

CHALMERS



Lamellerat glas

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ALEXANDRA SVENSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2013
Examensarbete 2013:136

EXAMENSARBETE 2013:136

Lamellerat glas

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ALEXANDRA SVENSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2013

Lamellerat glas

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ALEXANDRA SVENSSON

© ALEXANDRA SVENSSON 2013

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2013:136

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Midtåsen Skulpturpaviljon, Skandinaviska Glassystem, 2009.

Institutionen för bygg-och miljöteknik
Göteborg 2013

Lamellerat glas

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ALEXANDRA SVENSSON
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Rapporten syftar till att utreda de ekonomiska fördelarna med en EVA-lamell jämfört en PVB-baserad lamell. EVA-lamellen är starkare och klarar långvariga laster bättre än PVB-lamellen.

Planglasets teoretiska hållfasthet är mer än 100 gånger så stor som den praktiska hållfastheten vilket är anledningen till att glas kräver stor säkerhetsmarginal när dimensionering görs. Vid dimensionering för PVB-lamell får ingen samverkan mellan glasskivorna tillgodoseas för långvariga laster. Under arbetets gång kom det fram att om en 30-procentig samverkan kan accepteras för EVA skulle det leda till att mindre material kan användas för samma hållfasthet. Det skulle på ett projekt med 100 glas om 4x1.5m leda till 3 tons lägre vikt för endast glaset.

Med tanke på att mindre material går åt besparas miljön avseende materialåtgång, transport, utsläpp och montage.

Nyckelord: PVB, EVA, Laminering, Glas

Laminated glass
Diploma Thesis in the Engineering Programme
Building and Civil Engineering
ALEXANDRA SVENSSON
Department of Civil and Environmental Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This report aims to examine the economic benefits of an EVA lamination over a PVB based lamina. A lamination with EVA is stronger and capable of sustained loads better than a PVB lamination.

Glass theoretical strength is more than 100 times as high as the practical, which is why the glass requires a large safety margin when sizing is done. For PVB no interaction between the glass sheets can be made for long-term loads. If a 30 % interaction can be accepted for EVA that would lead to less material with the same strength. For a project with 100 glasses with a size of 4x1.5m the weight would be 3000 kgs less than with PVB.

The fact that less material can be used is positive for the environment. Not only less material is used, but the transport and the assembly will also be easier.

Key words: PVB, EVA, Lamina, Glass

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte	1
1.2 Avgränsningar	1
1.3 Metod	1
2 GLAS – BAKGRUND OCH UPPBYGGNAD	2
3 GLASSAMMANSÄTTNINGAR OCH DESS EGENSKAPER	3
3.1 Floatglas	3
3.2 Härdat Glas	4
3.3 Lamellglas	4
4 TILLVERKNING AV LAMELLGLAS	5
4.1 Tillverkning av lamellglas med PVB-folie	5
4.2 Tillverkning av lamellglas med EVA-folie	7
5 GLAS SOM BÄRANDE BYGGELEMENT	8
5.1 Glas hållfasthet	8
5.2 Beräkning av lamellglas	9
5.2.1 PVB	10
5.2.2 EVA	11
5.2.3 CLEAR SIGHT	12
6 LAMELLENS PÅVERKAN PÅ VIKTEN	13
6.1 Lamellens påverkan på miljön	13
7 BELÄGGNING OCH EFFEKTER I LAMELLEN	14
7.1 Inbrottsäkerhet	14
8 LAMELLENS PÅVERKAN PÅ PROJEKTETS EKONOMI	15
8.1 Jämförelsestudie med genomförda projekt	15
9 SLUTSATS	17
REFERENSFÖRTECKNING	18

Förord

Detta examensarbete har skett på Skandinaviska Glassystem och uppkom i och med deras intresse för en starkare lamell som skulle kunna leda till tunnare och billigare glas. Arbetet skedde till viss del på företagets kontor och med hjälp av de anställda.

Företaget Forserum Safety Glass har också bidragit med hjälp varför jag skulle vilja tacka både dem och Skandinaviska Glassystem för hjälpen jag har fått. Jag vill också tacka min examinator, Joosef Leppänen, som har stöttat och haft mycket goda idéer och infallsvinklar.

Göteborg november 2013

Alexandra Svensson

Beteckningar

I rapporten förekommer diverse beteckningar och förkortningar vilka redovisas nedan.

EVA – Ethylene-vinyl acetat

PVB – Polyvenyl butural

PET – Polyetentereftalat

h_{eff} – den effektiva höjd som tillgodoses vid beräkning av glas

δ_{PC} – den nedböjning som fås i programmet PC-frame

δ_{real} – den nedböjning som utifrån test är den verkliga.

1 INLEDNING

En allmän uppfattning är att glas är ett oberäkneligt och svårarbetat material. Det stämmer till viss del men med rätt kunskap kan glas erbjuda arkitektoniska möjligheter. Desto starkare och mer hållbart glaset är i sig själv, desto lättare uppfylls arkitekternas och den moderna arkitekturens önskan om stora vidder av öppenhet och ljusinsläpp. För att detta ska kunna uppnås måste glaset agera bärande men även uppnå alla de säkerhetskrav som ställs på en byggnad.

Den absolut största faktor som begränsar arkitekturen och byggnaden är ekonomin. Byggbranschen är en bransch där ekonomin vägs i varje beslut och desto mer material som behövs desto mer kostsamt blir det. Det blir även mer kostsamt om montage är komplicerade och drar ut på tiden, varför en lättare produkt underlättar. Av dessa anledningar finns det hopp om att en ny lamell vid laminering av glas kan påverka både miljön i form av mindre material och ekonomin i form av billigare glas och montage. Den hoppas även kunna ta arkitekturen till nya höjder.

1.1 Syfte

Rapporten syftar att utreda de ekonomiska fördelarna med en EVA-baserad lamell jämfört en PVB-baserad.

1.2 Avgränsningar

Innehållet avgränsas till att utreda lamellerat glas i byggnader. Till denna avgränsning räknas således glasfasader och fönster, glasbalkar, glasfenor och glastak.

1.3 Metod

Informationen rapporten bygger på hämtades främst från glasentreprenadsföretaget Skandinaviska Glassystem där både Erik Stening och Isak Lång haft stora roller.

Ett studiebesök hos glasproducentföretaget Forserum Saftey Glass har gett förståelse i produktion där Josef Zetterberg och Ulf Clausen varit till stor hjälp.

Leo Breukers som arbetar för Bridgestone, vilka tillverkar den nya EVA-lamellen har bidragit med information om just den och Sandro Thiel på glasproducentföretaget Interpane har hjälp till i fråga om tillverkning i Europa.

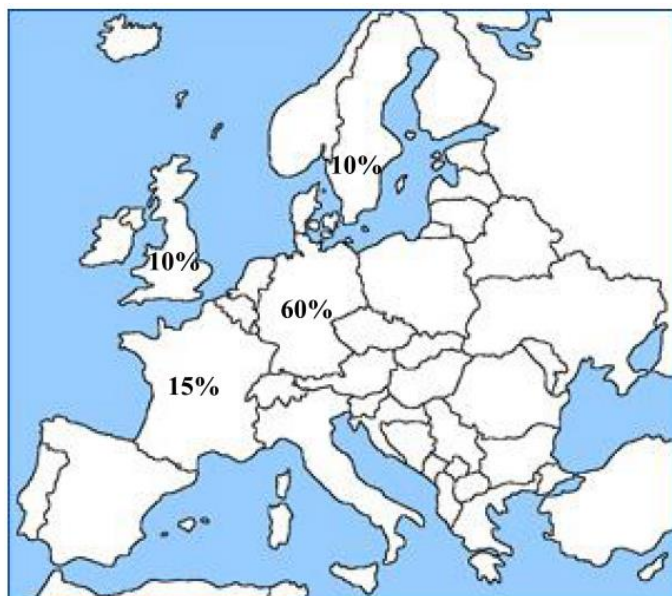
Efter studiebesöket hos Forserum Saftey Glass kom ett beräkningsprogram upp vilket Kent Persson på Lund tekniska Högskola bidrog med.

Tack vare att inte tillverkarna av EVA-lamellen inte har uppgifter i hur mycket starkare den är finns inga säkra siffror, varför en del tester har gjorts. Glasproducentföretaget Glasbel gjorde ett test under 2013 vilka viktig data har hämtats från. Utifrån detta användes datorprogrammet PC-frame för att kunna göra egna beräkningar utifrån testresultatet.

2 GLAS – BAKGRUND OCH UPPBYGGNAD

Glas är ett material som möter allt större efterfrågan på marknaden. Definitionen av glas är vanligtvis en oorganisk ickekristallin smältprodukt som under avsvalningsprocessen blir hård och spröd. Dess uppbyggnad är en blandning av sand, kalksten och soda samt mindre mängder kalciummagnesiumkarbonat, natriumaluminiumsilikat och järnoxid. För att homogenisera glassmältan tillsätts även luttringsmedel. Carlsson, P-O (2005)

Utöver en hög hållfasthet besitter glas en egenskap som gör det unikt i jämförelse med andra material - dess transparens. Det är glasets oordnade molekylstruktur som möjliggör solgenomstrålning och därmed dess transparens. Carlsson, P-O (2005)



60% - Tyskland och Österrike
15% - Frankrike
10% - England
10% Skandinavien
5% Övriga länder

Figur 1 Interpanes fördelning av glas.

Interpane är en av Europas främsta planglasproducenter och producerar 2 500 000 m² planglas per år.¹ Detta motsvarar ca 360 fotbollsplaner. Då Interpane svarar för 30% av världens glastillverkning levereras ca 840 000 m² glas till Skandinavien varje år. Tyskland och Österrike svarar tillsammans för hela 60% av Interpanes tillverkning, se Figur 1.

¹ Sandro Thiel, Säljare, Interpane.

3 GLASSAMMANSÄTTNINGAR OCH DESS EGENSKAPER

Glas är ett material som kan kombineras och bearbetas på en mängd olika sätt. Egenskaperna varierar mellan olika sammansättningar, vilket resulterar i att de anpassas och kombineras för att skapa en optimal glaskonstruktion för varje enskilt projekt. Nijse (2003) Nedan beskrivs de glassammansättningar som är mest relevanta inom byggbranschen.

3.1 Floatglas

Floatglas, även kallat planglas, är den vanligaste formen av glas inom byggindustrin och är utgångspunkten för nästan allt glas. Namnet kommer från den tillverkningsprocess under vilken glasmassan får flyta på en bädd av smält tenn. Detta resulterar i en mycket plan yta. Floatmetoden utvecklades under 1950-talet och var en vändpunkt för tillverkningen av planglas eftersom det för första gången i historien blev möjligt att producera stora kvantiteter klart, transparent glas med praktiskt taget parallella ytor. Achilles A & D Navratil (2009)

Floatglas avkyls långsamt för att förebygga att det uppstår egenspanningar som gör det omöjligt att beskära glaset i efterhand. Mikrosprickor är det dock omöjligt att förhindra och dessa tillsammans med lasternas varaktighet avgör glasets hållfasthet. Munch-Anderssen (2008)

Floatglas i sig har inte några specifika säkerhetskrav och blir stora vassa skärvor vid brott. Floatglas är även det glas som oftast brukas i fönsterkonstruktioner.

Floatglas kan framställas med varierad halt järnoxid. Normalt sett innehåller glaset en viss mängd järnoxid, vilket ger floatglaset en grön ton i genomsikt. Halten järnoxid kan dock reduceras och floatglas med riktigt låg halt järnoxid ger ett glas som är i princip färglöst genom att det eliminerar den svaga gröntonen. Detta färglösa glas brukar benämnas järnfritt glas. Umeå Glas (2010)

3.2 Härdat Glas

Härdat glas är glas som har undergått termisk härdning, en process som ger uppkomst till höga tryck- och dragspänningar i glasets yta, vilket resulterar i ett styvare glas som är upp till fem gånger starkare än det konventionella floatglaset. Det upphättas till 600° C och kyls sedan ner snabbt. Så länge den yttre lasten inte överskrider de inre spänningarna som uppkommer från härdningen så påverkas inte hållfastheten av mikrosprickorna. Munch-Anderssen (2008)

När härdat glas spricker blir det till småkross utan vassa kanter och ger inte upphov till skärskador (Umeå Glas, 2010). Härdat glas klarar av att stå emot temperaturskillnader på uppemot 200° C medan vanligt floatglas endast klarar runt 40° C. Umeå Glas (2010)

3.3 Lamellglas

Lamellglas består av glasskivor som lamineras samman med ett mellanliggande skikt av en plastfolie. Fördelen med laminering är att den ger glaset säkerhetsgenskaper eftersom glasrutan sitter kvar i ramverket även om glaset skulle spricka. Detta eftersom glaset hålls på plats av plastfolien. Lamellglas används således ofta i glastak med plastbeläggningen som vetter mot rummet. På så vis hindras glaskross från att skada allmänheten. Nijssen (2003)

Det går att lamellera både floatglas och härdat glas. Munch-Anderssen (2008)

När folien, eller folierna, placeras mellan glasskivorna smälts de samman och kan vid långvarig last krypa om det lamellerats med PVB-folie. Vilken folie som används, lastens varaktighet och temperatur avgör dess hållfasthet.²

² Leo Breukers, säljare, Bridgestone.

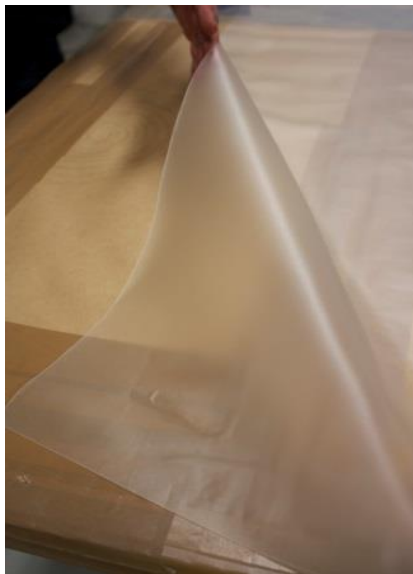
4 TILLVERKNING AV LAMELLGLAS

Tillverkning av ett lamellglas sker med hjälp av tryck och värme av något slag där lamellen fastnar mellan två eller flera glasskivor. Olika lameller kräver dock något olika metoder och verktyg vilka beskrivs nedan.

4.1 Tillverkning av lamellglas med PVB-folie

Vid tillverkning av ett lamellglas med PVB-folie, se figur 2, läggs plasten mellan glaset för att sedan tryckas och värmas ihop. Känslan på en lamell varierar med tjockleken men påminner om en vaxduk. Noggrannheten när plasten läggs mellan glaset är nästan obefintlig förutsatt att det inte är tryck på den. Det är även möjligt att ta i lamellen utan att det påverkar hållfastheten eller genomsynligheten för den färdiga produkten.³

När folien är på plats mellan glaset utsätts den för tryck i en maskin som påminner om en mangel. Här värms glaset också upp snabbt till 70° C, se Figur 3.²



Figur 2 PVB-lamell.



Figur 3 Tryckt glasskiva.

³ Jose Zetterberg, produktion, Forserum Safety Glass.

Innan bearbetning och upphettning är folien väldigt grumlig och inte genomsynlig. Efter den första upphettningen till 70° C blir synligheten större för att bli helt genomsynlig efter sina 90 minuter i ugnen, Figur 4, där den både upphettas till 140° C och trycksätts till 12 bar.³

Uppvärmningen och processen för ugnen att blir varm tar 3 timmar. Därefter ska glaset värmas och tryckas i 90 min. Den totala tiden för en omgång i ugnen är 6 timmar.⁴



Figur 4 Ugn för värme och tryck.

⁴ Ulf Clausen, säljare, Forserum Safety Glass.

4.2 Tillverkning av lamellglas med EVA-folie

Tillverkningen med EVA är lik den för PVB. Glaset beskärs, lamellen läggs mellan skivorna och de körs genom tryck-och värmemaskinen. Skillnaden för processen i den mangelliknande maskinen är dock att ingen värme används. Den utsätts alltså bara för tryck i detta skede.⁵

Efter att glaset med lamellen mellan, som påminner mycket om PVB-lamellen men som inte kan få några fingeravtryck eller andra märken på sig, läggs glaset i en vakuumpåse, se Figur 5. Dessa vakuumpåsar produceras av en plast på rulle och är unikt för varje glas.⁶

Processen för ugnen och vakuumsättningen där i inklusive upphettning och avkylning är något kortare än för PVB och skulle kunna uppskattas till 5 timmar. EVA-lamellen smälter här och blir nästan flytande för att sedan stelna när glaset blir kalla igen.⁵

Tack vare att glaset som lamelleras med EVA måste få en skräddarsydd vakuumpåse tar arbetet längre tid och blir mer omständligt vid produktion.⁵



Figur 5 Glas med EVA-folie i vakuumpåse.

⁵ Josef Zetterberg, arbetar med produktion, Forserum Safety Glass.

⁶ Ulf Clausen, säljare, Forserum Safety Glass.

5 GLAS SOM BÄRANDE BYGGELEMENT

Följande avsnitt ämnar utreda glas hållfasthet. Eftersom glas är ett material med stora avvikelser där varje glasskiva är unik liksom de mikrosprickor som bildas är olika för varje glas måste säkerhetsmarginalen vara betydligt större än för exempelvis stål. Att det ännu inte finns Europeiska standarder försvåras beräkningar även om det går att genomföra. Detta kapitel ämnar beskriva de hållfasthetsmässiga egenskaper som glas besitter.

5.1 Glas hållfasthet

Planglasets teoretiska hållfasthet är mer än 100 gånger så stor som den praktiska hållfastheten. Detta beror på att det i glasets ytskikt finns mikroskopiska sprickor som varierar från glasskiva till glasskiva. Detta är anledningen till att glas har en stor säkerhetsmarginal när beräkningar görs. Det är också anledningen till att det inte finns några generella beräkningsstandarder. Varje företag har sina metoder och sina säkerhetsmarginaler. Glasbranschföreningen (2004)

En elastisk deformation sker när glas belastas och vid överbelastning brister glaset med ett sprött brott. Detta medför att glas klarar av utbredda laster bättre än punktlaster. Glastyp och glastjocklek är de främst avgörande faktorerna att ta hänsyn till när glas väljs. Andra faktorer att ta hänsyn till vid projektering är förhållandet mellan glasskivans höjd och bredd samt infästningar. Glasbranschföreningen (2004)

Tabell 1 Floatlasets fysiska och mekaniska egenskaper enligt SS-EN

Densitet	ρ	2 500 kg/m ³
Hårdhet	$HK_{0,1/20}$	6 GPa
Elasticitetsmodul	E	70 GPa
Böjhållfasthet	$f_{g,k}$	45MPa

Tabell 1 visar att floatglas har en densitet på 2 500kg/m³ och har en elasticitetsmodul, vilken beskriver hur elastiskt ett material är, på 70 GPa. Detta att jämföra med stål som har en E-modul på 200 GPa. (Glasbranschföreningen 2005) Härdat glas som utsätts för upphettning och därför får högre hållfasthet än floatglas har en böjhållfasthet på 120 MPa. Beräkning av lamellglas

5.2 Beräkning av lamellglas

Vid beräkning av glas används formeln för rektangulära tvärsnitt.

$$\frac{M}{W} = \sigma \quad (5.2.1)$$

$$W = \frac{bh^2}{6} \quad (5.2.2)$$

Böjhållfastheten blir då W och beror av tjockleken samt bredden på glaset. Lamellens tjocklek räknas inte med i höjden. Denna metod används för PVB där 100% samverkan får användas om det endast är kortvariga laster, medan det för långvariga laster blir 0% samverkan.⁷ Hur stor samverkan som går att räkna med för EVA är ännu oklart. År 2013 genomförde Tomas Lenkimas på Glassbel tillsammans med Tomas Serafinavcius, Jean-Lebet, Christian Louter och Artiomas Kuranovas ett test för långvariga punktlaster vars resultat redovisas i Tabell 2.

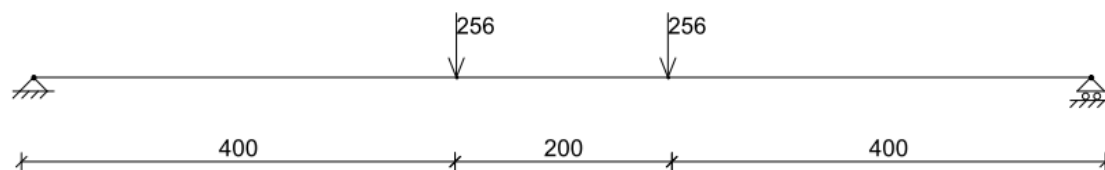
Tabell 2. Testresultat

Lamell	Mätning	+20C	+40C
PVB	Nedböjning [mm]	7,10	8,00
EVA	Nedböjning [mm]	3,00	3,40
PVB	Spänning [MPa]	17,5	20,0
EVA	Spänning [MPa]	12,1	13,5

Med hjälp av resultaten i testet kan en höjd räknas ut för både PVB och EVA och utifrån detta få en samverkansfaktor som stämmer för det specifika fallet.

⁷ Isak Lång, konstruktör, Skandinaviska Glassystem.

En fri upplagd glasskiva med måtten 1100x360 mm belastades enligt Figur 4 nedan. Det var en 66.2:a, vilket innebär ett lamellglas med två stycken skivor om 6 mm och två lameller mellan.



Figur 4, Belastad glasskiva. [mm]

För att kunna använda resultatet av testet matades data enligt Figur 4 in i programmet PC-frame och med resultaten i nedböjning från Tomas Lenkimas test kan de effektiva höjderna beräknas för vardera lamell.

För att ha något att utgå ifrån matades en tjocklek på 10 mm in, samt övrig data från testet. Detta ger en nedböjning på 1,57 mm och har egentligen inget med den faktiska beräkningen att göra, men ett utgångsvärde fås.

$$h_{eff} = 10 \times \left(\frac{\delta_{PC}}{\delta_{real}} \right)^{1/3} \quad (3.2.2)$$

h_{eff} betecknar den effektiva höjd som används, eller som vi i detta fall får ut, δ_{PC} beskriver den nedböjning på 1,57 mm som blev resultat i programmet och δ_{real} beskriver nedböjningen från Lenkimas test. Genom dessa siffror kan den effektiva höjden h_{eff} beräknas då alla de övriga är kända.

5.2.1 PVB

För PVB i +20°C:

$$h_{eff} = 10 \times \left(\frac{\delta_{PC}}{\delta_{real}} \right)^{1/3} \Rightarrow h_{eff} = 10 \times \left(\frac{1,57}{7,1} \right)^{1/3}$$

$$\Rightarrow h_{eff} = 6,05 \text{ mm}$$

Den effektiva höjden för en belastad glasskiva får alltså den effektiva höjden 6,05 mm om den belastas med två punktlaster enligt Figur 4. Detta att jämföra med den verkliga höjden på 12 mm.

Om ekvationerna 5.2.1 och 5.2.2 nu används kan liknande jämförelse göras där

$$\frac{102,4}{W} = 17,5 \text{ MPa} \quad W = \frac{0,36 \times h^2}{6} \Rightarrow h_{eff} = 9,87 \text{ mm}$$

5.2.2 EVA

För EVA i +20°C:

$$h_{eff} = 10 \times \left(\frac{\delta_{PC}}{\delta_{real}} \right)^{1/3} \Rightarrow h_{eff} = 10 \times \left(\frac{1,57}{3,0} \right)^{1/3}$$

$$\Rightarrow h_{eff} = 8,05 \text{ mm}$$

Den effektiva höjden för en belastad glasskiva blir alltså 8,05 mm om den belastas på precis samma sätt som en skiva med PVB. Detta att jämföra med den verkliga höjden på 12 mm och PVB på 6,05 mm. Att bara se från testet är EVA 33% starkare än PVB.

På samma sätt som för PVB används nu spänningsresultaten från testet och en effektiv höjd beräknas.

$$\frac{102,4}{w} = 12,1 \text{ MPa} \quad W = \frac{0,36 \times h^2}{6} \Rightarrow h_{eff} = 11,87 \text{ mm}$$

De båda resultaten avviker från varandra mycket och görs beräkningen med hjälp av spänningsresultaten blir EVA endast 20% starkare än PVB. Enligt Isak Lång är beräkningen som bygger på nedböjning den som är bäst att förlita sig på. Detta för att spänningen i lamellen inte är densamma som spänningen i glaset vilka ekvationerna bygger på. En uppskattning på att EVA är 30% starkare än PVB vågar därför göras.

5.2.3 CLEAR SIGHT

Företaget Forserum Safety Glass har tillsammans med Lund Tekniska Högskola tagit fram ett program för att underlätta dimensionering med EVA och PVB. Detta program bygger på tester som tidigare gjorts där *Time-Dependent Behavior of Laminated Glass* har haft en betydande roll.⁸

Clear Sight är främst ett program för räckesglas men kan även användas till fasadglas⁹. Ett exempel gjordes där två härdade glas på 6 mm laminerades med först PVB och sedan EVA. Dessa placerades i en U-profil och blev belastade med snölast. Resultatet av detta test blev att EVA-lamellen håller och PVB-lamellen gör det inte. Den maximala spänningen som uppmättes med PVB var 75,2 MPa vilket är över den tillåtna på 73 MPa. Glaset med EVA fick däremot en högsta spänning på 70,83 MPa vilket alltså är godkänt.⁹

Enligt Kent Persson på Lund Tekniska Högskola är detta programmet skapat utifrån tester och har en hög säkerhetsmarginal. Enligt provet ovan som gjordes i programmet klarar EVA ca 7% högre spänningar än PVB.

⁸ Kent Persson, Lektor, Lunds Tekniska Högskola.

⁹ Ulf Clausen, säljare, Forserum Safety Glass.

6 LAMELLENS PÅVERKAN PÅ VIKTEN

Enligt testerna som gjordes av bland andra Tomas på Glassbel syns det att EVA är starkare vid långvariga laster och om en samverkan på 30% går att använda kan materialåtgången minskas och ändå få samma resultat som för PVB.

Om en 30-procentig samverkan kan antas och detta ger en lika stor minskning av material skulle det betyda att en sammansättning med 2 tycken skivor om 6 mm istället skulle bli en med två på 5 mm. Detta ger två millimeter tunnare glas och på ett glas med måtten 4000x1500 ger det en skillnad i vikt på 30 kg. I ett projekt om ca 100st glas blir vikten ganska avsevärd och blir totalt 3 ton mindre.

6.1 Lamellens påverkan på miljön

Med tanke på att mindre material används besparas miljön. Desto mindre råmaterial som används desto mindre påverkas miljön. Tack vare att vikten blir mindre kommer även transporterna leda till mindre miljöpåverkan. Maskinerna som används vid montage behöver således arbeta mindre och använder därför mindre energi.

Vad gäller lamellens kemiska påverkan är ingen av de två miljöfarliga enligt Sundahus.se. Däremot är det generellt mycket energi som går åt för att producera lamellglas.¹⁰

¹⁰ Ulf Clausen, säljare, Forserum Safety Glass.

7 BELÄGGNING OCH EFFEKTER I LAMELLEN

Det är möjligt att lägga in beläggningar när glas lamelleras. Det kan vara självrengörande beläggningar, isolerande, printscreens etc. Dessa görs vanligen på en PVB film innan laminering och glaset får den valda egenskapen. PVB och EVA kan inte blandas i samma glas vilket gör att de tidigare använda metoderna inte fungerar för EVA utan ger upphov till en ny marknad.¹¹

Laminering med EVA och PET är bästa alternativet enligt Leo Breukers, återförsäljare av både EVA-lamell och PET-beläggning. Han menar att tryck med PET tillför både utseendemässigt bättre bilder samt tillför även styrka åt lamineringen.¹¹

7.1 Inbrottssäkerhet

Då EVA-lamellen binder samman glasskivorna med en kemisk förbindelse är denna starkare än den mekaniska för PVB. Detta gör att ett glas med EVA-lamell är ett säkrare alternativ avseende inbrottssäkerhet.¹¹

¹¹ Leo Breukers, säljare, Bridgestone.

8 LAMELLENS PÅVERKAN PÅ PROJEKTETS EKONOMI

EVA-lamellen bidrar med den positiva effekten att mindre glas kan användas. Däremot bidrar den inte till att glaset blir billigare då den är 4 gånger så dyr som PVB. Glasen blir i snitt 1000-1500 kr dyrare per glas och trots att mindre material används. Glasen blir alltså dyrare att köpa på grund av den krångliga tillverkningsprocessen.¹²

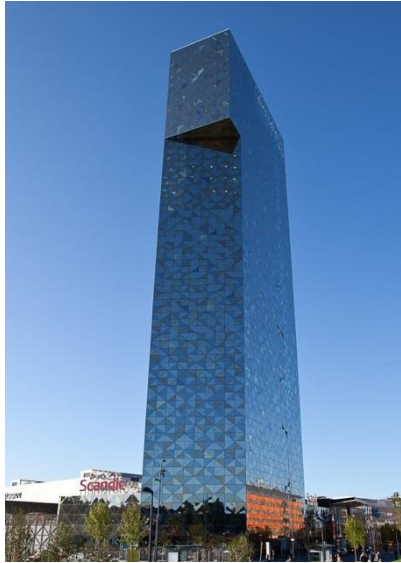
Transport blir däremot billigare. Tack vare att vikten för transporten minskar blir kostnaden något lägre. Om montage och transport blir billigare kan det möjligen göra att det dyrare glaset tjänas in. Om dessutom mindre dimensioner i primär- och sekundärelementen blir projektet i sin helhet billigare.

8.1 Jämförelsestudie med genomförda projekt

På Skandinaviska Glassystem AB arbetas det i större modulprojekt samt mindre projekt. De större projekten innehåller en mindre procentuell glasmängd än de mindre som ofta är helt i glas med mindre inslag av stål. Projektmässigt är 15% av den totala kontraktsumman glaskostnad för modulprojekten jämfört de mindre projekten där samma siffra är 30%.

I ett mindre projekt får glaskostnaden få en stor betydelse.

¹² Josef Zetterberg, logistik, Forserum Safety Glass.



Figur 6 *Victoria Tower.*

Victoria Tower, se Figur 6, är ett större modulprojekt Skandinaviska Glassystem haft där glaskostnaden var ca 15%. För ett projekt som detta har inte glaskostnaden någon avgörande roll. Desto större roll i ett projekt glaskostnaden har, desto viktigare är det att priset blir rätt.

Då varje glas blir omkring 1300 kr dyrare på grund av tillverkningsprocessen blir det en procentuell skillnad som varierar beroende på glasens storlek. I ett projekt med få och stora glas kan den ökade kostnaden vara att överväga då varje glas blir lättare att montera och att varje glas har en fast extrakostnad. Desto större ett glas är, desto dyrare blir de och tilläggs-kostnaden blir mindre i proportion till total-kostnaden om glasen är större och få.

I ett projekt med många mindre glas kan en extrakostnad på 1300 kr per glas bli för mycket och PVB anses som ett bättre alternativ. Är glasen små blir effekten av mindre material dessutom mindre.

9 SLUTSATS

Att EVA-lamellen är starkare än PVB-lamellen stärks i flera oberoende tester som genomförts. Fortfarande kvarstår frågan *hur mycket starkare?*

I rapporten har en uppskattning i hur mycket starkare EVA är jämfört PVB gjorts och därifrån ytterligare uppskattning i hur mycket det påverkar mängden material och där av vikten.

Om det går att säkerställa en samverkansfaktor för långvariga laster för EVA, som det finns för PVB, kan ett säkrare bevis läggas fram för att den faktiskt är bättre. I dagsläget är det många osäkra faktorer vilket gör att det inte går att sätta en. Det går att uppskatta och lägga sig på den säkra sidan men det är ändå inte en rättvis bild av lamellen. Att den är starkare är bevisat genom de tester som har gjorts och hur mycket starkare kan beräkningar bevisa, men det krävs både fler tester och bättre beräkningsmodeller. Tillverkarna av lamellen borde gå vidare och själva ta fram hur mycket starka lamellen är. De måste även se till att EVA-lamellen är lika lätt att använda som PVB för att tid, ekonomin, styrka och hållbarhet skall gå ihop.

Förutsättningarna för att en starkare lamell ska komma in på marknaden är mycket stor men utan bevis kan den inte etablera sig.

Det går inte att sälja in en produkt som är dyrare utan att faktiskt kunna bevisa att den också är starkare. Utan bevis kommer ingen att satsa på den nya lamellen, även om det skulle leda till en billigare slutprodukt.

Tanken på mindre material, lättare och starkare glas är intressant och om effekten kan bli en billigare slutprodukt är det vad branschen behöver. För detta krävs bevis från tillverkarna.

REFERENSFÖRTECKNING

Achilles, A & D Navratil (2009), *Basics - Glass construction*. Birkhäuser Verlag, Boston.

Carlson, Per-Olof (2011), Personsäkerhet, *GLAS*. 1/2011. sid 30-31

Carlsson, Per-Olof (2005), *Bygga med glas*. Glasbranschföreningen.

Daneby Glas, *Produkter – Glas* [www]. Hämtat från www.danebyglas.se/folder/daneby_glas_produkter_glas.pdf. Hämtat den 20 juli 2013.

Glasbranschföreningen (2004), *Glassäkra miljöer - Publika miljöer* [www]. Hämtat från http://www.svenskplanglas.se/svenskplanglas/images/glassakra_publica_februari_2011.pdf . Hämtat den 20 juli 2013.

Nationalencyklopedin, *Elasticitetsmodul* [www]. Hämtat från <http://www.ne.se>. Hämtat 2 september 2013

Nijsse, Rob (2003), *Glass in structures – Elements, concepts, designs*. Birkhäuser Verlag, Boston.

Oskarsson, Pelle (2010), Starkare än stål. *GLAS*, 4/2010. sid 20-25.

Persson, Maria, *Glaset ursprung och dess tidiga utveckling* [www]. Hämtat från <http://www.gbf.se> . Hämtat 10 maj 2013.

Umeå Glas, *Välj rätt glas* [www]. Hämtat från www.umeaglas.se. Hämtat den 10 maj 2013.

Breukers, Leo, säljare för Bridgestone. Europa.

Clausen, Ulf, säljare, Forserum Safety Glass. Forserum

Lång, Isak, konstruktör på Skandinaviska Glassystem. Göteborg

Persson, Kent, Lektor, Lund Tekniska Högskola. Lund

Stening, Erik, arkitektkonsult på Skandinaviska Glassystem. Göteborg.

Thiel, Sandro, säljare på Interpane, Tyskland.

Zetterberg, Josef, produktion, Forserum Safety Glass. Forserum.

Clear Sight, beräkningsprogram framtaget av bla. Kent Persson, Lund Tekniska Högskola

PC-frame, beräkningsprogram som användes för att beräkna nedböjning.