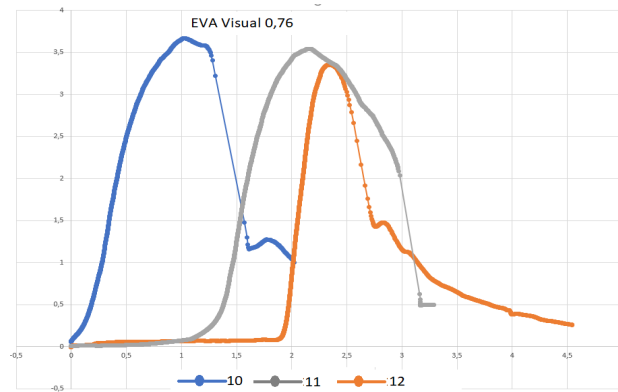


Visual 0,38 (EVA)

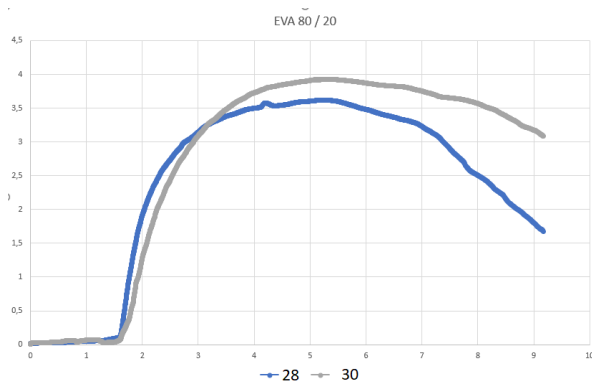
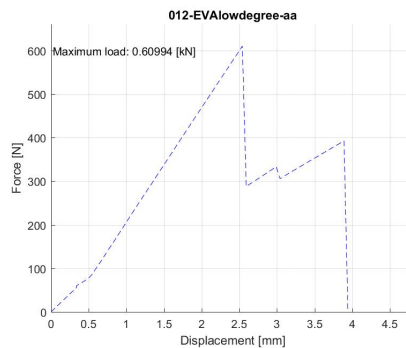
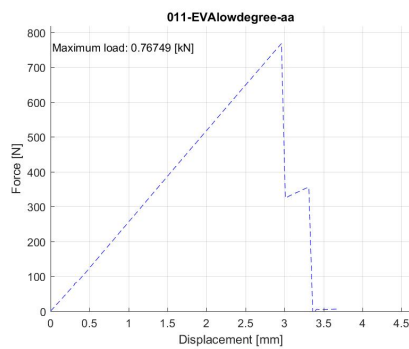


Visual 0,76 (EVA)





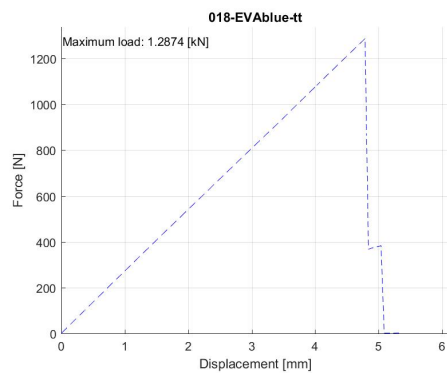
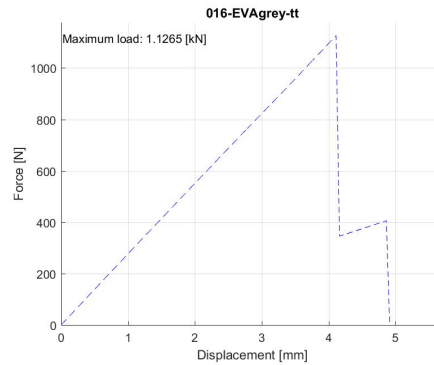
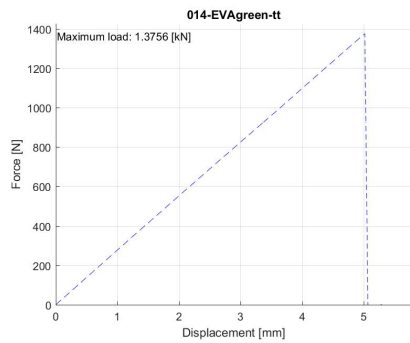
80 120 (EVA)



EVA Färgad (Grön, Grön, Grå)

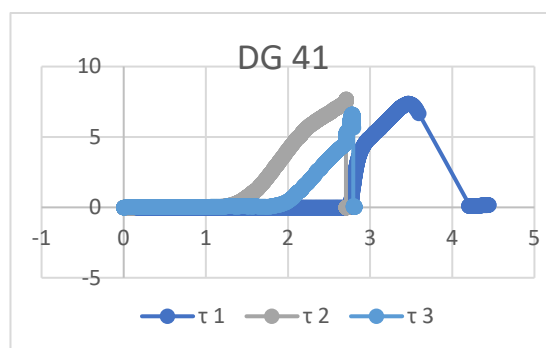
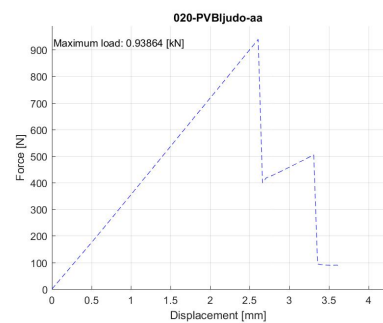
SMART HOUSING SMÅLAND

351 96 VÄXJÖ
TEL 010-516 50 00
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU
SMARTHOUSING.NU

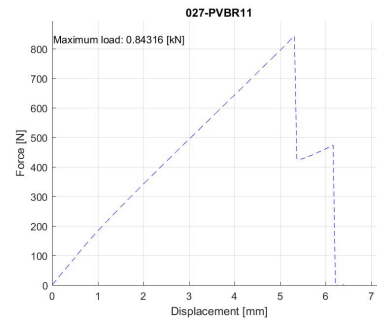
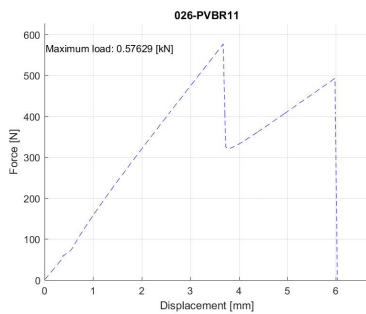


PVB

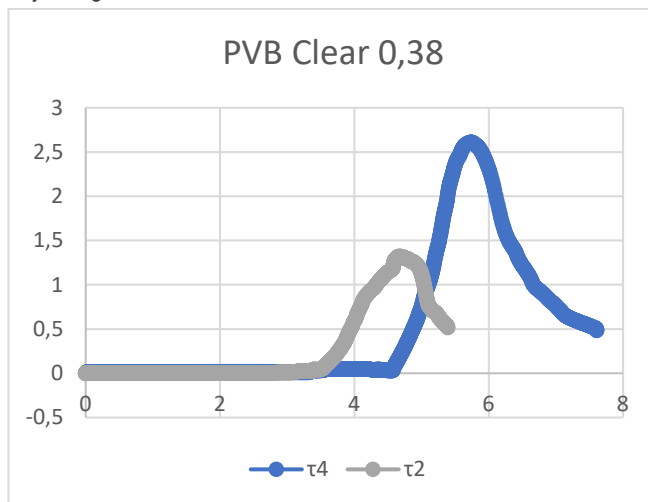
DG41 0,76 (PVB, Eastman)



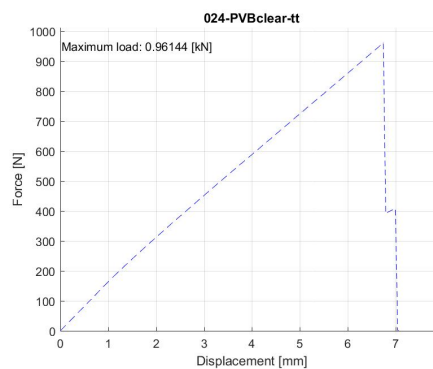
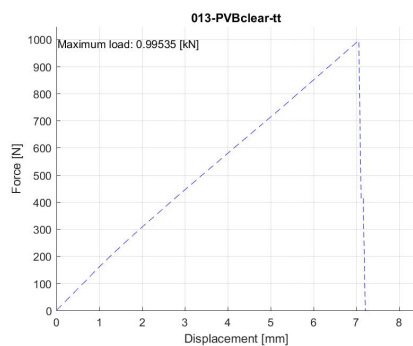
Klar 0,38 (PVB)

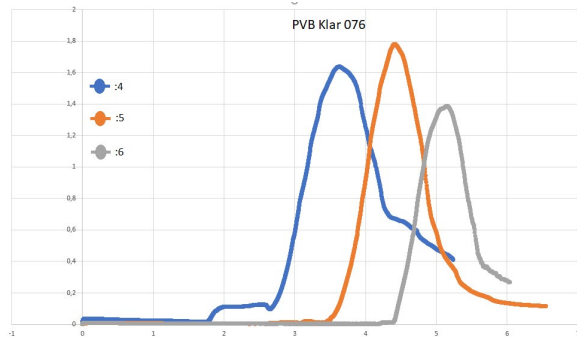


Skjuvning

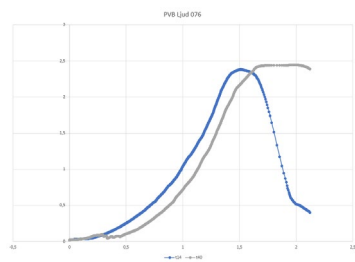
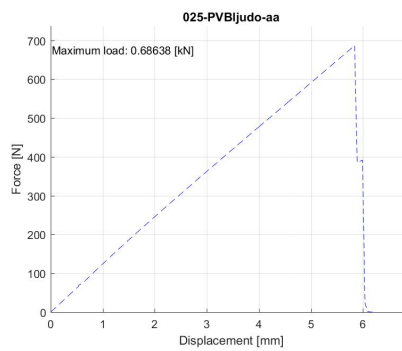
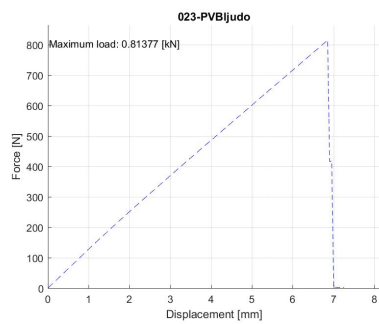


Klar 0,76 (PVB)





Ljud 0,76 (PVB)





Innovationsmiljön drivs och finansieras av



Glasbransch
FÖRENINGEN

Glasforskningsföreningen
Glafo



Region
Jönköpings län

REGIONFÖRBUNDET
I KALMAR LÄN



Länsstyrelsen
i Jönköpings län



Länsstyrelsen
Kalmar län



LÄNSSTYRELSEN
I KRONOBERGS LÄN



RI.SE



JÖNKÖPING UNIVERSITY



Linnéuniversitetet

SMART HOUSING SMÅLAND

351 96 VÄXJÖ
TEL 010-516 50 00
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU
SMARTHOUSING.NU