

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Blaž ERZNOŽNIK

**RAZVOJ OKENSKEGA PROFILA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Blaž ERZNOŽNIK

**RAZVOJ OKENSKEGA PROFILA**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**DEVELOPMENT OF A NEW WINDOW PROFILE**

GRADUATION THESIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za management in ekonomiko lesnih podjetij ter razvoj izdelkov, Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Razvoj in izdelava prototipa sta bila izvedena v družinskem podjetju LESKO Žiri d.o.o.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega dela imenoval doc. dr. Jasno Hrovatin, za recenzenta pa izr. prof. dr. Milana Šerneka.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Blaž Erznožnik

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 630\*833.152
- KG stavbno pohištvo/okno/steklo
- AV ERZNOŽNIK, Blaž
- SA HROVATIN, Jasna (mentorica)/Šernek, Milan (recenzent)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- LI 2009
- IN RAZVOJ OKENSKEGA PROFILA
- TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
- OP IX, 62 str., 15 pregl., 29 sl., 7 pril., 7 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Na trg želimo ponuditi novo linijo lesenih oken, primerno za vgrajevanje v objekte s povečano obremenitvijo fasadnih elementov. Razvili smo novo linijo oken, ki je iz zunanje strani v celoti izdelana iz stekla in ALU pločevine (minimalno), v notranjosti pa lesena. Okno naj bi imelo v funkcionalnem in izolativnem pogledu vsaj enake lastnosti kot klasično leseno, v trajnostnem smislu pa naj bi ga presegalo. Raziskovali smo oprijemnost lepil na les in steklo; lepilo za lepljenje stekla na les je namreč eden ključnih elementov proizvodnje tovrstnih oken.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 630\*833.152
- CX building furniture/window/glass
- AU ERZNOŽNIK, Blaž
- AA HROVATIN, Jasna (supervisor)/Šernek, Milan (co-advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2009
- TI DEVELOPMENT OF NEW WINDOW PROFILE
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO IX, 62 p., 15 tab., 29 fig., 7 ann., 7 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB We wish to offer a new line of wooden windows to the market, suitable for installation into facilities with an increased load to facade elements. We tried to develop a new line of windows, entirely made of glass and aluminium plates from the outside and wood inside. The window should have at least the same characteristics as the classic wooden window as regards its functionality and isolation, or even better to exceed it. Thesis researches the adhesion of glues on wood and glass; adhesives to glue glass onto wood are one of the key elements in the production of such windows.

## KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	IV
KAZALO VSEBINE .....	V
KAZALO SLIK .....	VII
KAZALO PREGLEDNIC.....	VIII
KAZALO PRILOG.....	IX
<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>2</b>
2.1 OKNA VČERAJ - DANES .....	3
2.2 KAJ PRIČAKUJEMO OD SODOBNIH OKEN .....	3
2.3 TEHNIČNE KARAKTERISTIKE .....	5
2.3.1 Toplotna prehodnost.....	5
2.3.2 Zvočna izoliranost .....	6
2.3.3 Tesnenje .....	8
2.3.4 Trajnost in površinska zaščita .....	8
2.3.5 Varnost .....	9
2.3.6 Prezračevanje .....	11
2.3.7 Fasada in zaščita pred soncem .....	13
<b>3 RAZISKAVA TRGA.....</b>	<b>15</b>
3.1 ANALIZA OBSTOJEČIH REŠITEV OKEN LES – STEKLO .....	15
3.1.1 Pollux.....	16
3.1.2 WFT.....	17
3.1.3 Gaulhofer fenster .....	18
3.1.4 Wenger fenster .....	19
3.1.5 Zech fenster .....	20
3.2 PRIMERJALNA PREGLEDNICA OKEN LES-STEKLO.....	21
<b>4 RAZVOJ IZDELKA.....</b>	<b>22</b>
4.1 CILJI .....	22
4.2 UPORABLJENI MATERIALI .....	23
4.2.1 Les .....	23
4.2.1.1 Lesne vrste, ki se uporabljajo za izdelavo oken .....	23
4.2.1.2 Lepljeni profili.....	23
4.2.1.3 Furniranje lepljenih profilov .....	24
4.2.2 Steklo.....	25
4.2.2.1 Izolacijsko steklo .....	25
4.2.2.2 Steklo vgrajeno v okno „LESKO Trend“.....	27
4.2.2.3 Kaljeno steklo.....	28
4.2.2.4 Emajliranje stekel .....	32
4.2.3 Pokrivna aluminijasta pločevina.....	33
4.2.4 ALU odkapna letev .....	34
4.2.5 Lepilo za lepljenje stekla.....	34
4.2.6 Tesnilo .....	35
4.2.7 Barve.....	35

4.2.8	Okovje.....	36
4.3	TEHNOLOGIJA IZDELAVE (IZDELAVA PROTOTIPA) .....	38
4.3.1	Izdelava delovnih nalogov .....	38
4.3.2	Priprava lesa .....	38
4.3.3	Strojna obdelava I. del.....	38
4.3.3.1	Obdelava okvirjev in kril na CNC strojih .....	38
4.3.3.2	Brušenje .....	39
4.3.4	Lepljenje .....	39
4.3.5	Strojna obdelava II. del .....	40
4.3.6	Ročno brušenje .....	40
4.3.7	Površinska obdelava .....	40
4.3.8	Montaža okovja.....	41
4.3.9	Montaža stekel.....	41
4.3.10	Paletiranje .....	41
5	MATERIALI IN METODA.....	42
5.1	MATERIALI .....	42
5.2	METODA.....	43
6	REZULTATI .....	44
6.1	REZULTATI IN GRAFIČNI PRIKAZ TESTIRANJ.....	44
6.1.1	Serijska 1/1.....	45
6.1.2	Serijska 1/2.....	46
6.1.3	Serijska 1/3.....	47
6.1.4	Serijska 2/1.....	48
6.1.5	Serijska 2/2.....	49
6.1.6	Serijska 2/3.....	50
6.1.7	Serijska 3/1.....	51
6.1.8	Serijska 3/2.....	52
6.1.9	Serijska 3/3.....	53
6.1.10	Serijska 4/1.....	54
6.1.11	Serijska 4/2.....	55
6.1.12	Serijska 4/3.....	56
6.2	PRIMERJALNA PREGLEDNICA REZULTATOV .....	57
7	RAZPRAVA IN SKLEPI .....	58
7.1	RAZPRAVA.....	58
7.2	SKLEPI .....	58
8	POVZETEK.....	59
9	VIRI.....	62
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

## KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1 : Okno Pollux.....	16
Slika 2 : Okno WFT.....	17
Slika 3 : Okno Gaulhofer .....	18
Slika 4 : Okno Wenger .....	19
Slika 5 : Okno Zech fenster .....	20
Slika 6 : Osnovni detajl okna LESKO Trend.....	22
Slika 7 : Lepljen profil za izdelavo okenskih okvirjev .....	24
Slika 8 : Furniran lepljen profil za izdelavo okenskih okvirjev .....	24
Slika 9 : Izolacijsko steklo z zamiki in emajliranim robom .....	27
Slika 10 : Medstekelni termo TGI distančnik .....	28
Slika 11 : Pokrivna aluminijasta pločevina .....	33
Slika 12 : ALU odkapna letev ALURON .....	34
Slika 13 : Tesnilo Schlegel Q-Ion.....	35
Slika 14 : Okensko okovje ROTO NT .....	37
Slika 15 : Vezi elementov krila .....	39
Slika 16 : Testni vzorec.....	42
Slika 17 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 1/1.....	45
Slika 18 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 1/2.....	46
Slika 19 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 1/3.....	47
Slika 20 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 2/1.....	48
Slika 21 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 2/2.....	49
Slika 22 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 2/3.....	50
Slika 23 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 3/1.....	51
Slika 24 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 3/2.....	52
Slika 25 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 3/3.....	53
Slika 26 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 4/1.....	54
Slika 27 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 4/2.....	55
Slika 28 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 4/3.....	56
Slika 29 : Grafični prikaz strižne trdnosti testiranih lepil.....	60



## KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1 : Primerjava obstoječih oken les-steklo .....	21
Preglednica 2 : Pregled lastnosti izolacijskih stekel.....	26
Preglednica 3 : Rezultati serije 1/1 .....	45
Preglednica 4 : Rezultati serije 1/2 .....	46
Preglednica 5 : Rezultati serije 1/3 .....	47
Preglednica 6 : Rezultati serije 2/1 .....	48
Preglednica 7 : Rezultati serije 2/2 .....	49
Preglednica 8 : Rezultati serije 2/3 .....	50
Preglednica 9 : Rezultati serije 3/1 .....	51
Preglednica 10 : Rezultati serije 3/2.....	52
Preglednica 11 : Rezultati serije 3/3.....	53
Preglednica 12 : Rezultati serije 4/1.....	54
Preglednica 13 : Rezultati serije 4/2.....	55
Preglednica 14 : Rezultati serije 4/3.....	56
Preglednica 15 : Primerjava povprečnih vrednosti strižnih trdnosti v N/mm <sup>2</sup> .	57

## KAZALO PRILOG

Priloga 1: Prerez zgornjega dela okna

Priloga 2: Prerez spodnjega dela okna

Priloga 3: Detajl dvokrilnega okna

Priloga 4: Tehnična lista MERBENIT MS 2K

Priloga 5: Tehnična lista MERBENIT MS 2K10

Priloga 6: Tehnična lista MERBENIT MS 2K20

Priloga 7: Tehnična lista OttoColl S81

## 1 UVOD

Les, ki kot naraven material izžareva toplino in vpliva na dobro počutje stanovalcev, je že od nekdaj tradicionalni material pri gradnji objektov. Ker pa se pri sodobnih gradnjah posveča vedno večji poudarek tudi na estetski izgled in na konstrukcijsko zaščito vgrajenih materialov pred zunanjimi vplivi, želimo na trgu ponuditi novo linijo lesenih oken, ki bo primerna za vgrajevanje v objekte s povečano obremenitvijo fasadnih elementov. Klasična lesena okna so manj odporna na atmosferske vplive, zato so jih v zadnjih letih nadomeščala okna iz PVC-ja, aluminija ali pa okna kjer gre za kombinacijo lesa in aluminija.

Cilj naloge je razviti novo linijo oken, ki bo iz zunanje strani v celoti izdelana iz stekla in ALU pločevine (minimalno), v notranjosti pa iz lesa. Okno mora imeti v funkcionalnem in izolativnem pogledu vsaj enake lastnosti kot klasično leseno okno, v trajnostnem smislu pa ga mora presegati. Konstrukcija okna mora biti takšna, da se bodo za proizvodnjo nove linije uporabljala obstoječa orodja in tehnologija. Oblika izdelka bo prilagojena estetskim zahtevam sodobne neomodernistične arhitekture. V diplomski nalogi je bila opravljena raziskava oprijemnosti lepil na les in steklo, ker je takšno lepilo eden ključnih elementov proizvodnje tovrstnih oken.

V praksi že obstaja nekaj podobnih produktov, vendar vsi temeljijo na uporabi specialnih orodij in tehnologije. Menim, da bi z ustrezno konstrukcijo izdelka lahko v proizvodnji podjetja LESKO Žiri d.o.o. z obstoječim orodjem in tehnologijo ob minimalnih vlaganjih uvedli novo linijo oken »LESKO TREND«.

## 2 PREGLED OBJAV

Pomemben segment stavbnega pohištva so okna, katerih primarne funkcije so razsvetljava in prezračevanje notranjih prostorov, ter njihova povezava z okoljem. Za okvirne konstrukcije oken je les najstarejši in hkrati še danes sodoben material. Naravno obnovljiv les je bil in je še v večini evropskih dežel dostopen v zadostnih količinah, njegovo preoblikovanje zahteva relativno malo energije ob zmernih vplivih na okolje. To lesu še vedno zagotavlja pomembne konkurenčne prednosti v primerjavi z alternativnimi materiali (plastika, aluminij). Kljub temu pa je delež lesenih oken na evropskem trgu v zadnjih 30 letih v stalnem upadanju in znaša le še okoli ene tretjine.

Les ima v primerjavi z aluminijem in plastiko poleg ekološke sprejemljivosti tudi ugodne izolacijske in trdnostne lastnosti. Njegova glavna pomanjkljivost pa je slabša trajnost pod vplivom abiotskih in biotskih dejavnikov. To zahteva pogosta in dokaj draga vzdrževalna dela na vgrajenih oknih. Vzrok temu sta največkrat veliko nihanje vlage v lesu in slaba obstojnost lesa proti UV sevanju. Vlaga prihaja iz zunanje strani oken predvsem v obliki meteorne vode, od znotraj pa v obliki vodne pare iz zraka, ki lahko zlasti pozimi pri višjih temperaturnih gradientih povzroči tudi nekontrolirano navlaževanje lesa na meji s premaznim filmom. UV sevanje povzroča degradacijo lignina na ne zadosti zaščitenem lesu.

## 2.1 OKNA VČERAJ - DANES

V 20. stoletju so se kakovostne zahteve za okna in tehnologija njihove izdelave bistveno spremenile. Iz relativno enostavnih izdelkov so se razvila v kompleksne gradbene elemente, za katere veljajo vedno višje tehnične in estetske zahteve. Okna morajo zadostiti številnim strogim tehničnim predpisom zlasti glede toplotnih in zvočnoizolativnih lastnosti ter varnostnih zahtev. Ob zmernem vzdrževanju od njih pričakujemo življenjsko dobo med 30 in 40 leti. Z vpeljavo alternativnih konstrukcijskih materialov za okna (npr. plastike in aluminija) v šestdesetih letih, po znanih problemih s predčasnimi poškodbami na lesenih oknih, je začel njihov delež vztrajno padati. Tako je npr. delež lesenih oken na najmočnejšem evropskem trgu (Nemčija) v zadnjih 25 letih padel z okoli 50% na 20% v letu 2006. Delež plastičnih oken pa se je v istem obdobju povečal z 9% na 57%. Tržni delež aluminijastih oken je že daljše obdobje precej konstanten in znaša okoli 20%. ([www.window.de](http://www.window.de))

Za okvirne konstrukcije oken se v Evropi danes uporabljajo predvsem les, plastika, aluminij ter kombinacije teh materialov. Delež zastopanosti posameznih okvirnih materialov po posameznih geografskih območjih je odvisen predvsem od klimatskih razmer in tradicije. Tako v večini evropskih dežel, vključno s Slovenijo, še vedno prevladujejo lesena okna.

## 2.2 KAJ PRIČAKUJEMO OD SODOBNIH OKEN

Najpomembnejše smernice razvoja lesenih oken v naslednjih letih bodo:

- povečanje prilagodljivosti vse zahtevnejšemu kupcu,
- podaljšanje življenjske dobe (30-40 let) in varnosti teh izdelkov,
- podaljšanje intervalov vzdrževanja (10 let),

- večji poudarek konstrukcijski in fizikalni zaščiti lesa, pri kemični pa predvsem ekološki sprejemljivosti,
- izboljšanje obstojnosti domačih lesnih vrst glede na atmosferilije,
- možnost zamenjave posameznih sestavnih delov,
- izboljšanje možnosti recikliranja starih oken,
- optimalna toplotna in zvočna izolativnost.

Upoštevanje teh načel pa bo postopoma prispevalo tudi k izboljšanju slovesa lesenih oken in posredno njihove tržne konkurenčnosti.

Zaradi različnih potreb in posebnih gradbeno-fizikalnih zahtev se osnovne naloge (primarne funkcije) sodobnega okna vse bolj širijo in čedalje bolj posegajo na področje dodatnih funkcij. Zaradi tega danes govorimo o funkcionalnih oknih.

Primarne funkcije okna so:

- zaščita pred dežjem, vetrom in mrazom,
- transparentnost: prozornost ali prosojnost,
- zagotavljanje dnevne svetlobe,
- omogočanje komuniciranja z okolico,
- prezračevanje.

Dodatne funkcije pa so:

- toplotna zaščita,
- zvočna zaščita,
- zaščita pred soncem,
- zaščita objekta in ljudi,
- požarna zaščita,
- omogočanje izkoriščanja sončne energije,

- zagotavljanje ugodnega počutja,
- zagotavljanje oblikovalskih možnosti,
- dušenje elektromagnetnih vplivov.

Vse te značilne naloge oken so uresničljive z različnimi funkcionalnimi konstrukcijami. Takšna okna so izziv za arhitekta in izdelovalce stavbnega pohištva.

Poostrene zahteve, ki se nanašajo na okna oziroma fasadne elemente, hkrati prinašajo tudi bistveno večje in bolj vsestranske zahteve za steklo in zasteklitve. Pretežni del teh zahtev predstavljajo različne zaščitne funkcije, ki jih lahko dosežemo le s sodobnimi izolacijskimi stekli. Sodobno večfunkcionalno izolacijsko steklo lahko v sebi zadržuje več zaščitnih funkcij hkrati.

Izolacijska stekla so zaradi vsega naštetega postala nepogrešljiv sestavni del fasade - postala so subjekt, ki določa funkcionalnost zunanega plašča zgradbe. Inovativnost v proizvodnji izolacijskega stekla v zadnjih letih pričakovani ni samo izpolnila, temveč jih je celo preseгла (Govedič, 2004; Hajdinjak, 2009).

## 2.3 TEHNIČNE KARAKTERISTIKE

### 2.3.1 Toplotna prehodnost

Toplotna prehodnost izraža transmisijski toplotni tok skozi element stavbnega pohištva in ne upošteva ventilacijskih toplotnih izgub (oz. prezračevanje) skozi okno. Toplotna prehodnost, ki se po novem označuje z  $U$ , namesto z dosedanjo oznako  $k$ , je odvisna predvsem od toplotne prehodnosti zasteklitve, medstekelnega distančnika in od toplotne prehodnosti okvirjev.

Vse bolj pomembne so tudi transmisije sončne energije. Te lastnosti so v največji meri odvisne od izbrane zasteklitve, nekoliko (skoraj zanemarljivo) pa tudi od načina vgradnje elementa. Opisujemo jih z energijsko prepustnostjo  $g$ , ki jo merimo v deležu med upadlo in prepuščeno energijo. Najpomembnejši del energijske propustnosti pomeni navadno direktna transmisija, pomembno pa je tudi sekundarno sevanje in pa konvekcijski prenos toplote iz površine v okoliški zrak. Na slednjega nekoliko vplivamo tudi z vgradnjo okna (Knez, 2001).

### 2.3.2 Zvočna izoliranost

Zvočna izoliranost je lastnost, ki je povezana s prenosom zvoka iz okolice v stavbo skozi fasadne odprtine. Označujemo jo z  $R_w$ . Ker se meri v decibelih (dB), tako kot tudi nivo hrupa, je kaj lahko sklepati, da se količini odštevata, vendar temu ni tako. Zmotno je prepričanje, da npr. okno z zvočno izoliranostjo 38 dB zunanji hrup 88 dB zniža na 50 dB. Relacije so namreč bistveno bolj zapletene. V splošnem pri zvočni izoliranosti velja, da je za doseganje visoke izoliranosti nujno dobro tesnenje pripir. Seveda je pomembna tudi izbira zasteklitve, pa tudi sama konstrukcijska zasnova okna (Knez, 2001).

Čeprav zvok, podobno kot sevanje toplote, obravnavamo kot valovanje, pa se fizikalne zakonitosti prenosa zvoka skozi medij bistveno razlikujejo od tistih, ki jih poznamo pri prehajanju toplote. Pri vprašanju prenosa zvoka moramo upoštevati temeljno pravilo, da je dušenje odvisno od površinske teže ( $\text{kg/m}^2$ ) vgrajenega gradbenega elementa. Pri izolacijskih steklih vpliva na dušenje zvoka tudi njihova dvoplastna sestava. Ker leži med stekli plinska blazina, ki omogoča prenos nihanja s prvega stekla na drugo, lahko nastopijo resonance.



To je tudi razlog, da ima izolacijsko steklo predvsem v področju nizkih frekvenc občutno slabše dušenje.

Zaradi obeh zgoraj opisanih zakonitosti nimata standardno (4-16-4) in celo troslojno (4-8-4-8-4) izolacijsko steklo prav nič boljših zvočnoizolirnih lastnosti, kot jih ima enojno steklo z enako površinsko težo (Govedič, 2004; Hajdinjak, 2009).

Zvočna izoliranost je kompleksna količina, ki jo težko razvrstimo v skupine, pomembno pa je, da so minimizirani vsi mehanizmi prenosa zvoka hkrati. Prvi ukrep pri izboljšavi zvočne izoliranosti je navadno uporaba izolacijskega stekla asimetrične sestave, lahko tudi s posebno mešanico plinov v medprostoru (Knez, 2001).

Iz okoljevarstvenih razlogov se izolacijska stekla ne polnijo več s težkim plinom (SF<sub>6</sub> – žveplov heksafluorid), s katerim se je zvočna izoliranost praviloma lahko izboljšala za 2-3 dB. Ker se plin uvršča med t.i. „toplogredne pline“, je njegova uporaba prepovedana.

Razmišljanje, da hkratno združevanje izboljšav že samo po sebi zagotavlja ustrezno (večkratno) izboljšanje zvočne izoliranosti, je običajno napačno, saj posamezni elementi različno vplivajo na dušenje. Zato je možno, da namesto seštevka dveh izboljšanj dobimo njuno medsebojno izničenje. To je tudi glavni razlog, da ni možno sestaviti matematičnega izraza, po katerem bi vrednost zvočne izoliranosti nekega gradbenega elementa preprosto izračunali (Govedič, 2004; Hajdinjak, 2009).

### 2.3.3 Tesnenje

Tesnenje je lastnost, ki jo razdelimo na dva dela, in sicer na zrakotesnost in vodotesnost. Pri slednji so kriteriji jasni – želimo popolno vodotesnost pri vseh zunanjih obremenitvah oken. Pri zrakotesnosti pa ni tako enostavno. S stališča varčevanja energije želimo čim višjo zrakotesnost, s stališča naravnega prezračevanja pa želimo zadostno količino izmenjanega zraka v prostoru. Očitno je torej, da za vsak primer obstaja optimalna zrakotesnost. Žal je ta od primera do primera toliko drugačna, da je ne moremo enostavno opredeliti (Knez, 2001).

### 2.3.4 Trajnost in površinska zaščita

Leseni izdelki bodo kljubovali vremenskim vplivom, le če so primerno zaščiteni. Najbolj učinkovito ga zavarujemo s kombinacijo vseh treh zaščit. To so konstrukcijska, kemična in površinska zaščita.

Najpomembnejše pravilo konstrukcijske zaščite lesa je zagotoviti vodi prost odtok. To pa lahko dosežemo s pravilnim oblikovanjem celotne zgradbe oz. njenih delov: poskrbimo za ustrezno nagnjenost vodoravnih profilov, robove ustrezno zaobljimo, zagotovimo zračenje hrbtnih delov, prečne prereze poševno prirežemo, pri spojih pa se poslužujemo profilov za odtekanje vode.

Pri kemični zaščiti v les vnesemo kemična sredstva, biocide s katerimi dosežemo, da le ta postane za škodljivce strupen ali vsaj odbijajoč. Kemična zaščita lesa v zadnjem času doživlja korenite spremembe in je od vseh zaščit še najbolj podvržena poostrenemu nadzoru okoljevarstvenikov. Ker predstavlja

nevarnost za okolje na več nivojih, jo uporabljamo le tam, kjer je to nujno potrebno.

Površinska zaščita lesa lahko sledi predhodnima dvema zaščitama. Pri zaščiti vrtnega pohištva, lesenih fasad in konstrukcij, stavbnega pohištva, večkrat nastopa samostojno, sploh pri uporabnikih široke potrošnje. Zaradi tega ji tudi upravičeno posvečamo največ pozornosti. Ne smemo pa pozabiti na njeno dekorativno vlogo, saj lahko z uporabo najrazličnejših posameznih sredstev dosežemo različne efekte in barvne odtenke. Premazna sredstva razdelimo na lak emajle, lake in lazure, katere so se do sedaj še najbolj uveljavile. Z lazurami obarvamo les tako, da ne prekrijemo njegove teksture. Poznamo več vrst lazur. Najbolj tipično jih razdelimo glede na debelino suhega filma katerega ustvarijo na površini lesa. Tako poznamo impregnacijske, tankoslojne, debeloslojne in prekrivne lazure. V zadnjem času se zaradi ekološke osveščenosti tudi površinski zaščiti posveča vse več pozornosti. Razvila so se nova sredstva, kot so lazure z visoko vsebnostjo suhe snovi in razni vodni sistemi lazur.

Katerih zaščit in zaščitnih sredstev se bomo posluževali je odvisno predvsem od želja posameznika in pa nujnih zahtev, ki se porajajo glede na končno mesto uporabe določenega izdelka (Pavlič in Mihevc, 2001).

### 2.3.5 Varnost

Znano je, da v približno 40 % primerov vlomilci v zgradbe vdrejo skozi okno. Zaradi takega velikega odstotka nasilnih vdorov skozi okno je bilo nujno potrebno sestaviti »katalog«  
protiukrepov.

Ob sodelovanju proizvajalcev oken ter na podlagi preizkusov in testiranj, ki jih je opravil IFT v Rosenheimu, je nastala »Smernica za preizkušanje in ocenjevanje protivlomnih oken«, ki se je kasneje spremenila v standard DIN 18 054.

Glede na stopnjo protivlomne zaščite so okna razvrstili v naslednje razrede:

- EF 0 in EF 1,
- EF 2,
- EF 3.

Osnovna zahteva za okna iz razredov EF 0 in EF 1 je protivlomna zaščita za primere manj nasilnega poskusa vloma (na primer z uporabo lahkega orodja). Razlika med omenjenima razredoma je le v predpisani vrsti stekla.

Za okna iz drugih dveh razredov (EF 2 in EF 3) je predpisana višja stopnja protivlomne zaščite. Naloga arhitekta je, da na podlagi lokacije zgradbe in verjetnosti vloma predpiše ustrezno stopnjo zaščite.

Protivlomna okna so lahko izdelana iz poljubnega materiala ali iz različnih kombinacij teh materialov. Okna morajo biti opremljena z zaklopnimi ročaji in ustrezati zahtevam iz zgoraj navedenega standarda.

Vgradnje oken izvajamo po navodilih proizvajalca. V navodilih mora biti navedeno vsaj naslednje:

- a) podatek o številu in položaju točk za pritrjevanje,
- b) podatek o pripomočkih za pritrjevanje na različne podlage,
- c) opozorilo, če je potrebno prostor med steno in oknom na točkah za pritrjevanje tesno zapolniti s polnilom,
- d) navodilo o največji dovoljeni širini špranje med krilom in podbojem,

- e) podatek o razredu odpornosti in navodilo za izbiro stekla s podatki o njegovi debelini, teži in načinu vgradnje,
- f) po potrebi navodilo o razredu odpornosti in sestavi netransparentnega polnila

Zasteklitvena brazda naj bo oblikovna tako, da bo otežen vsak poseg z orodji. Konstrukcija okna naj bo dimenzionirana tako, da z orodji ne bo možen dvig ali stranski pomik krila.

V bodoče bodo področje varnosti pri oknih urejali evropski standardi. EN 1627 – 1630 (Govedič, 2004; Hajdinjak, 2009).

### 2.3.6 Prezračevanje

Nezadostno prezračevanje prostorov ima lahko več negativnih učinkov: počutje ljudi se poslabša, preveliko vlažnost pa lahko povzroča nastanek plesni in s tem posredno škodo na posameznih delih objekta. Posebej škodljivo je njeno delovanje na lesena okna.

V študiji o kakovosti notranjega zraka, v kateri so analizirali, v kolikšni meri posamezni elementi vplivajo na poslabšanje kakovosti, je pokazala, da je za 54 % celotnega zmanjšanja kakovost zraka krivo slabo zračenje. Pomen prezračevanja je torej v tem, da človeku zagotavlja prijetno bivanje in hkrati preprečuje nastajanje škode.

Elementi, ki povečujejo zračno vlažnost, so povezani s sproščanjem vodne pare – bodisi kot posledica bivanja, bodisi kot posledica sušenja konstrukcije stavbe. V vsakem gospodinjstvu nastane – delno zaradi dnevnih opravil, delno tudi zaradi dihanja – veliko vodne pare. Štiri člansko gospodinjstvo proizvede dnevno povprečno 10 litrov vode v obliki vodne pare. Zrak lahko absorbira

omejeno količino vodne pare. Govorimo o relativni vlagi. Ta s padanjem temperature lahko doseže vrednost 100 % oziroma točko rosišča. Pri tej temperaturi se odvečna vlaga prične izločati v obliki vodnih kapljic. Pojav imenujemo kondenzacija.

Če uporabnik stavbe ne more bistveno vplivati na elemente sproščanja vodne pare (sušenje gradbene konstrukcije ima na primer svojo dinamiko), mora uporabiti enega izmed elementov, ki zmanjšujejo relativno zračno vlažnost in ki so povezani z izmenjavanjem zraka v zgradbi – torej z zračenjem. To poteka spontano z naravnim prezračevanjem skozi netesnosti stavbe, z naravnim prezračevanjem skozi odprta okna in pa s prisilnim (občasnim) prezračevanjem, na primer skozi kuhinjsko napo in ventilatorje v sanitarijah.

Seveda se ob tem moramo zavedati, da je pogosta izmenjava zraka predvsem v kurilni sezoni lahko povezana z velikimi izgubami ogrevalne energije. Čim boljša je toplotna izolacija zunanje ovoje zgradbe, tem bolj pomembne so te izgube.

Pri starih oknih poteka izmenjava zraka spontano skozi slabo zatesnjene pripire. Pri novih oknih je prepustnost zraka skozi pripire zakonsko omejena. Vrednost s katero vrednotimo izmenjavo zraka je koeficient zrakotesnosti pripir (koeficient  $a$ ). Pri sodobnih oknih je vrednost koeficienta  $a$  manjša od 1.

Tako visoka tesnost zgradbe zahteva načrtno prezračevanje. Danes je glede tega znanih več konstrukcijskih rešitev. Z njimi lahko zlahka zadostimo zahtevam v Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb (SIST EN 832) ki zahteva, da je zamenjava zraka 0,5/uro oziroma tolikšna, da na uro vsaki osebi zagotovi 15 m<sup>3</sup> svežega zraka. Kadar je ta zamenjava večja od 0,7/uro, se morajo vgraditi sistemi, ki s toplotnimi izmenjevalniki iz izsesanega zraka izločijo energijo in jo vrnejo v sistem.

Tam, kjer takšnih rešitev ni, izvajamo prezračevanje tako, da izgubimo čim manj ogravalne toplote:

- tri do štirikrat intenzivno zračimo prostore,
- oken ne odpiramo le na nagib temveč na stežaj,
- med zračenjem izključimo ogrevanje,
- pri optimiranem načinu ogrevanja prostorov skrbimo, da temperatura ponoči ne pade pod 15 stopinj.

Topel zrak lahko veže nase več vlage, zato je manjša nevarnost kondenzacije. (Govedič, 2004; Hajdinjak, 2009).

### 2.3.7 Fasada in zaščita pred soncem

Zahtevo, da je mogoče ob naravni svetlobi bivati ali delati tudi globlje v notranjost stavbe, zlahka uresničimo z uporabo stekla. Z dobitkom dnevne svetlobe pa istočasno skozi steklo dobimo tudi dobiček energije. Ta je, v odvisnosti od namena zgradbe in (ali) letnega časa, bolj ali manj zaželen.

V sodobni arhitekturi steklo že dolgo uporabljamo kot element, ki daje pečat oblikovanju najzahtevnejših upravnih, družbenih in poslovnih zgradb. Tudi raznotere probleme lahko uspešno rešujemo z uporabo sodobnih izdelkov iz stekla. V primeru sončnega sevanja lahko s pravilnim načrtovanjem uspešno ohranimo ravnovesje med koristnim dobitkom energije v zimskem času in porabljeno energijo za ohlajevanje v letnem času.

Na ta način lahko z uporabo sodobnih sončno zaščitnih stekel bistveno zmanjšamo porabo energije, ki je potrebna za prezračevanje in klimatizacijo.

Slovenski Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah predpisuje, da morajo vse zastekljene površine razen tistih, ki so obrnjene na sever ali so zasenčene z naravno oziroma umetno oviro, imeti vgrajeno zunanjo zaščito proti sončnemu sevanju. Med zunanje zaščite štejejo zunanja senčila vseh vrst in stekla z zaščito proti sončnemu sevanju. Kakovost zaščite mora biti taka, da zmnožek faktorja prepustnosti celotnega sončnega sevanja  $g$  in deleža zastekljenih površin ( $A_{st}$ ) v celotni površini posamezne fasade ( $A_f$ ) ustreza pogoju:

$$f_{st} * g < 0,25$$

pri čemer je:  $f_{st} = A_{ST} / A_F$

Faktor  $g$  v tem primeru ne zajema samo prepustnost sončnega sevanja skozi steklo, temveč prepustnost stekla in senčila skupaj.

V zadnjem času intenzivno poteka snovanje t.i. »pametnega okna« (smart window), s katerim bi univerzalno in istočasno rešili problem optimalne letne in zimske zaščite (Govedič, 2004; Hajdinjak 2009).



### 3 RAZISKAVA TRGA

#### 3.1 ANALIZA OBSTOJEČIH REŠITEV OKEN LES – STEKLO

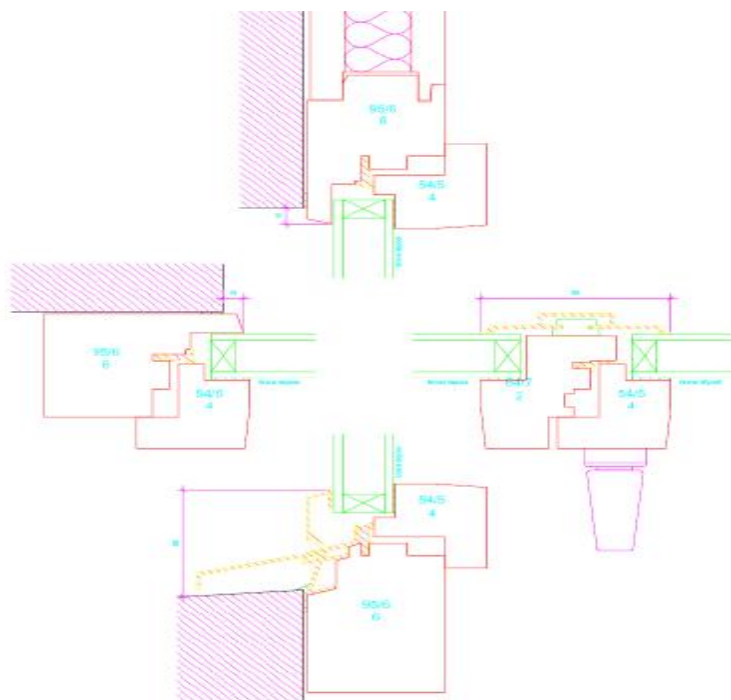
Na trgu se pojavljajo različne vrste izvedb oken po sistemu les-steklo. V tem poglavju bomo predstavili obstoječe rešitve različnih proizvajalcev, in sicer iz vidika funkcionalnosti, estetike in zadoščanju standardu DIN 68 121, ki določa zahteve konstrukcije okna.

Osnovni ocenjevalni kriteriji:

- Standard DIN 68 121,
- 100% zaščita zunanjega lesenega dela okna,
- tesnenje (enojno, dvojno, trojno),
- izvedba odkapa vode (odkapni profil),
- izvedba fiksiranja zunanjega stekla izolacijskega stekla,
- estetski izgled krila pri odprtem oknu,
- količina aluminija na zunanji strani,
- možnost izvedbe poravnane krila in okvirja (v isti liniji),
- možnost prilagoditve izgleda okna notranjem pohištvu z furniranjem,
- možnost vgradnje različnih vrst zasteklitev (dvoslojno, troslojno...).

### 3.1.1 Pollux

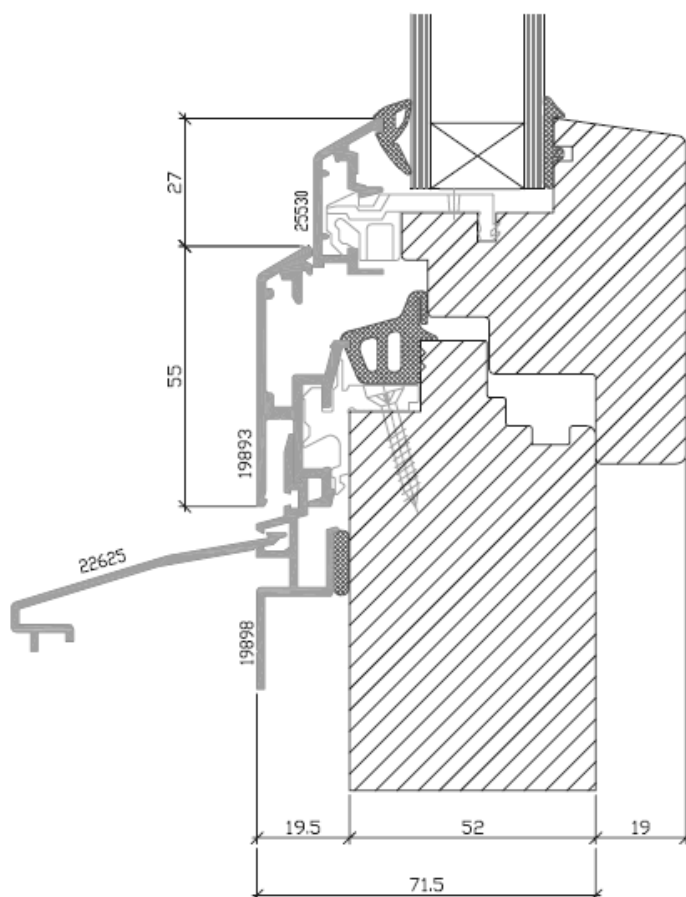
Okno „Pollux“ (slika 1) ne izpolnjuje zahtev standarda DIN 68 121. Karakteristike profilov ne dosegajo predpisanih, robovi niso zaobljeni, kar lahko povzroči napake na površinskih premazih, vezi zaradi poddimenzioniranih profilov nimajo zadostne lepilne površine. Okno nima možnosti niti dvojnega niti trojnega tesnenja. Odkapni profil na spodnjem prečniku okvirja je v smislu zaščite prečnika zadovoljiv, v smislu odvodnjavanja vode, ki priteče po steklu pa zaradi slabe konstrukcijske izvedbe tesnenja med profilom in steklom ni zadovoljiv. Zunanje steklo izolacijskega stekla nima opore na krilo, za kar proizvajalci stekel ne dajejo garancije na povses stekla. Pri odprtem oknu se vidi obod izolacijskega stekla, kar estetsko ni dopustno. Izvedba s poravnanimi krili in okvirji pri tem detajlu ni mogoča. Furniranje notranje strani krila in okvirja bi bila izvedljiva, a je proizvajalec ni predvidel. Prav tako proizvajalec ni predvidel različnih vrst zasteklitev. Les iz zunanjega dela okna ni popolnoma prekrit, kar ne izpolnjuje zahtev standarda.



Slika 1 : Okno Pollux

### 3.1.2 WFT

Okno „WFT“ (slika 2) je sestavljeno iz profilov, katerih karakteristike ne ustrezajo standardu DIN 68 121. Tesnenje je dvojno, izvedba odkapa pa je dokaj komplicirana a zadošča zahtevam. Izvedba fiksiranja stekla je izredno komplicirana, kar povečuje stroške izdelave. Steklo je pri odprtem krilu skrito za aluminijem, količina vidnega aluminija na zunanji strani pa je nadpovprečna. Pri tej izvedbi ni možna poravnava linij krila in okvirja. Furniranje notranje strani krila in okvirja bi bila izvedljiva, a je proizvajalec ni predvidel. Možnost vgradnje različnih vrst zasteklitev proizvajalec ni predvidel.



Slika 2 : Okno WFT

### 3.1.3 Gaulhofer fenster

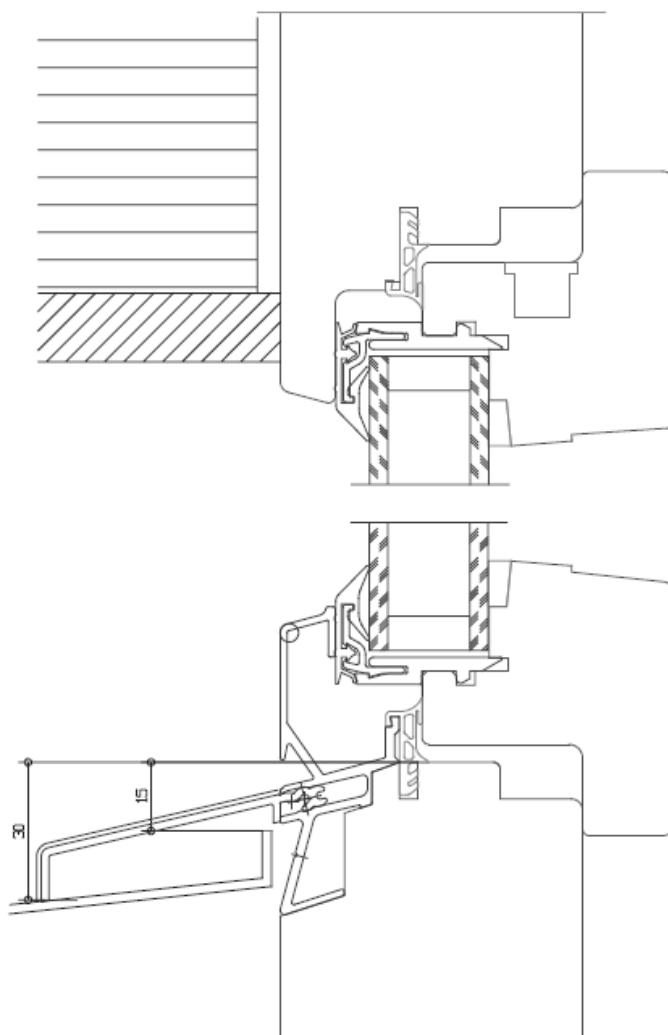
Okno Gaulhofer (slika 3) ustreza zahtevam standarda DIN 68 121. Ima trojno tesnenje, odkapni profil je izveden s pokrivno pločevino in tesnilom, v primeru prodora vode skozi tesnilo pa nima dodatnega odkapa, tako da voda v tem primeru zalije okvir. Izvedba zasteklitve z alu okvirjem je dokaj zahtevna in draga. Estetski izgled krila pri odprtem krilu je sprejemljiv, količina aluminija na zunanji strani pa ne ustreza zahtevam standarda. Možnosti poravnave krila in okvirja ni, furniranje notranje strani je mogoče, a je proizvajalec ni predvidel.



Slika 3 : Okno Gaulhofer

### 3.1.4 Wenger fenster

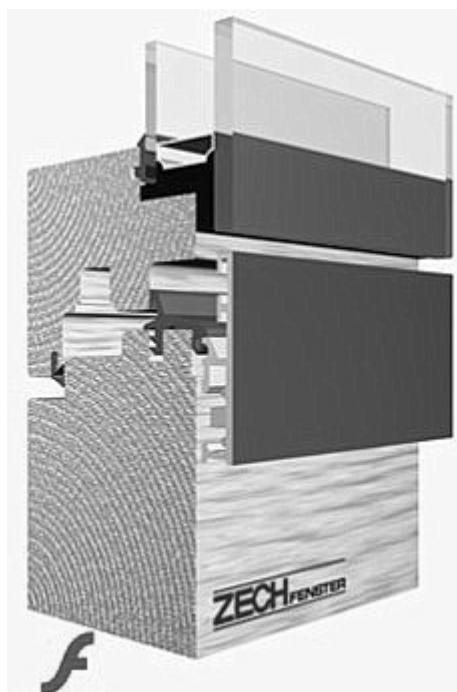
Okno Wenger (slika 4) ustreza standardu DIN 68 121. Tesnenje je izvedeno dvojno. Odkapni profil je izveden z pokrivno pločevino in tesnilom, ki nalega direktno na steklo. Steklo je vstavljeno s pomočjo aluminijastega okvirja, ki pa estetsko ne kvari izgleda pri odprtem krilu. Količina aluminija na zunanji strani je majhna, niso pa pokriti vsi leseni deli okna. Možnosti poravnave krila in okvirja ni, furniranje notranje strani je mogoče, a je proizvajalec ni predvidel.



Slika 4 : Okno Wenger

### 3.1.5 Zech fenster

Okno Zech (slika 5) ustreza standardu DIN 68 121 v veliki meri, v nasprotju s standardom so le ostri robovi, kar lahko povzroči napake na površinskih premazih. Tesnenje oken je izvedeno dvojno, izvedba odkapa vode pa ne zadostuje zahtevam, ker odkapna letev v taki izvedbi ne odvaja zadostno količino vode stran od okenskega okvirja. Dodatnega fiksiranja zunanega stekla v tem primeru ni. Estetski izgled krila pri odprtem oknu je zadovoljiv, količina vidnega aluminija na zunanjem delu okna pa je nadpovprečna. Krilo in okvir sta izdelana v poravnani izvedbi, furniranje notranje strani je mogoče, a je proizvajalec ni predvidel.



Slika 5 : Okno Zech fenster

## 3.2 PRIMERJALNA PREGLEDNICA OKEN LES-STEKLO

Preglednica 1 : Primerjava obstoječih oken les-steklo

Lastnost / okno	Pollux	WFT	Gaulhoffer	Wenger	Zech	LESKO Trend
Zahteve standarda DIN 68 121	—	—	√	√	—	√
Tesnenje (1x, 2x, 3x)	1x	2x	3x	2x	2x	3x
Zadosten odkap vode	—	√	—	√	—	√
Pritrditev zunanjega stekla	—	√	√	√	—	√
Estetski izgled vgradnje stekla	—	√	√	√	√	√
Količina aluminija zunaj	√	—	—	—	—	√
Poravnano krilo in okvir	—	√	√	√	√	—
Možnost furniranja notranjega dela	•	•	•	•	•	√
Možnost vgraditve različnih stekel	•	•	—	—	—	√

Legenda :

√ - zadošča zahtevi

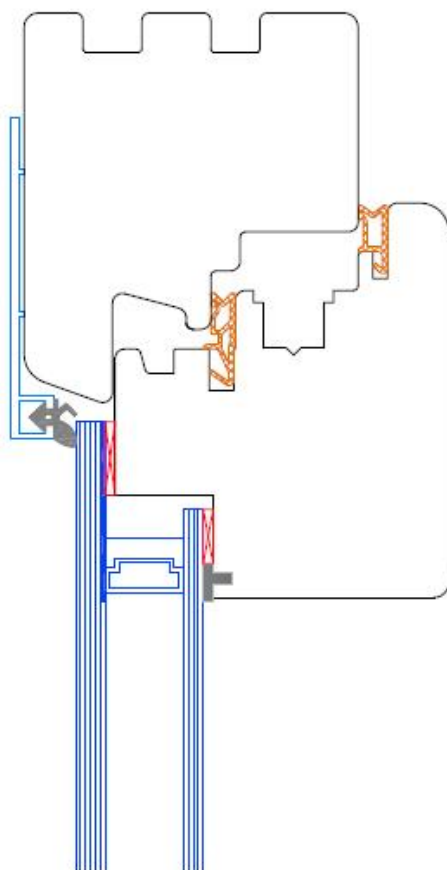
— - ne zadošča zahtevi

• – izvedba je možna, ampak je proizvajalec ni predvidel

## 4 RAZVOJ IZDELKA

### 4.1 CILJI

Cilj naloge je razviti novo linijo oken, ki bo iz zunanje strani v celoti izdelana iz stekla in ALU pločevine (minimalno), v notranjosti pa iz lesa. Okno mora imeti v funkcionalnem in izolativnem pogledu vsaj enake lastnosti kot klasično leseno okno, v trajnostnem smislu pa ga mora presegati. Konstrukcija okna mora biti takšna, da se bodo za proizvodnjo nove linije uporabljala obstoječa orodja in tehnologija. Oblika izdelka bo prilagojena estetskim zahtevam sodobne neomodernistične arhitekture (slika 6). Z razvojem novega izdelka želimo preseči konkurenčne izdelke, kar pomeni prednost pri prodaji na domačem in za nas najpomembnejšem ruskem trgu.



Slika 6 : Osnovni detajl okna LESKO Trend



## 4.2 UPORABLJENI MATERIALI

### 4.2.1 Les

#### 4.2.1.1 Lesne vrste, ki se uporabljajo za izdelavo oken

Lesena okna so lahko izdelana iz lesa različnih drevesnih vrst. Vsaka od njih ima svoje prednosti in slabosti. Vrste lesa iz katerih izdelujemo okna so:

- Domače drevesne vrste (smreka, macesen, bor, hrast...)
- Tuje drevesne vrste (meranti, teak, evkaliptus...)

Večino lesenih oken trenutno izdelujejo iz smrekovega lesa, ki se je uveljavil kot standard. Predvsem, ker je cenovno najbolj ugoden les. Njegove lastnosti pa ne zaostajajo za drugimi vrstami iglavcev. V zadnjem času pa se je ob uvozu macesnovega lesa iz Sibirije občutno povečalo tudi povpraševanje po oknih izdelanih iz macesnovega lesa, ki ima boljše mehanske, trajnostne in estetske lastnosti (tekstura).

#### 4.2.1.2 Lepljeni profili

Sodobna lesena okna se ne zvijajo in tudi dobro tesnijo. Z uporabo lepljenih profilov (slika 7) se izenačijo notranje napetosti, zaradi tega se profil ne zvija in ne nastanejo več reže med krilom in okvirjem okna. Tako okno dobro tesni do konca svoje življenjske dobe. Čez stoletja se je les izkazal kot izvrsten izolator. Zato imajo lesena okna dobre toplotno izolativne lastnosti. So odlična odločitev za vgradnjo v nizko energetske hiše in v pasivne hiše.



Slika 7 : Lepljen profil za izdelavo okenskih okvirjev

#### 4.2.1.3 Furniranje lepljenih profilov

Za doseganje posebnih estetskih učinkov smo za linijo oken "LESKO Trend" predvideli tudi prilagajanje notranje strani okna interierju. Z lepljenjem dodatnega nalimka in furniranjem notranjega dela (slika 8) lahko tako prilagodimo izgled okna željam kupca.



Slika 8 : Furniran lepljen profil za izdelavo okenskih okvirjev

## 4.2.2 Steklo

### 4.2.2.1 Izolacijsko steklo

Uradno definicijo pojma izolacijsko steklo določa DIN 1259 T2:

“Izolacijsko steklo je gradbeni izdelek za zastekljevanje, sestavljen iz dveh ali več steklenih plošč poljubnih lastnosti, ki so med seboj ločene z enim ali dvema medstekelnima prostoroma, napolnjenima z zrakom ali plinom. Da medstekelni prostor ne bi prepuščal vodne pare ali plinov, so steklene plošče po robovih spojene z organskimi tesnili, ali pa so zavarjene.”

V hermetično zaprtem prostoru med steklenima ploščama ni vakuuma, kot se pogosto napačno navaja, temveč suh zrak ali žlahtni plin. Vakuum iz statičnih razlogov namreč ni možen.

Steklo predstavlja okoli 75% površine oken (odvisno od površine), kar pomeni da ima velik vpliv na karakteristike oken. Steklo v veliki meri določa izolativnost okna, protihrupno zaščito in zelo vpliva na protivlomno zaščito okna. Zaradi teh dejavnikov je potrebno skrbno izbrati vrsto stekla, ki jo bomo vgradili v okna.

Čeprav je zgradba termopan stekla enostavna, poznamo več vrst. Tematsko jih lahko delimo:

- **termo izolacijska stekla** - imajo najboljšo toplotno izolativnost in se tudi uporabljajo kot osnova za druge vrste termopan stekel.
- **sončno izolacijska stekla** - njihova glavna naloga je, da preprečijo vstop sončne energije v prostor. S takimi stekli preprečimo prekomerno segrevanje prostorov zaradi sončne energije.
- **zvočno izolativna stekla** - preprečijo prehod hrupa v prostore.
- **varnostna stekla** - sem spadajo kaljena stekla in proti vlomna stekla.

Preglednica 2 : Pregled lastnosti izolacijskih stekel

		<b>toplotna izolacija</b> ( * - steklo z mehkim nanosom )	<table border="1"> <thead> <tr> <th>steklo</th> <th>izolativnost U</th> <th>izolativnost U<sub>g</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4-16-4* + argon</td> <td>1.1 W/m<sup>2</sup>K</td> <td>1.2 W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> <tr> <td>4*-16-4* + argon</td> <td>1.0 W/m<sup>2</sup>K</td> <td>1.1 W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> <tr> <td>4-16-4* + kripton</td> <td>0.9 W/m<sup>2</sup>K</td> <td>1.0 W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> <tr> <td>troslojni termopani</td> <td>do 0.5 W/m<sup>2</sup>K</td> <td>do 0.6 W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> </tbody> </table>	steklo	izolativnost U	izolativnost U <sub>g</sub>	4-16-4* + argon	1.1 W/m <sup>2</sup> K	1.2 W/m <sup>2</sup> K	4*-16-4* + argon	1.0 W/m <sup>2</sup> K	1.1 W/m <sup>2</sup> K	4-16-4* + kripton	0.9 W/m <sup>2</sup> K	1.0 W/m <sup>2</sup> K	troslojni termopani	do 0.5 W/m <sup>2</sup> K	do 0.6 W/m <sup>2</sup> K
steklo	izolativnost U	izolativnost U <sub>g</sub>																
4-16-4* + argon	1.1 W/m <sup>2</sup> K	1.2 W/m <sup>2</sup> K																
4*-16-4* + argon	1.0 W/m <sup>2</sup> K	1.1 W/m <sup>2</sup> K																
4-16-4* + kripton	0.9 W/m <sup>2</sup> K	1.0 W/m <sup>2</sup> K																
troslojni termopani	do 0.5 W/m <sup>2</sup> K	do 0.6 W/m <sup>2</sup> K																
		<b>zvočna izolacija</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>steklo</th> <th>izolativnost R<sub>w</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4-16-4</td> <td>32 dB</td> </tr> <tr> <td>6-16-4</td> <td>36 dB</td> </tr> <tr> <td>9,5-16-4</td> <td>41 dB</td> </tr> </tbody> </table>	steklo	izolativnost R <sub>w</sub>	4-16-4	32 dB	6-16-4	36 dB	9,5-16-4	41 dB							
steklo	izolativnost R <sub>w</sub>																	
4-16-4	32 dB																	
6-16-4	36 dB																	
9,5-16-4	41 dB																	
		<b>protivlomna zaščita</b>	lepljena stekla (VSG 3+3 ali 4+4) kaljena stekla (ESG)															
		<b>sončna zaščita</b>	stekla: parsol, stopsol, stopsol supersilver, ipasol, ...															
		<b>ornamentna stekla</b>																

#### 4.2.2.2 Steklo vgrajeno v okno „LESKO Trend“

Steklo vgrajeno v okno „LESKO Trend“ (slika 9) ima zaradi konstrukcijskih rešitev in tehnoloških zahtev pri proizvodnji sledeče značilnosti:

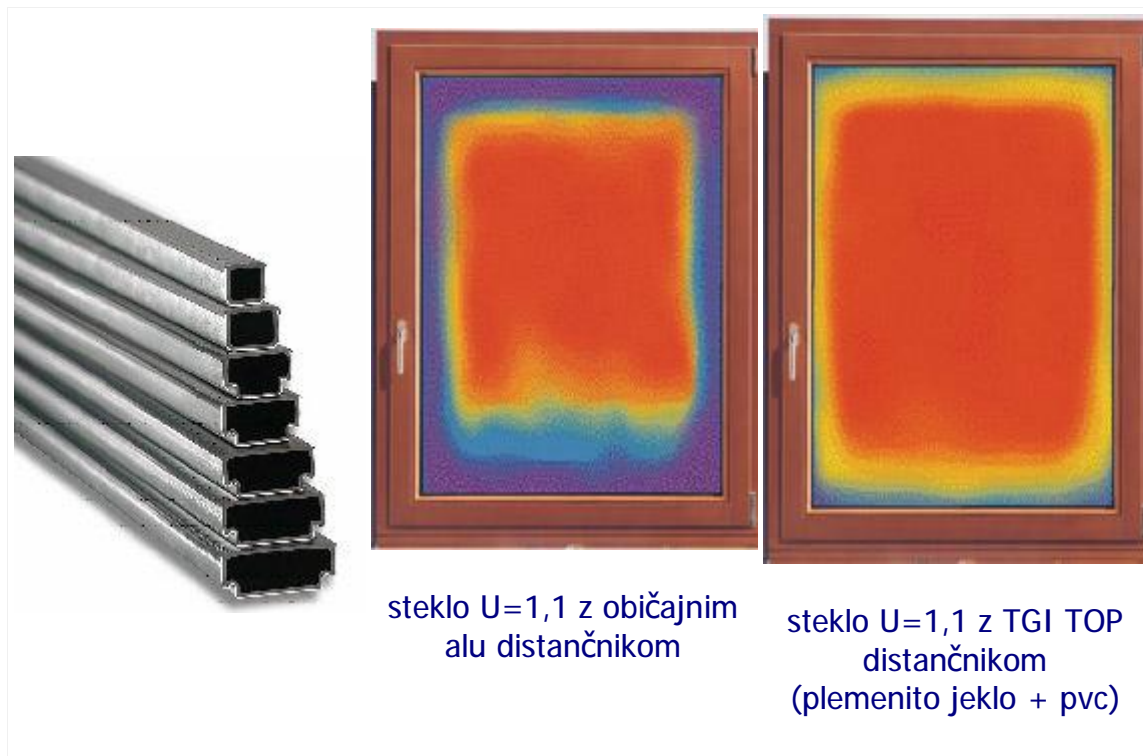
- osnovna izvedba stekla je 6-16-4,
- izolacijsko steklo ima zunanje steklo podaljšano preko distančnika, zamiki pa so prilagojeni konstrukciji,
- zunanje steklo je kaljeno,
- zunanje steklo je zaradi proizvodnih zahtev že v osnovi debelejše (6mm),
- rob zunanjega stekla je emajliran in brušen.



Slika 9 : Izolacijsko steklo z zamiki in emajliranim robom

Prikaz medstekelnega TGI distančnika (slika 10).

### TERMO TGI DISTANČNIK



Slika 10 : Medstekelni termo TGI distančnik

#### 4.2.2.3 Kaljeno steklo

Uporaba sodobnih tehnologij ima za posledico velike izboljšave toplotnih, svetlobnih in zvočnih lastnosti stekla. S tem so se odprle možnosti za načrtovanje zelo velikih zastekljenih površin in uporabo stekla tudi na tistih področjih, kjer so še pred kratkim prevladovali drugačni materiali. Večjo oviro pri uresničevanju novih zamisli bi lahko predstavljala le odsotnost varnostne funkcije stekla.

Običajno okensko steklo je zelo krhek material. Kljub temu, da prenese velike tlačne napetosti, ima izredno nizko natezno trdnost. Natezne napetosti na površini stekla nastanejo, kadar ga upogibamo ali če na njem nastanejo temperaturne spremembe: nenadna sprememba za 40 do 50° K je dovolj, da

se steklo zlomi. Kosi zlomljenega stekla so srpaste oblike in imajo izredno ostre robove.

Vzrok za takšno obnašanje stekla moramo iskati v posebnosti njegove notranje zgradbe. Prehod iz tekočega v trdo stanje poteka pri steklu brez nastanka kristalizacije, rezultat tega pa je neurejena kristalna mreža. Posamezne molekule so sicer stabilne, vendar pa je vez med sosednjimi molekulami šibka, večkrat pa tudi prekinjena. Tako nastanejo mikroskopsko majhni prelomi (predvsem na površini), zaradi katerih se že ob minimalni natezni obremenitvi sproži zlom celotne strukture. Ti prelomi se manifestirajo v obliki mikroskopskih zarez in samo v njih smemo iskati vzrok za to, da je dejanska upogibna trdnost stekla več stokrat nižja od teoretične.

Če želimo, da bo steklo bolj trdno in varnejše, moramo zmanjšati število in velikost površinskih lomov. To dosežemo, če steklo kalimo.

Pod pojmom kaljeno steklo razumemo termično utrjeno varnostno steklo, ki ga strokovno tehnično imenujemo tudi termično prednapeto steklo. Kot je razvidno že iz imena, dosežemo prednapetost s toplotno obdelavo stekla. Ta poteka tako, da obe površini stekla najprej segrejemo do določene temperature, nato pa ju hitro ohladimo.

Ker steklo zaradi amorfne zgradbe nima klasične točke tališča, tudi ni možno točno določiti, pri kateri temperature steklo ni več v trdem stanju oziroma pri kateri je že v tekočem. Med enim in drugim stanjem je transformacijsko temperaturno območje: steklo se najprej omehča, zatem postane testasto in končno tekoče. Za kaljenje ploščatega okenskega stekla so v tem območju najprimernejše tiste temperature, pri katerih je steklo v začetni fazi mehčanja. Pri teh temperaturah, to je med  $610$  in  $660^{\circ}$  K, se vezi med posameznimi molekulami zmanjšajo oz. niso več toge.

Med ogrevanjem se posamezne molekule raztegnejo. Ko je dosežena zahtevana temperatura, moramo z dovajanjem komprimiranega atmosferskega zraka stekla čim hitreje ohladiti. Molekule v zunanjih plasteh stekla se hitro ohladijo. Pri tem se skrčijo in utrdijo. Zaradi slabe toplotne prevodnosti pa te molekule zadržujejo ohlajevanje in s tem krčenje molekul v srednji plasti. Posledica tega je povečana gostota molekul na površini in redkejša v sredini stekla. Rezultat povečane gostote pa je zmanjšanje števila oziroma velikosti površinskih mikro razpok. Ta proces poteka med ohlajanjem s ca.  $640^{\circ}$  na  $470^{\circ}$  C, oziroma do temperature, ko se tudi molekule v notranjih plasteh stekla vrnejo v trdo stanje. Kaljenje je učinkovito le v primeru, če se med ohlajanjem ustvari dovolj velika temperaturna razlika med površino in notranjostjo. V nadaljevanju moramo steklo ohladiti do temperature, pri kateri je možna ročna manipulacija.

V opisanem procesu nastane v kaljenem steklu značilna porazdelitev napetosti: molekule na površini so trajno izpostavljene tlačnim, molekule v notranjosti pa nateznim napetostim. Te napetosti morajo biti v ravnovesju, saj je to pogoj za stabilno stanje, ki zagotavlja ustrezne varnostne lastnosti kaljenega stekla.

Takšna porazdelitev napetosti daje kaljenemu steklu varnostni značaj, ki se kaže predvsem v naslednjih parametrih:

- povečana trdnost pri udarcih (štiri do petkrat),
- povečana upogibna trdnost: izmerjena vrednost  $> 120\text{N/mm}^2$ , računsko vrednost  $50\text{N/mm}^2$  (pri običajnem steklu je računsko vrednost  $30\text{N/mm}^2$ ),
- povečana odpornost proti temperaturnim spremembam:  $\Delta T = 150^{\circ}$  K (pri običajnem steklu le  $40$  do  $50^{\circ}$  K).

Tudi zaščita pred poškodbami je pomembna varnostna lastnost kaljenega stekla. Pri zlomu tega stekla se v hipu sprosti vsa med kaljenjem nakopičena energija. Nastane fina mreža drobnih delcev s topimi robovi.



Po preteku določenega časa (po nekaj urah ali čez nekaj let) se lahko kaljeno steklo brez vidnih zunanjih vplivov zlomi. Omenjeni pojav imenujemo spontani lom. Povzročitelj je molekula NiS (nikljev sulfid), ki ima negativni temperaturni raztezek. Med tem, ko se med ohlajanjem molekule stekla skrčijo, se molekula nikljevega sulfida razširi. Če je molekula v sredini stekla (v polju nateznih napetosti), nastane lokalna napetost, ki lahko preseže natezno trdnost stekla in le-to se zlomi.

Pojav je zelo redek, kljub temu pa ga moramo preprečiti skladno z zahtevami DIN 18516-4, predvsem pri uporabi teh stekel v prezračevalnih (hladnih) fasadah. To dosežemo tako, da stekla izpostavimo "vroči obremenitvi". Pri tem preskusu, ki ga imenujemo tudi Heat soak test (HST), stekla v posebni komori počasi ogrejemo do  $290^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ . Tej temperature so stekla izpostavljena 4 ure. V tem času bodo tista, ki vsebujejo molekulo nikljevega sulfida, z zelo veliko verjetnostjo počila.

Spontanega loma na smemo zamenjevati z lomom, ki nastane zaradi mehanskih vplivov oziroma zaradi poškodovanja robov pri premeščanju in namestitvi stekla. Vedeti moramo, da se lahko kaljeno varnostno steklo kljub povečani trdnosti zlomi, vzrok za to pa je ponavadi neustrezno ravnanje (na primer nepravilen prevoz).

Kaljeno varnostno steklo ima zelo široko področje uporabe. Primerno je za:

- stanovanjske in poslovne objekte (stopnice, vrata, avtomatska vrata predelne stene, pomične stene),
- steklene fasade (parapeti),
- športne objekte (odporno proti udarcem z žogo),
- vgradnjo v bližini vročih teles,
- uporabo v zaščitne namene (zaščita pred padcem na stopniščih, balkonih, ograjah).

Zaradi značilne razporeditve napetosti kaljenega stekla kasneje ne moremo več obdelovati (na primer rezati, vrtati, brusiti...). Vsak tak poseg bi namreč lahko povzročil porušitev napetostnega ravnovesja in steklo bi se zlomilo. To pomeni, da smemo termično obdelavo izvesti šele potem, ko so končane vse druge vrste obdelave.

Vsako steklo mora imeti pred kaljenjem obdelane robove. Minimalna stopnja obdelave, ki še izpolnjuje to tehnološko pogojeno zahtevo, je grobo brušen ali posneti rob.

#### 4.2.2.4 Emajliranje stekel

Pri načrtovanju steklenega ovoja zgradbe je kaljeno emajlirano steklo pogosto nepogrešljivo. Zaradi odličnih varnostnih lastnosti je najprimernejše za parapetni del fasade, hkrati pa lahko s široko paleto barv veliko prispeva k barvni usklajenosti med okenskim in parapetnim delom.

Emajlirano steklo ima lahko pomembno vlogo tudi pri načrtovanju notranje podobe in funkcionalnosti zgradb.

Pri emajliranju naneseemo na steklo s pomočjo različnih postopkov posebno barvo, ki je sestavljena iz steklenega prahu in barvnih pigmentov. Barvo nanašamo na dva načina: s sitotiskom in z valji. Med procesom kaljenja se barva stopi in kot emajl trajno oprime steklene površine. Takšen barvni nanos je zelo odporen proti mehanskim poškodbam in staranju. Barve emajlov so mogoče v RAL lestvici ali po želji kupca v večjih količinah.

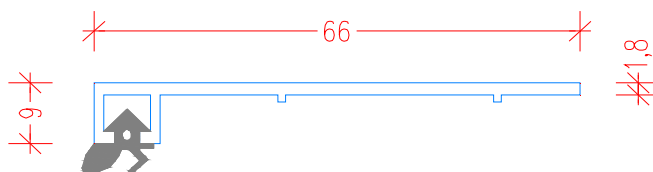
Emajlirano steklo je v osnovi varnostno kaljeno steklo. Zato ima povečano tlačno in udarno trdnost ter je bolj odporno proti temperaturnim razlikam.

Dodatna prednost, če ima zgradba ovoj iz emajliranega kaljenega stekla, je čiščenje in vzdrževanje njene zunanosti zelo preprosto.

Tudi pri emajliranem steklu (tako kot pri kaljenem steklu) je vse druge postopke obdelave potrebno izvesti pred kaljenjem. Kasneje korekcije niso več možne (Govedič, 2004).

#### 4.2.3 Pokrivna aluminijasta pločevina

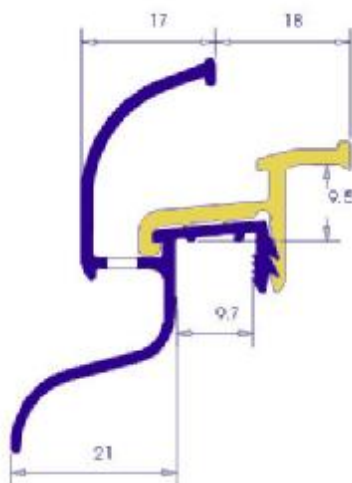
Pokrivna pločevina služi za zaščito zunanjega lesenega dela okna, ki je izpostavljen atmosferilijam. V pločevini je vstavljeno prvo od treh tesnil, ki pri zaprtem krilu nalega na steklo in tako preprečuje vdor vode in zraka skozi okno. Pločevino pritrdimo na okenski okvir z vijaki. Barva pločevine je enaka emajlu na steklu in ga določimo po RAL lestvici, kar nam daje široko paleto možnosti (slika 11).



Slika 11 : Pokrivna aluminijasta pločevina

#### 4.2.4 ALU odkapna letev

Odkapna letev je pomemben element kvalitetnega okna. Najpomembnejše je, da letev odvaja zadostno količino meteorne vode, ki vdre pri stiku med odkapno letvijo in krilom. Zato smo za naše okno izbrali odkapno letev proizvajalca Aluron, ki ima velik volumen za odtok vode ob večjih nalivih. Problem toplotnega mostu in tesnenja sta pri odkapni letvi Aluron prav tako dobro rešena. Odkapna letev je sestavljena kombinirano iz aluminija in plastike. Pri taki konstrukciji prekinemo toplotni most, kar pomeni manjše toplotne izgube. Tesnilo pri tej izvedbi nalega na les in plastiko, tako da je možnost primrzitve tesnila na aluminij ob nizkih temperaturah izključena (slika 12).



Slika 12 : ALU odkapna letev ALURON

#### 4.2.5 Lepilo za lepljenje stekla

Osnovni konstrukcijski problem pri izdelavi našega izdelka je, kako kvalitetno prilepiti steklo na lesen okenski okvir.

Lepila za lepljenje lesa in stekla so bila predmet raziskave te diplomske naloge. Tovrstna lepila so novost na tržišču, zato njihova uporaba v praksi še

ni tako razširjena. Namen raziskave je bil ugotoviti katero lepilo je najbolj primerno za naš izdelek, da dosega zadovoljive mehanske karakteristike in je cenovno sprejemljivo.

V ožji izbor smo uvrstili štiri lepila, ki smo jih testirali po standardu ISO 4587:1995(E). Test temelji na preizkušanju strižne trdnosti lepilnega spoja, ki smo ga preizkušali na trgalnem stroju ZWICK na oddelku za lesarstvo BF.

#### 4.2.6 Tesnilo

Za tesnenje oken smo izbrali tesnila podjetja Schlegel, in sicer tesnila Q-lon (slika 13). Tesnila so iz materialov, ki kljub nizkim temperaturam ohranjajo prožnost in tako zagotavljajo popolno tesnenje.



Slika 13 : Tesnilo Schlegel Q-lon

#### 4.2.7 Barve

Zaradi konstrukcijske zaščite zunanega dela okna, ki smo jo dosegli z aluminijasto oblogo okvirja in s prekrivanjem stekla preko okvirja krila, smo zmanjšali možnost poškodb zaradi vpliva atmosferilij. Zaradi možnosti nastanka kondenza v notranjosti pri ekstremnih pogojih pa moramo zagotoviti kvalitetno površinsko zaščito tudi v notranjosti.

Izbrali smo produkt podjetja Teknos. Sistem vključuje potapljanje oken v temelj in vmesni sloj, zaščito spojev s polnilcem spojev in lakiranje s končnim

nanosom laka (eno ali dvoslojno). Barvne kombinacije so možne po barvni karti podjetja, ter RAL in NCS barvnih kartah.

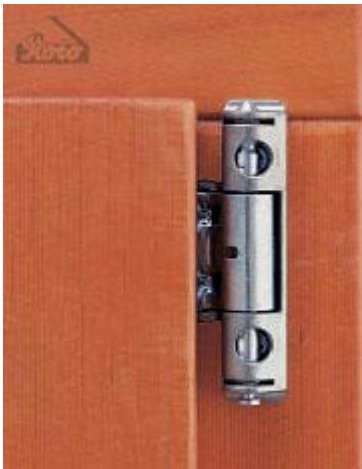
#### 4.2.8 Okovje

Od okovja je v veliki meri odvisna funkcionalnost in življenjska doba okna, zato ga upoštevamo kot enega pomembnejših vgradnih materialov okna. Kvalitetno okovje je potrebno predvsem zaradi oken velikih dimenzij, kjer pride do velikih obremenitev okovja. Iz izkušenj smo se odločili za uporabo okovja proizvajalca Roto (slika 14). Na izbiro je več tipov okovja, v ožji izbor pa smo vzeli samo dve novejši različici, kajti starejše izvedbe okovja niso več primerne za vgradnjo v okna višjega razreda. Izbirali smo med okovjem Roto Compact in Roto NT. Izbrali smo slednjega, ki je cenovno manj ugoden, vendar kvalitetnejši. Prednosti okovja so v kvaliteti izdelave, varnosti, tehnoloških rešitvah, tako da odločitev ni bila težka, kajti stremimo k vgradnji vrhunskih materialov v okna.

Pregled prednosti okovja Roto NT:

- Izgled:
  - srebrna barva,
  - profilirana čelnica,
  - manj vidnih delov okovja.
  
- Funkcionalnost:
  - večja možnost izravnave toleranc,
  - 10-letna garancija,
  - RAL certifikat,
  - zmanjšana obraba (ploskovno vodenje zapirnih čepov, kulisno vodenje škarij po vodilu škarij),
  - varnost kot standard (enostavna dograditev).

- Komfort – rokovanje:
  - enostavna regulacija,
  - zavorno delovanje,
  - tekoče delovanje okovja,
  - enostavna demontaža krila.



Slika 14 : Okensko okovje ROTO NT

## 4.3 TEHNOLOGIJA IZDELAVE (IZDELAVA PROTOTIPA)

### 4.3.1 Izdelava delovnih nalogov

Najprej smo se lotili izdelave delovnega naloga, ki vsebuje vse potrebne podatke za izdelavo okna. Na njem so izpisani vsi sestavni deli okna, njihove dimenzije, količine ter skice oken. Delovni nalogi se v podjetju izdelujejo s programsko opremo ADULO Fen, ki pokriva celoten proces poslovanja, od izdelave ponudb, delovnih nalogov, računov in materialnega knjigovodstva. Iz programske opreme ADULO Fen že v fazi načrtovanja oken izpišemo naročila za vse vhodne materiale in jih naročimo pri dobaviteljih.

### 4.3.2 Priprava lesa

Sledila je priprava lesa. Leseni lepljenci, ki nam jih dobavi dobavitelj niso obdelani na točne dimenzije, zato jih na štiristranskem skobeljnem stroju poskobljamo na točne dimenzije. Sledi razvrščanje lepljencev po dolžinah in transport do CNC obdelovalnega centra.

### 4.3.3 Strojna obdelava I. del

#### 4.3.3.1 Obdelava okvirjev in kril na CNC strojih

Na kotnem CNC centru SAC F40 smo izdelali vezi in notranje profile za okvirje, na CNC rezkarju BIESSE Rover C9 pa profile in vezi kril (slika 15), ki pa se razlikujejo od vezi okvirjev. Vezi kril smo zaradi konstrukcijskih rešitev izvedli z mozniki in lamelami, kar nam prinese lepši estetski izgled ter možnost furniranja notranje površine okna.





Slika 15 : Vezi elementov krila

#### 4.3.3.2 Brušenje

Vse elemente smo pred lepljenjem ploskovno brusili na kontaktnem brusilnem stroju, ker nam po lepljenju to dimenzije obdelovancev ne dopuščajo več.

#### 4.3.4 Lepljenje

Lepljenje smo izvedli na okvirni stiskalnici. Pri lepljenju smo uporabili dvokomponentno vodoodporno lepilo, kar nam zagotavlja veliko odpornost in trajnost naših izdelkov.

#### 4.3.5 Strojna obdelava II. del

Po lepljenju smo naredili zunanjo obdelavo kril. Pri zunanji obdelavi kril smo obenem izdelali tudi utor za pritrditev okovja in pa utor za pritrditev dodatnega tesnila. Utor za pritrditev okovja nismo izdelali po celotnem obodu krila, ampak samo na mestih kjer je to potrebno.

#### 4.3.6 Ročno brušenje

Ker s strojnim brušenjem nismo dosegli zadovoljive kvalitete površine po celotni površini okenskih okvirjev, je bilo potrebno za zagotovitev primerne kvalitete okna brusiti tudi ročno.

#### 4.3.7 Površinska obdelava

V površinsko obdelavo spada poleg že omenjenega brušenja še kvalitetna zaščita elementov proti vplivom iz okolja. Ker smo s kvalitetno konstrukcijsko zaščito zunaj že zmanjšali vplive zunanjih dejavnikov na les, se lahko posvetimo estetskemu izgledu okna v notranjosti. Pri tem oknu lahko brez zadržkov uporabljamo lake brez pigmentov (prosojne barve), ker niso prekomerno izpostavljeni UV svetlobi. Tako lahko brez dodatnih stroškov dvobarvnega lakiranja v notranjosti dosežemo pri strankah zelo zaželene naravne barve in teksturo lesa.

Nanos temelja in vmesnega sloja smo izvedli na polivalnem stroju, lakiranje pa v robotizirani lakirni kabini z kondenzacijsko steno, ki nam omogoča recikliranje do 30% porabljene barve pri lakiranju. Reciklaža materialov je pomembna tako iz ekonomskega, kot iz ekološkega vidika.

#### **4.3.8 Montaža okovja**

Montažo okovja smo izvedli na sodobni montažni liniji. Linija vključuje montažno mizo za okovanje kril z zalogovnikom za okovje in polavtomatskim vijačenjem okovja. Sledi ji dvižna miza za montažo okovja na okvirje in vrata. Transport med delovnimi postajami se vrši po valjčnih progah.

#### **4.3.9 Montaža stekel**

Zadnja operacija pri izdelavi oken je steklenje. Steklenje oken smo izvedli na valjčnih progah v vertikalni poziciji okna. Najprej smo v brazdo nanесли lepilo s pnevmatskim nanašalcem lepil, nato pa smo z vakuumskim transporterjem iz zalogovnika prinesli steklo in ga vstavili v brazdo krila. Ko je lepilo utrdilo, smo ga po valjčnih progah dostavili v zalogovnik.

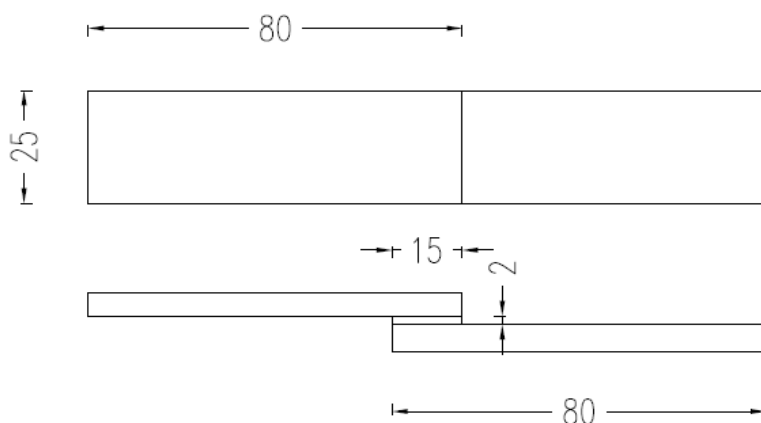
#### **4.3.10 Paletiranje**

Po končanem sestavljanju smo okno na koncu montažne linije z vakuumskim transporterjem transportirali v skladišče, kjer se okna paletirajo in pripravijo za transport do končnega kupca.

## 5 MATERIALI IN METODA

### 5.1 MATERIALI

Vzorci za ugotavljanje strižne trdnosti smo testirali po standardu ISO 4587:1995(E) (slika 16):



Slika 16 : Testni vzorec

Vzorci smo zalepili s 15mm preklopom, tako da smo dobili lepilno površino 15 x 25 mm. Debelina lepila v lepilnem spoju je bila 2mm. Tehnični listi lepil so v prilogi.

Pri testiranju smo uporabili sledeča lepila in klime:

- Lepilo 1 – Merbenit MS 2K (Merz&Bentelli)
  - Lepilo 2 – Merbenit MS 2K20 (Merz&Bentelli)
  - Lepilo 3 – Merbenit MS 2K10 (Merz&Bentelli)
  - Lepilo 4 – OttoColl S80 (Otto Chemie)
- 
- Klima 1 – 100% RZV in -20°C
  - Klima 2 – 65% RZV in 20°C
  - Klima 3 – 20% RZV in 80°C

Relativna zračna vlažnost = **RZV**

## 5.2 METODA

Testiranje smo izvedli po standardu ISO 4587:1995(E)

V ožji izbor smo uvrstili štiri lepila, ki smo jih testirali po standardu ISO 4587:1995(E). Test temelji na preizkušanju strižne trdnosti lepilnega spoja, kar smo ugotavljali s trgalnim strojem ZWICK Roell Z100 na Oddelku za lesarstvo BF.

Test lepil smo izvedli v treh različnih klimah, in sicer smo hoteli ponazoriti ekstremne naravne razmere, v katerih se nahajajo naši izdelki po vgradnji v objekte. V prvi klimi smo testne vzorce izpostavili visoki vlažnosti – vzorce smo potopili v vodo za dve uri – in jih zamrznili na  $-20^{\circ}\text{C}$ . Druga klima je bila standardna laboratorijska klima z 65% relativne zračne vlažnosti in  $20^{\circ}\text{C}$ . V tretji klimi pa smo vzorce izpostavili klimi z 20% relativne zračne vlažnosti in temperaturi  $80^{\circ}\text{C}$ . Vsa štiri lepila smo izpostavili trem klimam z osmimi testnimi vzorci, torej smo skupno testirali 96 vzorcev.

Vzorce smo vpeli v čeljusti trgalnega stroja in z njim izmerili silo in raztezek do pretrganja vzorcev.

## 6 REZULTATI

### 6.1 REZULTATI IN GRAFIČNI PRIKAZ TESTIRANJ

Pri testiranju vzorcev smo dobili podatke o maksimalni sili in absolutni raztezek do pretrganja vzorca. Površina lepilnega spoja je bila pri vseh vzorcih enaka. Iz teh podatkov lahko izračunamo strižno trdnost našega vzorca, ki jo potrebujemo za primerjavo različnih vrst lepil.

Iz grafov je razviden porast strižne trdnosti v odvisnosti od deformacije vzorcev do porušitve.

Oznaka serij je sestavljena iz oznake lepila in klime: **lepilo/klima**.

Legenda oznak:

a,b.... dimenzija lepilnega spoja

$F_{max}$ ....maksimalna izmerjena sila do porušitve vzorca

$F_v$ .....strižna trdnost lepilnega spoja

n.....število vzorcev v seriji

$\bar{x}$  .....povprečna vrednost serije

s..... standardni odklon

v..... koeficient variacije

RZV... relativna zračna vlažnost

T..... temperatura

### 6.1.1 Serija 1/1

Lepilo: Merbenit MS 2K (Merz&Bentelli)

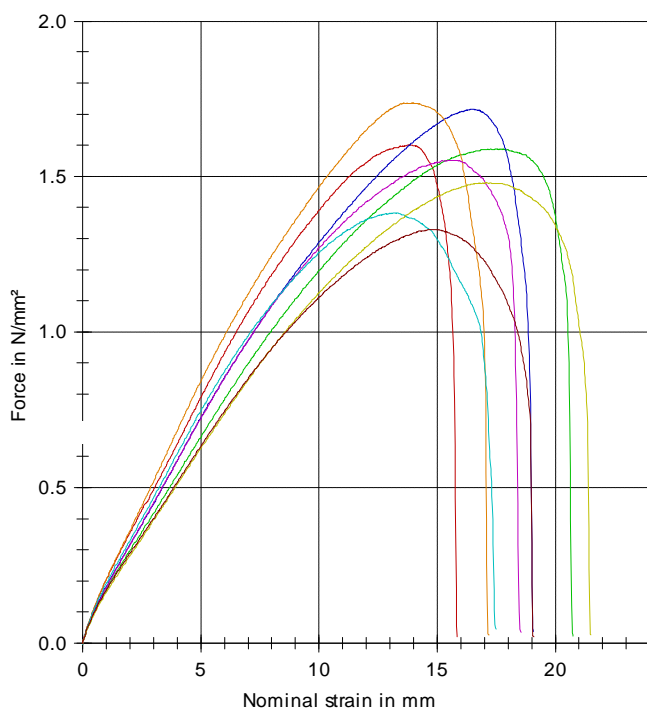
Klima: RZV=100% T=-20°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 3 : Rezultati serije 1/1

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	601	1,6
2	25	15	596	1,59
3	25	15	643	1,72
4	25	15	651	1,74
5	25	15	582	1,55
6	25	15	518	1,38
7	25	15	556	1,48
8	25	15	499	1,33

1/1 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	1,55
s	0,15
v	9,37



Slika 17 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 1/1

### 6.1.2 Serija 1/2

Lepilo: Merbenit MS 2K (Merz&Bentelli)

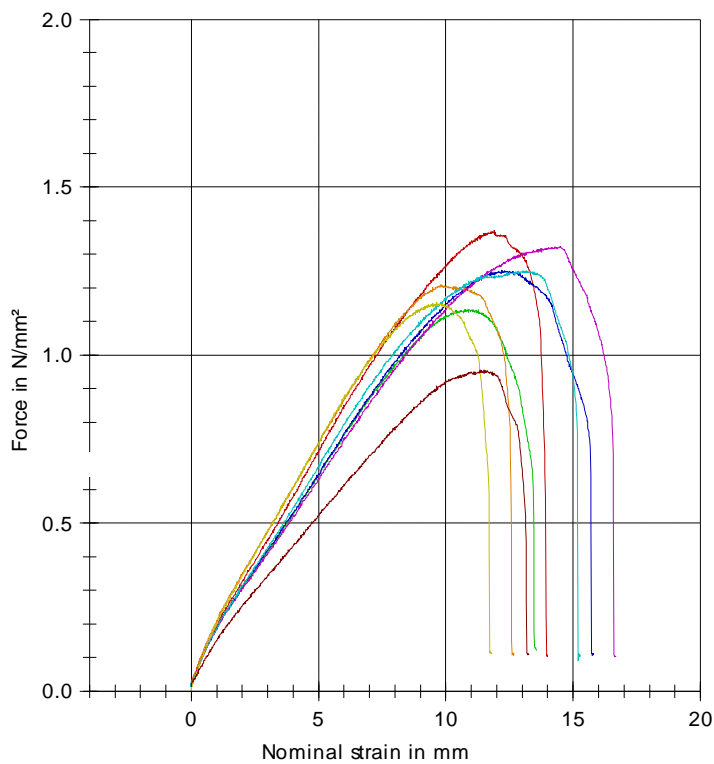
Klima: RZV=65% T=20°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 4 : Rezultati serije 1/2

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	514	1,37
2	25	15	426	1,14
3	25	15	470	1,25
4	25	15	453	1,21
5	25	15	497	1,33
6	25	15	469	1,25
7	25	15	434	1,16
8	25	15	358	0,96

1/2 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	1,21
s	0,13
v	10,65



Slika 18 : Grafični prikaz strizne trdnosti serije 1/2



### 6.1.3 Serija 1/3

Lepilo: Merbenit MS 2K (Merz&Bentelli)

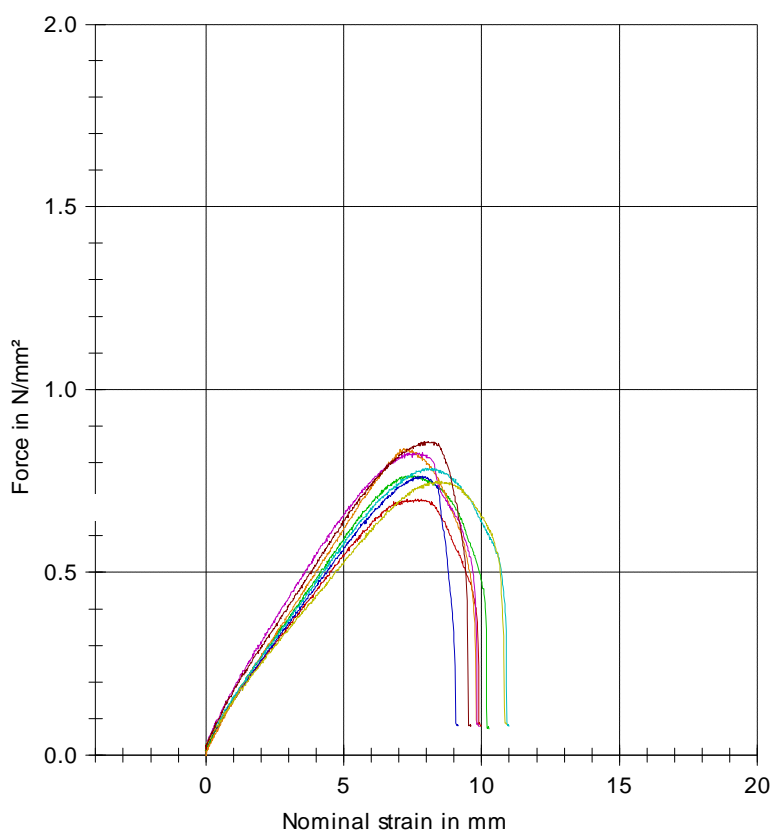
Klima: RZV=20% T=80°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 5 : Rezultati serije 1/3

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	262	0,7
2	25	15	288	0,77
3	25	15	286	0,76
4	25	15	315	0,84
5	25	15	310	0,83
6	25	15	294	0,78
7	25	15	281	0,75
8	25	15	322	0,86

1/3 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	0,79
s	0,05
v	6,71



Slika 19 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 1/3

### 6.1.4 Serija 2/1

Lepilo: Merbenit MS 2K20 (Merz&Bentelli)

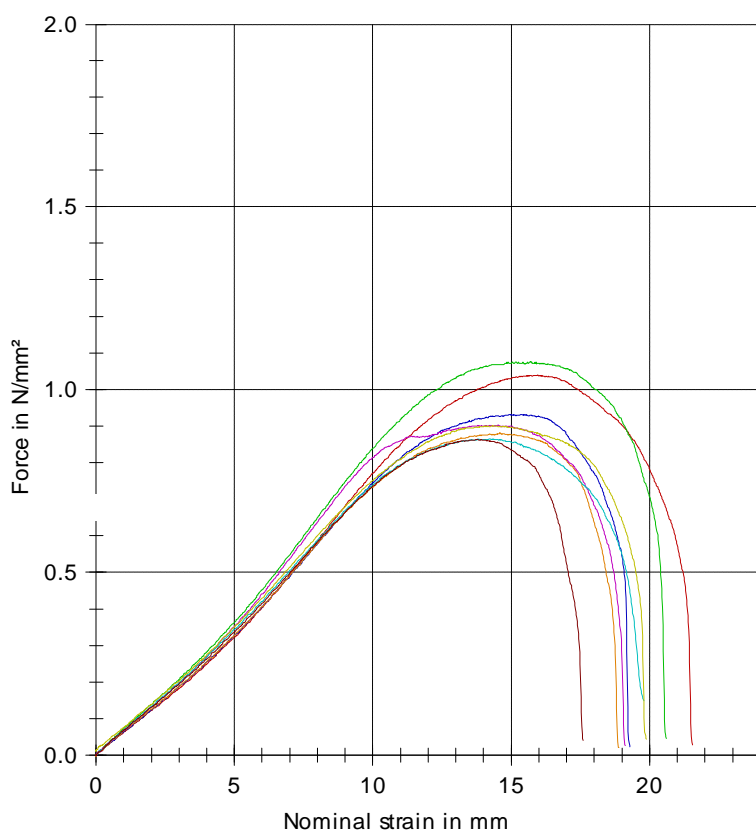
Klima: RZV=100% T=-20°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 6 : Rezultati serije 2/1

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	390	1,04
2	25	15	404	1,08
3	25	15	349	0,93
4	25	15	330	0,88
5	25	15	339	0,9
6	25	15	324	0,86
7	25	15	338	0,9
8	25	15	324	0,86

2/1 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	0,93
s	0,08
v	8,7



Slika 20 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 2/1

### 6.1.5 Serija 2/2

Lepilo: Merbenit MS 2K20 (Merz&Bentelli)

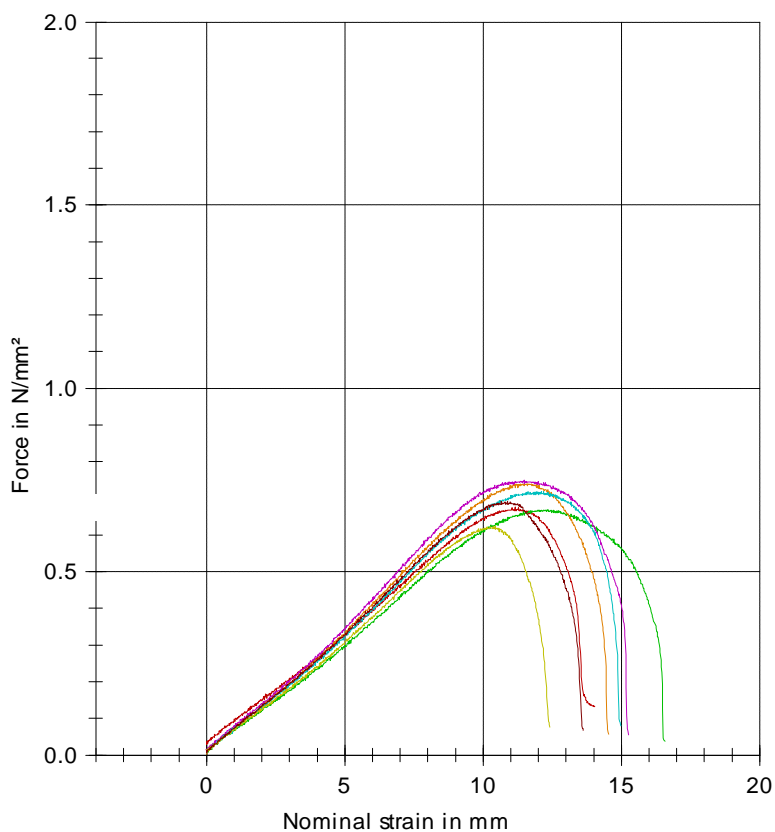
Klima: RZV=65% T=20°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 7 : Rezultati serije 2/2

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	253	0,68
2	25	15	252	0,67
3	25	15	262	0,7
4	25	15	277	0,74
5	25	15	281	0,75
6	25	15	269	0,72
7	25	15	234	0,62
8	25	15	260	0,69

2/2 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	0,7
s	0,04
v	6,3



Slika 21 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 2/2

### 6.1.6 Serija 2/3

1. Lepilo: Merbenit MS 2K20 (Merz&Bentelli)

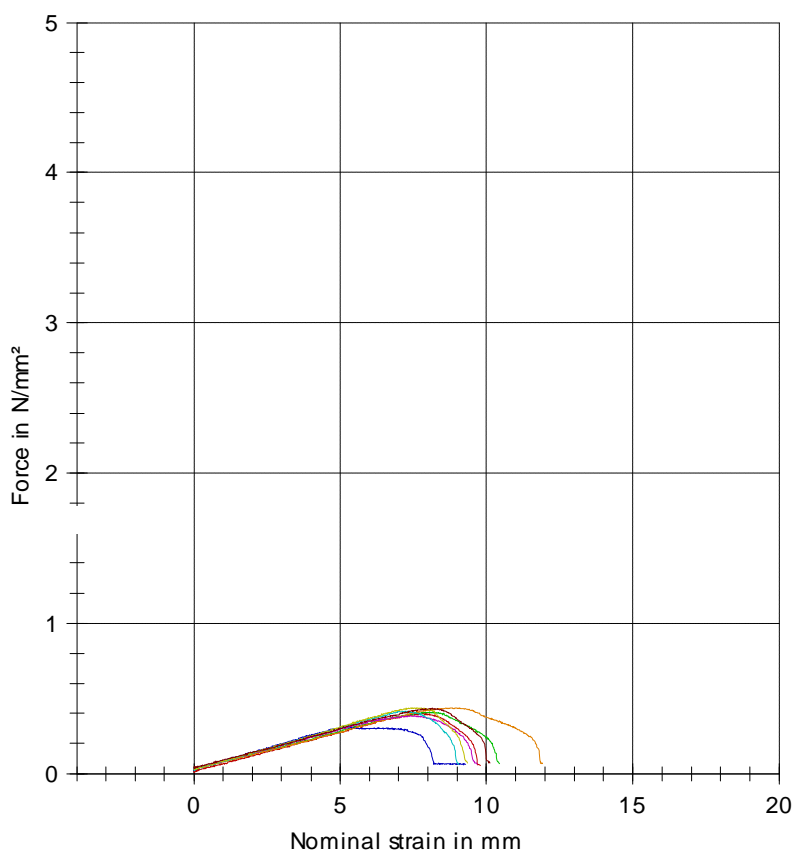
Klima: RZV=20% T=80°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 8 : Rezultati serije 2/3

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	150	0,4
2	25	15	154	0,41
3	25	15	116	0,31
4	25	15	164	0,44
5	25	15	145	0,39
6	25	15	156	0,41
7	25	15	164	0,44
8	25	15	164	0,44

2/3 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	0,4
s	0,04
v	10,75



Slika 22 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 2/3

### 6.1.7 Serija 3/1

Lepilo: Merbenit MS 2K10 (Merz&Bentelli)

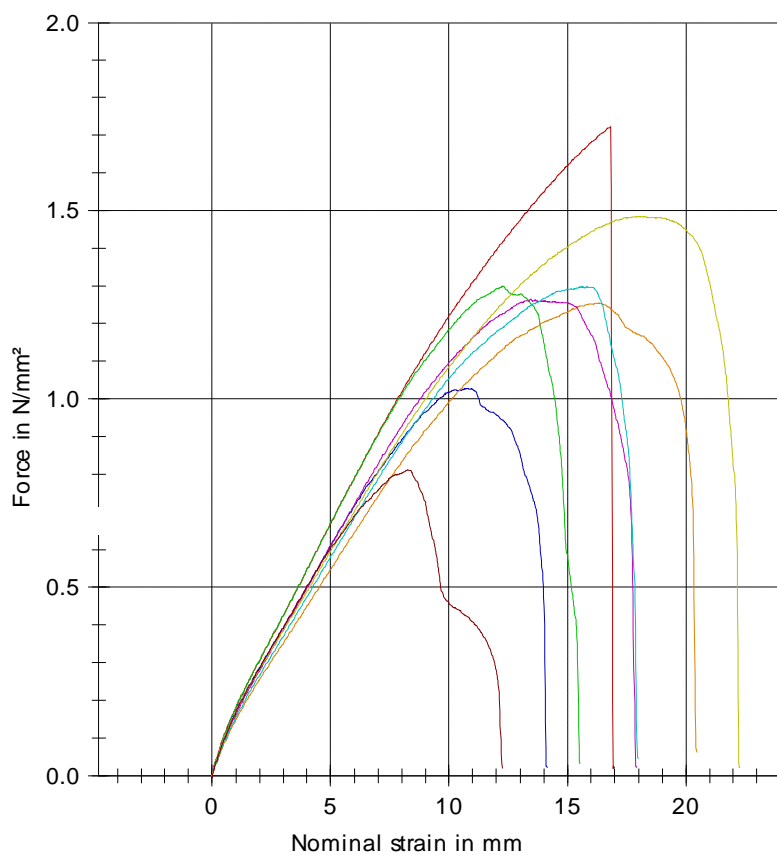
Klima: RZV=100% T=-20°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 9 : Rezultati serije 3/1

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	646	1,72
2	25	15	487	1,3
3	25	15	386	1,03
4	25	15	471	1,26
5	25	15	474	1,26
6	25	15	487	1,3
7	25	15	557	1,49
8	25	15	304	0,81

3/1 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	1,27
s	0,27
v	21,53



Slika 23 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 3/1

### 6.1.8 Serija 3/2

Lepilo: Merbenit MS 2K10 (Merz&Bentelli)

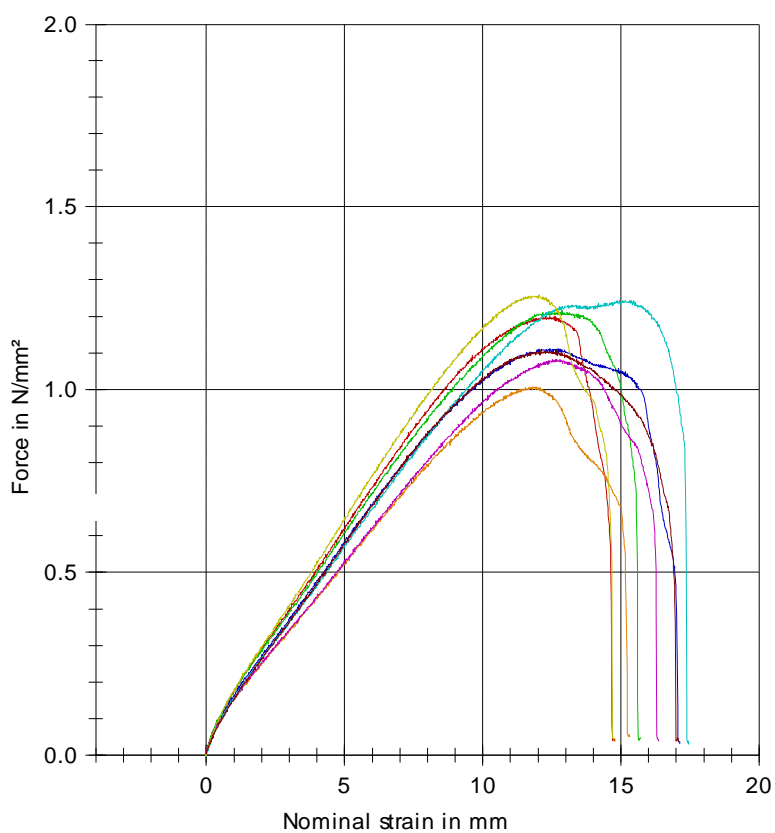
Klima: RZV=65% T=20°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 10 : Rezultati serije 3/2

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	450	1,2
2	25	15	456	1,22
3	25	15	417	1,11
4	25	15	378	1,01
5	25	15	405	1,08
6	25	15	466	1,24
7	25	15	472	1,26
8	25	15	415	1,11

3/2 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	1,15
s	0,09
v	7,72



Slika 24 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 3/2

### 6.1.9 Serija 3/3

Lepilo: Merbenit MS 2K10 (Merz&Bentelli)

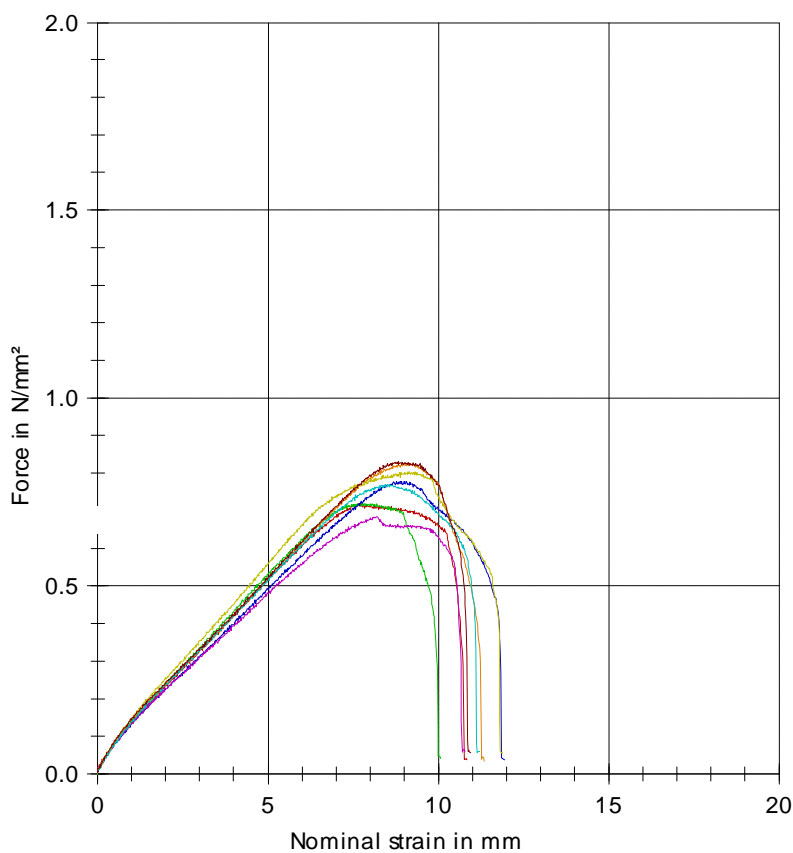
Klima: RZV=20% T=80°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 11 : Rezultati serije 3/3

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	269	0,72
2	25	15	270	0,72
3	25	15	292	0,78
4	25	15	309	0,83
5	25	15	257	0,69
6	25	15	289	0,77
7	25	15	301	0,8
8	25	15	312	0,83

3/3 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	0,77
s	0,05
v	7,02



Slika 25 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 3/3

### 6.1.10 Serija 4/1

Lepilo: OttoColl S80 (Otto Chemie)

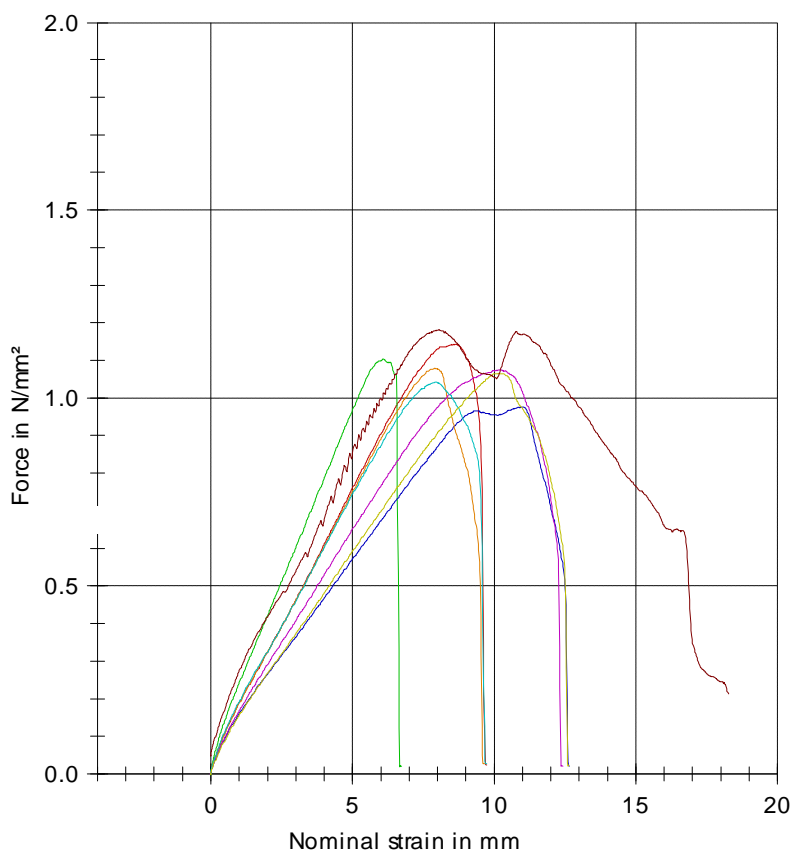
Klima: RZV=100% T=-20°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 12 : Rezultati serije 4/1

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	429	1,14
2	25	15	414	1,1
3	25	15	366	0,98
4	25	15	405	1,08
5	25	15	403	1,07
6	25	15	391	1,04
7	25	15	400	1,07
8	25	15	443	1,18

4/1 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	1,08
s	0,06
v	5,75



Slika 26 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 4/1



### 6.1.11 Serija 4/2

Lepilo: OttoColl S80 (Otto Chemie)

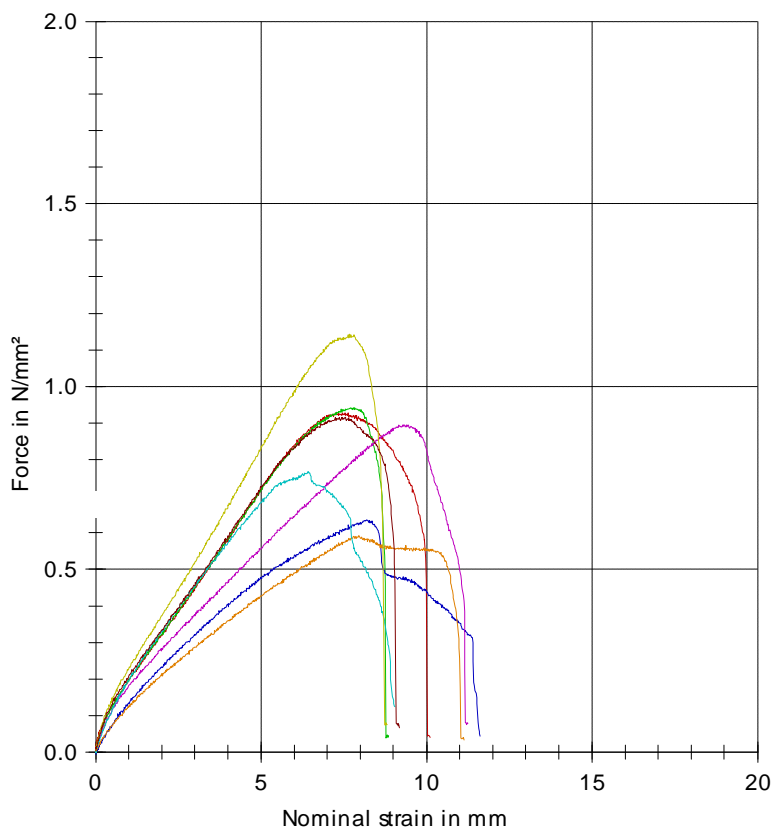
Klima: RZV=65% T=20°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 13 : Rezultati serije 4/2

Nr	a mm	b mm	$F_{max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	348	0,93
2	25	15	354	0,94
3	25	15	238	0,64
4	25	15	222	0,59
5	25	15	335	0,89
6	25	15	287	0,77
7	25	15	428	1,14
8	25	15	343	0,91

4/2 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	0,85
s	0,18
v	21,08



Slika 27 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 4/2

### 6.1.12 Serija 4/3

Lepilo: OttoColl S80 (Otto Chemie)

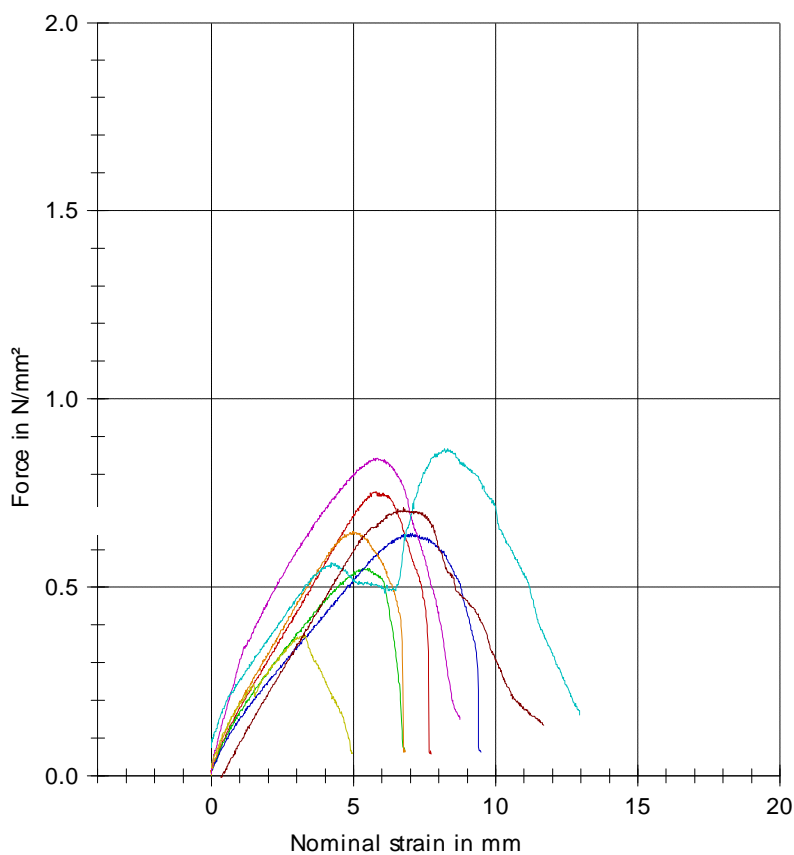
Klima: RZV=20% T=80°C

Hitrost: 50mm/min

Preglednica 14 : Rezultati serije 4/3

Nr	a mm	b mm	$F_{\max}$ N	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
1	25	15	283	0,75
2	25	15	206	0,55
3	25	15	241	0,64
4	25	15	243	0,65
5	25	15	316	0,84
6	25	15	325	0,87
7	25	15	140	0,37
8	25	15	267	0,71

4/3 n = 8	$f_v$ N/mm <sup>2</sup>
$\bar{x}$	0,67
s	0,16
v	23,92



Slika 28 : Grafični prikaz strižne trdnosti serije 4/3

## 6.2 PRIMERJALNA PREGLEDNICA REZULTATOV

Preglednica 15 : Primerjava povprečnih vrednosti strižnih trdnosti v N/mm<sup>2</sup>

KLIMA\LEPILO	Lepilo 1	Lepilo 2	Lepilo 3	Lepilo 4
Klima 1	1,55	0,93	1,27	1,08
Klima 2	1,21	0,7	1,15	0,85
Klima 3	0,79	0,4	0,77	0,67

### Legenda:

- Lepilo 1 – Merbenit MS 2K (Merz&Bentelli)
- Lepilo 2 – Merbenit MS 2K20 (Merz&Bentelli)
- Lepilo 3 – Merbenit MS 2K10 (Merz&Bentelli)
- Lepilo 4 – OttoColl S80 (Otto Chemie)
  
- Klima 1 – 100% RZV in -20°C
- Klima 2 – 65% RZV in 20°C
- Klima 3 – 20% RZV in 80°C

## 7 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 7.1 RAZPRAVA

Iz dobljenih rezultatov lahko ugotovimo, da je vpliv temperature na trdnost lepilnega spoja zelo velik. Vsa lepila so po podatkih proizvajalcev testirana za uporabo vsaj do 120°C, kar za naš namen uporabe popolnoma zadostuje, opazimo le precejšnje zmanjšanje trdnosti lepilnega spoja pri višjih temperaturah. Pri nizkih temperaturah pa so se lepila izkazala za odlična, saj so imela povečano trdnost spoja in obenem ohranila zadostno elastičnost spoja.

Vlaga se je izkazala za manj pomemben faktor pri lepljenju stekla in lesa z MS polimernimi lepili. To lahko potrdimo zato, ker smo dobili najboljše rezultate prav pri najvišjih vrednostih relativne zračne vlažnosti, kjer je močno prevladal faktor spremembe lastnosti lepila glede na temperaturo.

### 7.2 SKLEPI

Sklepi raziskave MS polimernih lepil za lepljenje stekla in lesa so sledeči; za uporabo lepila v našem izdelku se odločimo za lepilo 1 (Merbenit MS2K), ki je doseglo najboljše rezultate na testu. Ker je to lepilo dobavljivo samo v sivi barvi, se za alternativo temu lepilu odločimo za lepilo 3, ki je črne barve in le malo zaostaja za trdnostnimi lastnostmi. Za dve barvi smo se odločili zato, ker nam omogočata lažje delo z lepili v odvisnosti z različnimi barvami okenskih okvirjev.

## 8 POVZETEK

Cilj naloge je bil razviti novo linijo oken, ki bo iz zunanje strani v celoti izdelana iz stekla in ALU pločevine (minimalno), v notranjosti pa iz lesa. Okno mora imeti v funkcionalnem in izolativnem pogledu vsaj enake lastnosti kot klasično leseno okno, v trajnostnem smislu pa ga mora presegati. Konstrukcija okna mora biti takšna, da se bodo za proizvodnjo nove linije uporabljala obstoječa orodja in tehnologija. Oblika izdelka bo prilagojena estetskim zahtevam sodobne neomodernistične arhitekture. Z razvojem novega izdelka želimo preseči konkurenčne izdelke, kar pomeni prednost pri prodaji na domačem in za nas najpomembnejšem ruskem trgu.

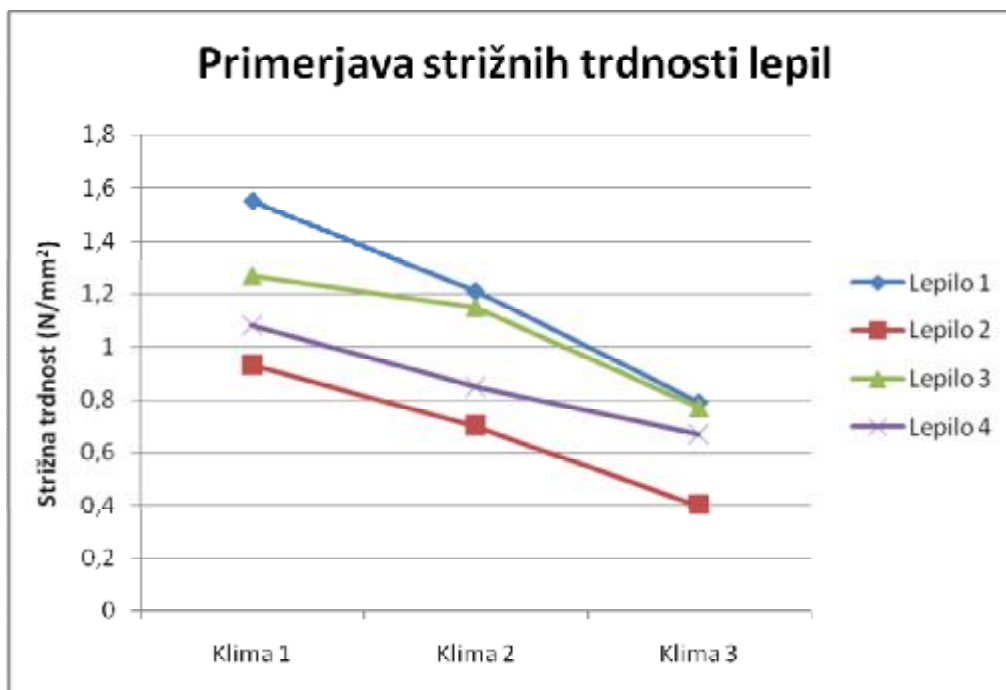
V diplomski nalogi je bila opravljena raziskava oprijemnosti MS polimernih lepil na les in steklo, ker je takšno lepilo eden ključnih elementov proizvodnje tovrstnih oken. V ožji izbor smo uvrstili štiri lepila, ki smo jih testirali po standardu ISO 4587:1995(E). Test temelji na preizkušanju strižne trdnosti lepilnega spoja, ki smo ga preizkušali na trgalnem stroju ZWICK Roell na Oddelku za lesarstvo BF.

Test lepil smo izvedli v treh različnih klimah, in sicer smo hoteli ponazoriti ekstremne razmere v naravi, v katerih se nahajajo naši izdelki po vgradnji v objekte. V prvi klimi smo testne vzorce izpostavili visoki vlažnosti – vzorce smo potopili v vodo za dve uri – in jih zamrznili na  $-20^{\circ}\text{C}$ . Druga klima je bila standardna laboratorijska klima z 65% relativne zračne vlažnosti in  $20^{\circ}\text{C}$ . V tretji klimi pa smo vzorce izpostavili klimi s 20% relativne zračne vlažnosti in temperaturi  $80^{\circ}\text{C}$ . Vsa štiri lepila smo izpostavili trem klimam z osmimi testnimi vzorci, torej smo skupno testirali 96 vzorcev.

Vzorci smo vpeli v čeljusti trgalnega stroja in z njim izmerili silo in deformacijo vzorcev do pretrganja.

Iz dobljenih rezultatov lahko razberemo, da je vpliv temperature na trdnost lepilnega spoja zelo velik. Vsa lepila so po podatkih proizvajalcev testirana za uporabo vsaj do 120°C, kar za naš namen uporabe popolnoma zadostuje, opazimo le precejšnje zmanjšanje trdnosti lepilnega spoja pri višjih temperaturah. Pri nizkih temperaturah pa so se lepila izkazala za odlična, saj so imela povečano trdnost spoja in obenem ohranila zadostno elastičnost spoja.

Vlaga se je izkazala za manj pomemben faktor pri lepljenju stekla in lesa z MS polimernimi lepili. To lahko potrdimo zato, ker smo dobili najboljše rezultate prav pri najvišjih vrednostih relativne zračne vlažnosti, kjer je močno prevladal faktor spremembe lastnosti lepila glede na temperaturo.



Slika 29 : Grafični prikaz strižne trdnosti testiranih lepil

Pri našem izdelku smo se odločili za uporabo lepila Merbenit MS2K, ki je doseglo najboljše rezultate strižne trdnosti. Ker je to lepilo dobavljivo samo v sivi barvi, se za alternativo temu lepilu odločimo za lepilo Merbenit MS2K10, ki je črne barve in le malo zaostaja za trdnostnimi lastnostmi. Za dve barvi smo se odločili zato, ker nam omogočata lažje delo z lepili v odvisnosti z različnimi barvami okenskih okvirjev.

## 9 VIRI

- Engler D. 2003. Das Glas traegt mit.  
[www.tec21.ch/pdf\\_anzeigen.php?php=tec21\\_4720032821.pdf](http://www.tec21.ch/pdf_anzeigen.php?php=tec21_4720032821.pdf)  
(16.11.2009)
- Govedič J. 2004. Gradimo s steklom. 2. izdaja. Gornja Radgona, REFLEX d.o.o.: 335 str.
- Hajdinjak R. 2009. Gradimo s steklom. 3. izdaja. Gornja Radgona, REFLEX d.o.o.: 367 str.
- ISO 4587. Adhesives – Determination of tensile lap-shear strength of rigid to rigid bonded assemblies. 2003; 4 str.
- Knez F. 2001. Stavbno pohištvo. Gradbeništvo in oprema, 7: 15-18
- Pavlič M., Mihevc V. 2001., Zaščita lesa pred vremenskimi vplivi. Les, 1/2: 15-20
- Verband der Fenster - und Fassadenhersteller e.V. 2009  
<http://www.window.de/index.php?id=447> (1.5.2009)



## ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorici doc. dr. Jasni Hrovatin, recenzentu izr. prof. dr. Milanu Šerneku in asistentu g. Mirku Karižu za pomoč pri izvedbi meritev. Zahvaljujem se tudi vsem predavateljem, asistentom in strokovnim sodelavcem, ki so mi omogočili pridobitev znanja, ki sem ga pridobil med celotnim študijem. Zahvaljujem se svoji družini in vsem, ki so me podpirali med izdelavo diplomskega dela.

## PRILOGE