

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Anže NUČIČ

**PONOVNA RABA LESENIH OKEN PO KONCU
ŽIVLJENJSKE DOBE**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Anže NUČIČ

**PONOVNA RABA LESENIH OKEN PO KONCU ŽIVLJENJSKE
DOBE**

DIPLOMSKI PROJEKT
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

REUSING TIMBER WINDOWS AFTER THEIR SERVICE LIFE

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2015

Diplomski projekt je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Tehnologije lesa in vlaknatih kompozitov – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno v prostorih Delovne skupine za patologijo in zaščito lesa. Izdelava lesenega okna je bila opravljena v podjetju M SORA d.d.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega projekta imenoval prof. dr. Miho Humarja, za somentorja dr. Aleša Ugovška in za recenzenta prof. dr. Franca Pohlevna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Anže Nučič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)

ŠD	Dv1
DK	UDK 674.8:504.054
KG	odslužen les/kaskadna raba/okno
AV	NUČIČ, Anže
SA	HUMAR, Miha (mentor)/UGOVŠEK, Aleš (somentor), POHLEVEN, Franc (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina c. CIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2015
IN	PONOVNA RABA LESENIH OKEN PO KONCU ŽIVLJENJSKE DOBE
TD	Diplomski projekt (Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)
OP	IV, 30 str., 2 pregl., 17 sl., 0 pril., 17 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Odslužen les danes vse bolj pridobiva na pomenu. Nanj se ne gleda več kot le na surovino za energetske namene ali kot odpadek, ampak tudi kot surovino za kaskadno uporabo za izdelavo ter predelavo v nove izdelke. Negativna stran odsluženega lesa je predvsem v tem, da je ta les pogosto kontaminiran z različnimi kemikalijami in onesnažili, ki izhajajo iz biocidnih pripravkov, površinskih premazov, ostankov gradbenega transporta itd. V podjetju M SORA d. d. smo izdelali okno iz recikliranega lesa smreke in macesna, starega med 20 in 50 let. Okno je bilo izdelano po sodobni proizvodni tehnologiji, prav tako pa smo preverjali količine onesnažil v lesu. Najvišjo koncentracijo onesnažil je vseboval vzorec starih oken s površinskim sistemom, z najvišjo prisotnostjo cinka – 4402 ppm. Les lepljencev iz macesna in smreke, okno M SORA brez barve, okno tipa »Jelovica« brez barve in staro okno brez barve so imeli manjše koncentracije onesnažil.

KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)

ND Dv1
DC UDC 674.8:504.054
CX waste wood/cascade use/window
AU NUČIČ, Anže
AA HUMAR, Miha (supervisor)/UGOVŠEK, Aleš (co-supervisor)/POHLEVEN, Franc (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina c. CIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2015
TY REUSING TIMBER WINDOWS AFTER THEIR SERVICE LIFE
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO IV, 30 p., 2 tab., 17 fig., 0 ann., 17 ref. .
LA sl
Al sl/en
AB Waste wood is increasingly important. It is not a mere raw material used for energy purposes or a waste material, but rather a raw material for cascade use in the production of/and processing into new products. However, waste wood has a negative side because it is usually contaminated by various chemicals and pollutants, such as biocides, surface coatings, building materials residues, etc. Modern production technologies were used for the production of window frame, made of 100 % recycled spruce and larch wood aged from 20 to 50 years in company M SORA d.d. used . Waste wood was transformed into glued laminated timber and determine the quantity of pollutants in it.
The highest concentration of pollutants contained a sample of old windows with coating system with the highest presence of Zn – 4402 ppm. Laminated wood from larch and spruce, window M SORA without colour, window type “Jelovica without colour and old window with no colour, had low concentrations of pollutants.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI).....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD).....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VI
KAZALO SLIK.....	VII
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 RECIKLAŽA LESA.....	3
2.2 OKNO IN NJEGOVI SESTAVNI DELI	5
2.3 KONSTRUKCIJSKA DELITEV OKEN	6
2.4 VRSTE LESA ZA IZDELAVO LESENIH OKEN	7
2.5 VEČSLOJNI LEPLJEN LES.....	7
2.6 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA	8
2.7 ONESNAŽILA V LESU	10
3 MATERIALI	12
3.1 SMREKA (<i>PICEA ABIES</i>)	13
3.2 MACESEN (<i>LARIX SPP.</i>)	13
3.3 LEPILO RAKOLL® – GXL – 4 PLUS	14
3.4 PREMAZNA SREDSTVA.....	15
4 METODE DELA.....	16
4.1 DEMONTAŽA STARIH OKEN.....	16
4.2 IZDELAVA PROFILA NA CNC LINIJI.....	19
4.3 ANALIZA ONESNAŽIL PO METODI XRF	20
4.4 PRIPRAVA VZORCEV	20
5 REZULTATI	23
5.1 KOLIČINE ONESNAŽIL V LESU	23
5.2 IZDELAVA OKNA.....	25
6 SKLEPI	27
7 VIRI.....	28
ZAHVALA	30

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vzroki za prisotnost posameznih onesnažil v odsluženem lesu (Hladnik, 2009, cit. po Humar, 2003).....	11
Preglednica 2: Koncentracija onesnažil v odsluženem lesu	24

KAZALO SLIK

Slika 1: Sestavni deli okna (Stegne, 2015)	5
Slika 2: Škatlasto, vezano, enojno okno (Stegne, 2015)	6
Slika 3: Prerez lepljenca iz termično modificirane (levo) in navadne smrekovine (desno) ..	7
Slika 4: Prerez lepljenca za izdelavo novega okna.....	12
Slika 5: Rakoll® - GXL – 4 PLUS	14
Slika 6: Zbiranje starih oken.....	16
Slika 7: Prižagovanje na dolžino	17
Slika 8: Plošče med stiskanjem	18
Slika 9: Razžagane deske, pripravljene za lepljenje v lepljence	18
Slika 10: CNC linija v podjetju M SORA d.d.	19
Slika 11: Rentgenski fluorescenčni spektrometer (Humar, 2007).....	20
Slika 12: Vzorci lesa, namenjeni za analizo	21
Slika 13: Mizna krožna žaga Proxxon (Ena.com)	21
Slika 14: Stiskalnica Chemplex za pripravo tablet	22
Slika 15: Pripravljene tablete za analizo.....	22
Slika 16: Koncentracija onesnažil v odsluženem lesu.....	25
Slika 17: Kotnik M SORA Natura 3 iz odsluženega lesa (vir: arhiv M SORA d.d.)	26

Obleka naredi človeka,
okna in vrata pa hišo (Stegne, 2015).

1 UVOD

Les je naravni material, ki nima le enega življenjskega cikla, temveč več zaporednih. V prvem življenjskem ciklu lahko les uporabimo kot surovino za izgradnjo hiš, stavbnega pohištva in drugo, v drugem ga predelamo v lesne kompozite, v tretjem pa uporabimo v energetske namene. Tej obliki rabe pravimo kaskadna raba lesa. Tudi na stara lesena okna se pogosto gleda kot zgolj na odpadke. Redko kdo pomisli, da so lahko surovina za nadaljnjo izdelavo lesenih oken. Ta surovina je v Sloveniji in nasploh v Evropi zelo slabo izkoriščena.

Lesena okna imajo pogosto za sabo zelo dolgo dobo uporabe. V kolikor je les nepoškodovan in na njem ni poškodb zaradi delovanja škodljivcev, je lahko še vedno uporaben za nadaljnjo rabo.

Cilj diplomskega projekta je ugotoviti, ali je odslužen les v starih oknih še vedno primeren za izdelavo novih oken po tehnologiji, ki se uporablja danes. Okno mora biti popolnoma enakovredno oknom iz novega lesa. Konstrukcija in sama funkcionalnost se morata popolnoma prilagajati tehnologiji in orodjem sodobne proizvodnje.

V drugem delu je bila opravljena analiza prisotnosti onesnažil po metodi XRF.

Na svetu obstajajo različni proizvodi iz starega odsluženega lesa. Večina teh proizvodov je omejena na obrtniški nivo in socialna podjetja. Odslužen les najpogosteje recikliramo v lesne kompozite ali ga uporabimo v energetske namene. V času pisanja diplomskega projekta pa ni bilo moč nikjer zaslediti, da bi kdo že izdelal okno iz odsluženega lesa, tako da lahko sklepamo, da smo edini, ki smo izdelali takšno okno.

Menimo, da bo v nekaj letih prisotno tudi povpraševanje po izdelavi oken iz odsluženega lesa in da bo to postal vedno večji trend, v prvi vrsti med arhitekti, proizvajalci in nato med kupci. Pred komercializacijo pa moramo izvesti ustrezne raziskave in v drugi stopnji izvesti ustrezno promocijo.

2 PREGLED OBJAV

Les je edina naravna obnovljiva surovina, ki jo premoremo v Sloveniji in jo imamo v relativnem izobilju. V Evropi se trenutno srečujemo s presežki lesa. V večini primerov v gozdu ostaja bukovina, zaradi pomanjkanja kvalitetne hlodovine iglavcev, pa nekatere obrate že zapirajo. V bližnji prihodnosti, predvidoma od leta 2020 do 2050, bo po napovedih strokovnjakov Evropske zveze papirničarjev CEPI (Confederation of European paper industries) lesa začelo primanjkovati. Glavni vzrok za pomanjkanje je vedno večje naraščanje potreb po lesu, papirju in lesnih materialih na Kitajskem ter v Indiji, kjer jim lesa že primanjkuje. Zato se moramo naučiti les čim bolj smotrno izrabljati že danes, da bomo pripravljeni na čase pomanjkanja te surovine (Humar, 2012).

Predvsem v Evropi se je zato v zadnjem desetletju uveljavila politika kaskadne oziroma stopenjske rabe lesa. To pomeni, da les nima samo enega, temveč več življenjskih ciklov. Najprej ga uporabimo kot izdelek (žagan les, gradbene komponente, pohištvo), drugič kot material v reciklirnem procesu (plošče ali papir) in nazadnje za pridobivanje energije. Konkurenčni materiali (plastika, jeklo, beton) sicer utegnejo imeti nekaj tehničnih prednosti, vendar sta njihovo energijsko in okoljsko ravnoesje na podlagi kriterijev ocene življenjskega cikla (LCA) bistveno slabša od lesa (Humar, 2012).

V skladu s kaskadno rabo lesa je tako bistvenega pomena les izrabiti tudi po koncu njegove življenjske dobe. Za takšen les se je uveljavilo več izrazov. V nemščini ga označujejo za *Altholz*, v angleščini pa *recovered wood* ali *post consumed wood*. V slovenščini se je v zadnjem času uveljavil termin *odslužen les* (Humar, 2012).

Značilen primer odsluženega lesa je na primer staro pohištvo, ki ga pripravimo za kosovni odvoz. To pohištvo lahko vnovič uporabimo (kot omaro nekje drugje), ga recikliramo v iverne plošče ali uporabimo v energetske namene. Najslabša možnost pa je, da ga odložimo na deponijo. Poleg tega med odslužen les sodita še odpadni leseni pakirni material (palette, gajbice ...), les, ki ga pridobimo med rušenjem stavb ... Kakorkoli, v nobenem primeru ne smemo enačiti odsluženega lesa z lesnimi ostanki ali odpadki. Odpadki so v skladu z najnovejšo definicijo snovi, za katere ne obstaja nobena tehnologija predelave in jih moramo zato odložiti na deponije (Humar, 2012).

Po drugi strani pa lesni ostanki nastajajo med industrijsko predelavo lesa in jih uporabljamo kot surovino za izdelavo lesnih kompozitov ali v energetske namene. Bistvena razlika med lesnimi ostanki in odsluženim lesom je tudi dejstvo, da lesni ostanki nastajajo točkasto, v lesno-predelovalnih podjetjih, medtem ko odslužen les prihaja iz uporabe praktično v vsakem gospodinjstvu. Poleg tega rabo odsluženega lesa pogosto omejuje prisotnost onesnažil, ki so v les vnesena med uporabo ali razgradnjo. Najpogostejša onesnažila so cinkove, titanove in svinčeve spojine v premazih, bakrove

spojine, ki smo jih v les vnesli zaradi zaščite pred lesnimi škodljivci in klorove spojine. Ravno klorove spojine v zadnjem času povzročajo številne težave pri rabi odsluženega lesa in lesnih ostankov v energetske namene. Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdo gorivo iz leta 2008 postavlja mejno vrednost za klor v lesu tako nizko (150 ppm), da pogosto mejno vrednost presežejo že sveže posekane hitrorastoče vrste. Poleg tega prihaja do pogostih kontaminacij s klorom zaradi transporta, pozimi pa zaradi soljenja cest in dvorišč... Zato je mejna vrednost klora za surovino za proizvodnjo lesnih kompozitov precej višja in zanaša 1000 ppm (Humar, 2012).

Zapišemo lahko, da so potenciali odsluženega lesa na slovenskem še neizkoriščeni. Humar je mnenja, da je zaradi onesnaženosti z anorganskimi ali organskimi odpadki odslužen les najbolj smiselno izkoriščati v energetske namene. S tem se zmanjša cenovni pritisk tudi na ostale porabnike lesa, nenazadnje pa s tem preprečimo tudi odlaganje še uporabne surovine na odlagališča, saj pri anaerobni razgradnji lesa nastaja zelo pomemben toplogredni plin metan, ki ima izrazito negativen vpliv na segrevanje ozračja. Poleg tega je zmogljivost odlagališč omejena in javnost je odpiranju novih odlagališč zelo nenaklonjena. V vsakem primeru pa mora energetska izraba potekati v ustreznih kotlih s kakovostnim filtriranjem dimnih plinov, ki preprečujejo izhajanje strupenih dimnih plinov ali težkih kovin v ozračje (Humar, 2012).

2.1 RECIKLAŽA LESA

Z recikliranjem ostankov zagotovimo, da lahko odpadne snovi oz. material ponovno uporabimo iz industrije, kmetijstva ter gospodinjstev z namenom zmanjševanja izrabe primarnih virov ter zmanjševanja izdelave v naravi nerazgradljivih ali celo strupenih snovi. Prvi pogoj za uspešno reciklažo je ustrezen sistem zbiranja in sortiranja odpadnih snovi, v nadaljevanju pa sama tehnologijo predelave materiala v obliko, ki bo uporabna za izdelavo novih izdelkov (Eko stran, 2015).

Kako bomo predelali odslužen les, nam v večini primerov narekuje sama kakovost te surovine in ekonomika predelave. Pri recikliranju in sežiganju odsluženega lesa moramo biti zelo previdni in preprečiti moramo možnost, da bi v proizvodnjo ploščnih kompozitov ali v sežigalnico prišel tudi les, ki je kontaminiran s snovmi, nevarnimi tako za človeka kot naravo. Najnevarnejši je les, ki je bil zaščiten z biocidi, kot so na primer kreozotno olje, pentaklorofenol, arzenove spojine, bakrove spojine, kromove spojin, spojine živega srebra (Hladnik, 2009, cit. po Humar, 2003).

Količine odsluženega lesa v Sloveniji niso znane. Po ocenah Statističnega urada RS letno v Sloveniji zberemo ali predelamo 621.861 ton odpadnega lesa (Statistični urad uvršča lesne ostanke in odslužen les med lesne odpadke); v to številko so vključeni tudi nekateri lesni ostanki, ki so nastali med obdelavo lesa. Kar 98 % vsega lesa se zbere v industriji. Ti

podatki nakazujejo na to, da je zbiranje odsluženega lesa v privatnem sektorju in gradbeništvu slabo urejeno, saj se večina tega lesa zbira na deponijah, črnih odlagališčih ali pa konča v domačih kuriščih (Hladnik, 2009, cit. po Humar, 2003).

Glede na možnost uporabe recikliranih snovi oz. materialov lahko le-te izdelamo z enako ali s spremenjeno kakovostjo. V nekaterih primerih lahko povrnemo samo funkcionalnost določenega izdelka. Najbolj razširjeni materiali oz. snovi za reciklažo so (Eko stran, 2015):

- papir;
- steklo;
- les;
- kovine;
- plastika;
- gume;
- asfalt;
- beton;
- ...

Reciklaža lesa zmanjšuje sečnjo gozdov in preprečuje nastajanje toplogrednih plinov z njegovim sežiganjem. Viri lesa za reciklažo so (Eko stran, 2015):

- ostanki lesne industrije;
- lesna embalaža (palete, zaboji ...);
- staro pohištvo;
- stavbno pohištvo;
- ograje.

Kvaliteten recikliran les lahko ponovno uporabimo za stavbno pohištvo, izdelavo plošč in lesno embalažo ter ograje. Nekvaliteten les pa uporabimo za žagovino in oblance, katere lahko uporabimo v kompostu ali pa za steljo (Eko stran, 2015).

Ena od velikih prednosti lesa je ta, da ga je mogoče večkrat reciklirati – kaskadna raba kot še neuporabljen oz. surov les ali pa, ko je les že obdelan in služi nekemu namenu. Iz okoljskega vidika je povečanje recikliranega odpadnega lesa potrebno obravnavati kot pozitivni razvoj, saj le-to povečuje skupno količino CO₂, ki je shranjen v lesu, lesnih ploščah, papirnatih izdelkih še več let ... Negativni učinek odpadnega lesa je v tem, da vsebuje več onesnaževalcev od novega lesa.

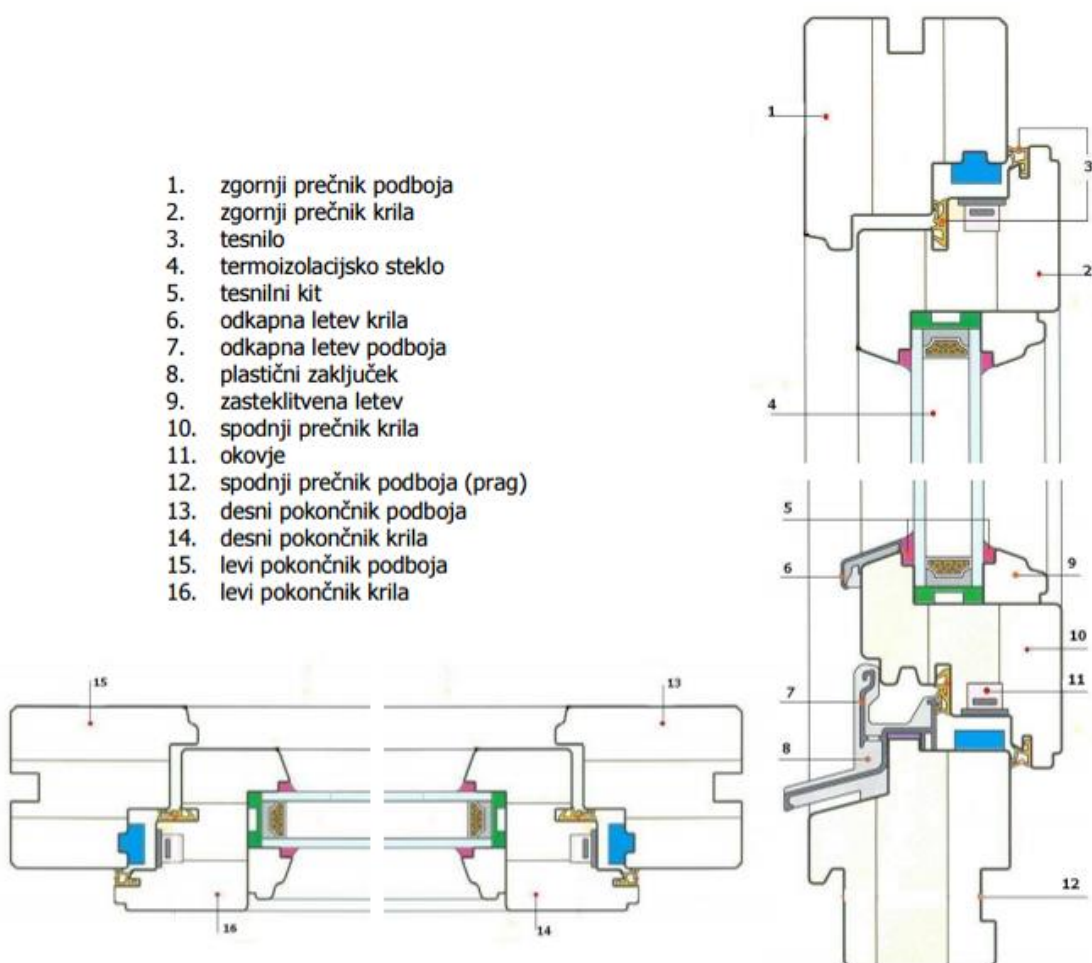
2.2 OKNO IN NJEGOVI SESTAVNI DELI

Okno je prozorna ali prosojna odprtina v steni, vratih ali vozilu, ki je namenjena prehajanju svetlobe ter zraka (slika 1).

Včasih so bila okna majhna, zaradi čim manjših toplotnih izgub. Zaradi sodobne tehnologije in konstrukcije so okna dandanes večja, saj je njihov glavni namen prepuščanje svetlobe, da so energetsko varčna, prezračujejo prostore, kar je lahko kontrolirano ali nekontrolirano. Varujejo pa tudi pred vdorom vode v notranjost objekta.

Okno mora zadovoljiti naslednjih zahtevam:

- zagotavljati mora toplotno in hrupno izolativnost ter protivlomno varnost;
- zagotavljati mora naravno prezračevanje;
- zagotavljati mora zaščito pred vremenskimi vplivi;
- protipožarna zaščita;
- UV zaščita.



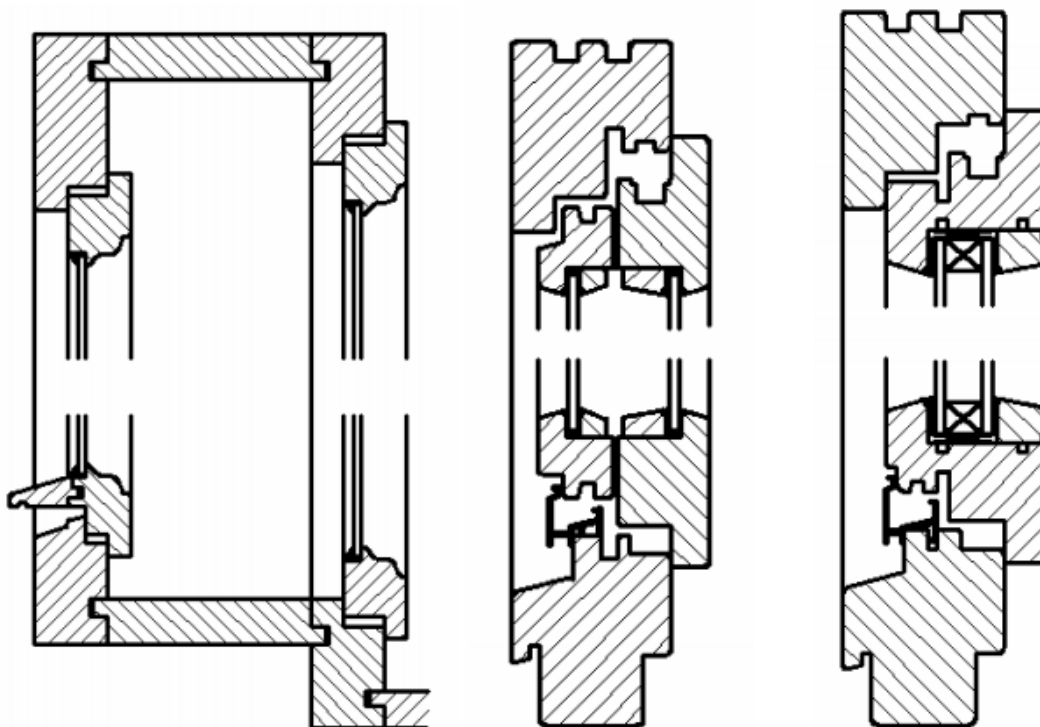
Slika 1: Sestavni deli okna (Stegne, 2015)

2.3 KONSTRUKCIJSKA DELITEV OKEN

Škatlasto okno najdemo večinoma le še na starejših stavbah, zgrajenih iz kamna ali opeke, katere imajo debelejša zidove. Tako okno ima navadno notranje in zunanje krilo. Oba dela sta povezana z masivnim okvirjem, debeline od 10 do 30 cm. Za odpiranje okna je potrebno najprej odpreti notranje krilo, nato pa še posebej zunanje krilo, ki se lahko odpira navznoter ali pa navzven (slika 2). Škatlasta okna niso imela tesnil, prav tako so imela vgrajena enojna stekla (Stegne, 2015).

Vezano okno nima več ločenih kril, ampak je krilo sestavljeno iz dveh delov, ki imata skupno vrtilišče in sta z okrovjem povezana v celoto. V vsakem krilu so vgrajena enojna stekla (slika 2). Ko so na trg vstopila termoizolacijska stekla, so vezana okna izgubila svoj pomen, zaradi slabe toplotne izolativnosti (Stegne, 2015);

Enojno okno je danes tip okna, ki se najpogosteje pojavlja na tržišču. Bistvo enojnega okna je v tem, da ima eno krilo, v katerem je vgrajeno termoizolacijsko steklo, ki je lahko dvoslojno ali troslojno, na tržišču pa je mogoče zaslediti tudi štirislojna stekla, ki so zaradi njihove velike teže relativno redka (slika 2). Tako okno je tudi lepše na pogled, vzdrževanje in vgrajevanje v stavbo sta enostavnejša. Okvir omogoča boljšo vodotesnost in manjšo toplotno prepustnost. Glavna prednost tega okna pred škatlastim in vezanim je poleg boljše izolativnosti predvsem v tem, da ob pravilni izdelavi v medsteklenem prostoru ne prihaja do kondenzacije vodne pare (Stegne, 2015).



Slika 2: Škatlasto, vezano, enojno okno (Stegne, 2015)

2.4 VRSTE LESA ZA IZDELAVO LESENIH OKEN

Lesena okna so lahko izdelana iz lesa različnih drevesnih vrst. Vsako od njih ima svoje prednosti in slabosti. Vrste lesa, iz katerih se izdelujejo okna, so:

- domače drevesne vrste (smreka, hrast, bor);
- tuje drevesne vrste (sibirski macesen, meranti, »red grandis«, iroko);
- modificiran les (termično modificiran les, furfuliziran les, acetiliran les)

Po večini se na našem območju dandanes izdeluje okna iz smrekovega lesa, ki se je nekako uveljavil kot standard. Glavni razlog je v tem, da je cenovno najbolj ugoden les, njegove karakteristike pa ne zaostajajo za drugimi drevesnimi vrstami, ki so primerne za izdelavo lesenih oken. V zadnjem času se je ob uvozu macesnovega lesa iz Sibirije občutno povečalo tudi povpraševanje po oknih, izdelanih iz macesnovine, ki ima boljšo odpornost na lesne glive, boljše mehanske in estetske lastnosti – barva in tekstura (Erznožnik, 2009).

2.5 VEČSLOJNI LEPLJEN LES

Večslojni lepljen les ali lepljenci so konstrukcijski elementi iz lesa. Največkrat gre za smrekov (slika 3) ali macesnov les, pri katerih se predhodno odstranijo vrzeli, grče, smolnata mesta, lubje, ki bi lahko negativno vplivalo na mehanske lastnosti lesa. Z izločitvijo šibkih točk in večslojno zgradbo pridemo do kvalitetnega večslojnega lepljenega lesa.

Večslojni lepljen les ima zaradi obdelave bistvene prednosti pred masivnim lesom. Na daljši rok se ne zvija, ima boljše mehanske lastnosti, zmanjšano pa je tudi pojavljanje razpok. Lepljen les je še posebej primeren za vidne gradbene konstrukcije in predstavlja osnovo za trajno ter uhajanje zraka nepredušno in po obliki stabilno konstrukcijo (Mizarstvo Kovač, 2015).



Slika 3: Prerez lepljenca iz termično modificirane (levo) in navadne smrekovine (desno)

2.6 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA

Površinska obdelava lesa je ena izmed pomembnejših operacij v procesu izdelave in obdelave lesenih izdelkov. Za dobro površinsko obdelavo je potrebno poznavanje anatomske zgradbe lesa, fizikalnih, fizikalno-kemičnih in mehanskih lastnosti lesa (Vranjek, 2008).

Pod besedo »površinska obdelava« zajemamo vse faze tehnološkega procesa, v kateri si smiselno sledijo tehnološke operacije in sicer (Vranjek, 2008):

- brušenje ter glajenje;
- nanašanje tekočih ali pastoznih, barvnih ali brezbarvnih premaznih sredstev;
- sušenje oz. utrjevanje premaznih sredstev;
- dodelava končne lakirane površine.

S površinsko obdelavo želimo doseči naslednje učinke (Vranjek, 2008):

- estetski učinek – poudarimo teksturo lesa, spremenimo naravno barvo lesa in njegov videz, različne stopnje sijaja;
- zaščitni učinek – les zaščitimo pred delovanjem visokih temperatur, različnimi agresivnimi snovmi, delovanjem UV žarkov ter mehanskimi in kemijskimi vplivi okolja. S površinskimi premazi uravnavamo vlažnost lesa in s tem vplivamo na dimenzijsko stabilnost izdelka. Pri lesu, ki je izpostavljen zunanji klimi (padavinam), preprečimo prodiranje vlage v les, s čimer pa zmanjšamo možnost okužb z glivami;
- omogočimo lažje čiščenje in vzdrževanje lesenih površin;
- izdelku povečamo njegovo tržno vrednost.

Danes je površinska obdelava postala ne le tehnološki, temveč tudi ekonomski izziv, saj je na trgu prisotnih vse več proizvajalcev površinskih premazov, prav tako pa so naročniki oz. uporabniki vse bolj okoljsko osveščeni in zahtevajo premaze ter s tem tudi tehnologijo, ki je okolju prijazna (Vranjek, 2008).

Z ustrezno kombinacijo materialov in s postopki površinske obdelave lahko slabi podlagi izboljšamo njene lastnosti in estetski videz, prav tako pa lahko z neustrezno površinsko obdelavo kvaliteto površine tudi poslabšamo (Vranjek, 2008).

Razvoj premaznih sredstev je bil v preteklosti usmerjen predvsem na premaze na osnovi organskih topil, kar pa je zaradi izrazitega povečanja proizvodnje v zadnjih dvajsetih letih povzročilo velike količine izpustov hlapnih organskih komponent. Posledično se je povečala tudi obremenitev na zdravje ljudi in okolje. S ciljem zmanjševanja vplivov na okolje je bila v zadnjih desetih letih sprejeta vrsta zakonodajnih ukrepov s tega področja z

namenom zmanjševanja vsebnosti hlapnih organskih komponent v premaznih sredstvih in nekaterih strupenih spojin (Razboršek in Znoj, 2009).

Hlapne organske snovi so vse organske snovi, ki imajo začetno vrelišče nižje ali enako 250 °C, izmerjeno pri standardnem pritisku ene atmosfere. Evropska direktiva Solvent Emission Direktive 1999/13/ES (SED), prevzeta marca 1999, predpisuje omejevanje in zmanjšanje emisij hlapnih organskih komponent, ki velja za vse članice Evropske unije in je začela veljati oktobra leta 2007 (Razboršek in Znoj, 2009).

Razne zakonske usmeritve so spodbudile tudi razvoj premazov z visoko vsebnostjo suhe snovi oz. znižano količino organskih hlapnih komponent ter premazov na vodni osnovi, ki namesto topil na organski osnovi uporabljajo vodo. Z razvojem premaznih sredstev so se razvijali tudi tehnološki postopki priprave in naprav za njihovo izdelavo (Razboršek in Znoj, 2009).

Tako kot vsa premazna sredstva imajo tudi ta svoje prednosti in slabosti. Prednosti premazov na vodni osnovi, v primerjavi s premazi na osnovi topil, so naslednji:

- okolju so prijazna, saj vsebujejo malo organskih topil;
- manjši vložek v naložbo;
- eksplozijsko in požarno so varnejši;
- omogočajo čiščenje in redčenje z vodo;
- vrednost pH premazov je v nevtralnem območju;
- fizikalne lastnosti so po določenem času nespremenjene;
- blagi vonj;
- ostanek posušene barve lahko odložimo kot odpadek.

Slaba stran premazov na vodni osnovi pa je, da so dražji od že obstoječih premazov, zahtevajo izrazito bolj čisto površino substrata brez maščob in prahu, posoda za pripravo, embalaža za skladiščenje in orodje za aplikacijo morajo biti iz nerjavečih materialov, manjša temperaturna odpornost in manjši delež suhe snovi v primerjavi s sistemi na osnovi topil, kar zahteva več nanosov za doseganje zadostne debeline utrjenega filma, dolgotrajen čas sušenja zaradi visoke temperature vrelišča, znatna poraba energije za sušenje, možnost pojavljanja kraterjev, penjenja in nerazlivanje po mastni površini (Razboršek in Znoj, 2009).

2.7 ONESNAŽILA V LESU

Povpraševanje po polizdelkih in izdelkih iz lesa je vedno večje, prav tako odslužen les pridobiva vedno večjo veljavo na trgu, ki ga najpogosteje uporabljamo za energetske namene ali za izdelavo ploščnih kompozitov. Ta les je bil med samo uporabo podvržen različnim kemikalijam (površinski premazi, biocidi, ostanki gradbenega materiala, ...), ki nam povzročajo težave po koncu življenjske dobe (Hladnik, 2009, cit. po Humar, 2007).

Vzrokov, zakaj je v odsluženem lesu prisotnih toliko onesnažil, je mnogo. Glavni razlog se velikokrat skriva v dejstvu, da želimo v praksi preseči slabosti lesa z uporabo takšnih ali drugačnih kemikalij. Največkrat so to biocidi, sikativi v površinskih premazih ali lepila (Preglednica 1) (Hladnik, 2009, cit. po Humar, 2003).

Največ težav v odsluženem lesu povzročajo spojine arzena. V Veliki Britaniji ocenjujejo, da bo leta 2020 kar 8 % vsega odsluženega lesa impregniranega s pripravki CCA, ki vsebujejo tudi arzen. Če takšen les sežigamo pri temperaturah, višjih od 275 °C, arzen preide v plinasto agregatno stanje in skozi dimnik onesnaži okolico. V Veliki Britaniji in ZDA poročajo o zelo pogostih rakavih obolenjih dihal pri ljudeh, ki so za ogrevanje in pripravo hrane uporabljali takšen les (Towsend in Solo-Gabriele, 2006). Na srečo smo v Sloveniji pripravke z vsebnostjo arzena umaknili iz uporabe že pred skoraj 25 leti (Hladnik, 2009, cit. po Pohleven, 1998), tako da je odsluženega lesa, zaščitene s takšnimi pripravki, bistveno manj. Po drugi strani je v Sloveniji v uporabi več lesa, zaščitene s pripravki, ki vsebujejo biocide na osnovi klora in težkih kovin. Pri nekontroliranem sežiganju lesa, kontaminiranega s klorom, lahko nastajajo zelo strupeni dioksini. V primeru, da sežigamo les, ki vsebuje veliko težkih kovin, le-te ostanejo v pepelu. Takšnega pepela ne smemo odlagati na običajna odlagališča, temveč le na posebna odlagališča, ki jih pa v Sloveniji primanjkuje. Pogosto se dogaja, da nevedni domači kurjači takšen pepel posujejo po domačem zelenjavnem vrtu (Hladnik, 2009, cit. po Humar, 2003).

Pogosta onesnažila v lesu so tudi dodatki površinskim premazom, ki so navadno služili kot sikativi. V te namene so se najpogosteje uporabljale svinčeve, stroncijeve in cinkove spojine. V novejših premazih poleg sikativov zasledimo še titanove spojine, ki služijo kot UV zaščita (preglednica 1) (Hladnik, 2009, cit. po Humar, 2003).

Preglednica 1: Vzroki za prisotnost posameznih onesnažil v odsluženem lesu (Hladnik, 2009, cit. po Humar, 2003)

Onesnažilo	Vzroki za prisotnost v odsluženem lesu
Klor (Cl)	biocidi v zaščitnih pripravkih za les kontaminacije med skladiščenjem ali transportom zaradi soljenja cest klorirana voda za izdelavo plošč ostanki plastičnih mas
Kalcij (Ca)	ostanki gradbenega materiala
Krom (Cr)	vezava biocidnih učinkovin v les antioksidanti v površinskih premazih ostanki motornih olj obraba kovin zaradi mehanske obdelave (mletja)
Železo (Fe)	korozija jekla v stiku z lesom obraba kovin zaradi mehanske obdelave (mletja)
Nikelj (Ni)	ostanki motornih olj obraba kovin zaradi mehanske obdelave (mletja)
Baker (Cu)	biocidi v zaščitnih premaznih pripravkih za les
Cink (Zn)	dodatek v površinskih premazih
Arzen (As)	biocidi v zaščitnih premaznih pripravkih za les
Brom (Br)	ostanki protipožarnih premazov
Molibden (Mo)	ostanki motornih olj
Kositer (Sn)	biocidi v zaščitnih pripravkih za les
Kadmij (Cd)	dodatek v plastiki, laminatih dodatek v površinskih premazih
Titan (Ti)	antioksidant v površinskih premazih
Svinec (Pb)	dodatek v površinskih premazih kontaminacija med transportom dodatek v plastiki

3 MATERIALI

V prvem eksperimentalnem delu diplomskega projekta smo izdelali leseno okno, dimenzij 680 mm × 550 mm. Prvotno je bilo načrtovano, da bo izdelano iz smrekovega lesa, vendar se je kasneje pri sami demontaži izkazalo, da so odslužena okna narejena iz smrekovega in macesnovega lesa, zaradi česar smo se odločili, da bomo okno izdelali iz kombinacije smrekovine in macesnovine. Lepljenci so bili zlepljeni z vodoodpornim PVAc lepilom Rakoll, prav tako tudi kotne mozničene vezi pri krilu in okvirju (slika 4).

Pri površinski obdelavi so si sledile operacije po naslednjem načinu: brizganje s sredstvom za zaščito lesa in pripravo lesne površine, ročno brušenje, strojno brušenje, brizganje temeljne barve, strojno brušenje in nanos končne barve, katera je imela vmešan dodatek »fine structure«.

V drugem delu sem opravil analizo težkih kovin po metodi XRF. Vzorce sem vzel iz osmih različno obdelanih oz. neobdelanih elementov in sicer: okno tip »Jelovica« (s površinsko zaščito in brez nje), okno, staro okoli 50 let z debeloslojno emajl površinsko zaščito (s površinsko zaščito in brez nje), okno podjetja M SORA d.d., ter vzorec, odvzet iz še neobdelanih lepljencev iz lesa smreke in macesna.



Slika 4: Prerez lepljenca za izdelavo novega okna

3.1 SMREKA (*Picea abies*)

Smreka ima les z neobarvano jedrovino, ki se od beljave barvno ne loči. Les je po večini rumenkast, bele barve in s svilnatim leskom. Branike so lahko ozke ali široke in so razločne. Poskobljane površine imajo svilnat lesk. Pogost je pojav smolnih žepkov, prav tako pa svež les diši po smoli (Čufar, 2006).

Les je mehek in srednje gost (300 ... 430 ... 640 kg/m³), je elastičen in trd, suši se brez težav, lahko se cepi in lepo se lušči. Les je le malo nagnjen k zvijanju in pokanju ter se z lahkoto obdeluje z ročnimi orodji ali strojno. Brez težav se površinsko obdeluje z vsemi komercialnimi laki. Lepi se dobro. Dobro se tudi žeblija in vijači (Čufar, 2006).

Zaradi nizke vsebnosti ekstraktivov je les kemično komajda aktiven. Ob stiku z vodo, kislinami, bazami, alkoholom, maščobami, olji, bakrom ali medenino ne pride do obarvanja. Železo ob stiku s smrekovino ne korodira, vendar se les sivkasto obarva. Nezaščiten les je le zmerno odporen proti atmosferijam in neodporen proti insektom ter glivam. Pri uporabi na prostem mora biti zato smrekovina pravilno vgrajena in zaščitena oz. površinsko obdelana. V primerjavi z borovino se bistveno slabše impregnira. Beljava svežega lesa se lahko v kotlih pod pritiskom zadovoljivo impregnira z vodotopnimi biocidnimi proizvodi (Čufar, 2006).

Smrekovina se prodaja v hlohah ali kot žagan les. Uporaba je skoraj neomejena in raznovrstna. Še posebej je uporabna za konstrukcijske in gradbene namene, notranjo opremo, stene, strop, okna in vrata, celulozo, papir, vezan les, sredice in notranje plasti vezanega lesa (Čufar, 2006).

3.2 MACESN (*Larix spp.*)

Macesen ima jedrovino, ki se razteza od rdeče rjave do rjavo rdeče barve in na zraku potemni; beljava je ozka in je rumenkasto bele do rdečkasto bele barve. Smolni kanali so posamični in komaj vidni s prostim očesom. Meja med branikami je ostra in razločno vidna. Svež les prijetno diši. Skobljane površine so delno motne, delno se svetijo (Čufar, 2006).

Les macesna je trd in srednje gost (400 ... 550 ... 820 kg/m³), z višjih nadmorskih višin je gostejši in ima boljše mehanske lastnosti ter večjo odpornost. Krčenje je zmerno, stabilnost dobra. Les z 2 do 3 mm širokimi branikami je srednje gost in srednje trd. Zmerno odporen je proti glivam, precej odporen proti atmosferijam in kislinam. Zelo trajen je tudi v vodi.

Žagati je potrebno neolupljeno hlodovino; pri zlaganju mora biti les zaščiten pred direktnim soncem in padavinami (Čufar, 2006).

Macesen se lahko uporablja v stavbnem mizarstvu kot rudniški les, železniški pragovi, jambori, podi, parke, furnir, stenske in stropne obloge (Čufar, 2006).

3.3 Lepilo RAKOLL® – GXL – 4 PLUS

Rakoll® - GXL – 4 PLUS je enokomponentno lepilo z odlično vodoodpornostjo, proizvajalca H.B. FULLER iz Avstrije (slika 5). Lepilo je primerno za vse vrste lesa in lesenih materialov oz. povsod tam, kjer se zahteva lepljenje po normativih D4 EN 204 in WAT 91.

Je PVAc disperzija, bele barve in je že pripravljeno za takojšno lepljenje. Lahko se nanaša strojno ali ročno. (KLP, d. o. o., 2015)

Odprti čas pri 150g/m² je od 8 do 9 minut. Najvišja dovoljena vlažnost lesa znaša od 8 do 10 % (KLP, d.o.o., 2015).



Slika 5: Rakoll® - GXL – 4 PLUS

3.4 PREMAZNA SREDSTVA

Premazni sistem je sestavljen iz treh slojev na vodni osnovi, nemškega proizvajalca Remmers, in sicer iz:

- sredstva za zaščito lesa, ki je namenjeno zaščititi pred glivami modrivkami in mehko trohnobo;
- temeljne barve;
- končnega premaza.

4 METODE DELA

4.1 DEMONTAŽA STARIH OKEN

Postopek priprave lesa za lepljenje se je začel z zbiranjem starih oken, ki so jih pripeljali monterji od strank, ki so menjala okna. Imeli smo dvoje različnih tipov oken – tip »Jelovica« in okna, stara približno 50 let s tanjšim okenskim profilom (slika 6).



Slika 6: Zbiranje starih oken

Oknom je bilo potrebno najprej odstraniti steklo, nato je sledilo še razstavljanje okenskih elementov na posamezne kose.

Sledilo je odstranjevanje »nelesnih« ostankov na oknih (vijaki, žebliji, tesnila ...).

Prižagovanje kosov na dolžino smo postavili na prvo mesto preprosto zaradi tega, da smo s čela lahko videli, ali je les še dovolj zdrav in je primeren za nadaljnjo rabo (slika 7); prav tako smo izžagali še tečaje, ki jih ni bilo mogoče odstraniti drugače kot z obžagovanjem.

Na tračnem žagalnem stroju s podajalno glavo smo obdelovancem izžagali profile, preširoke pa razpolovili, s čimer smo dobili ogromno različnih dimenzij.

Obdelovance smo poravnali v pravi kot, nato pa še na debelinskem stroju skobljali do te mere, da smo vse obdelovance izenačili na enako debelino in širino, 30 mm × 28 mm. Dolžina ni bila pomembna, saj smo kose, ki so bili prekratki, tudi dolžinsko spajali. Iz pripravljenih lamel smo izdelali tri plošče (slika 8) in sicer dve plošči po 700 mm × 900 mm ter ena plošča dimenzij 500 mm × 600 mm.

Pri lepljenju je bilo potrebno paziti tudi na orientiranost vzorcev, in sicer, da je bila radialna tekstura vidna na vrhu plošče. Seveda pa iz vseh kosov nismo dobili radialne

teksture, ampak tudi tangencialno strukturo. Le-te smo zložili na rob plošče in jih pozneje uporabili za sredico lepljenecv.

Iz vseh treh plošč smo izžagali deske, širine 95 mm, jih na debelinskem stroju poskobljali na končno mero 24 mm, in jih nato ponovno zlepili v prizme, bruto dimenzij; dva lepljenca po $500 \times 86 \times 72$ mm ter šest lepljenecv dimenzij $700 \times 86 \times 72$ (slika 9).

Razlog, zakaj smo se odločili za te mere je ta, ker bo okno namenjeno za kotnike, ki bodo služili kot primer dobre prakse, da se lahko tudi stari les, ki je še recikliran, ponovno uporabi v različne namene.



Slika 7: Prižagovanje na dolžino



Slika 8: Plošče med stiskanjem



Slika 9: Razžagane deske, pripravljene za lepljenje v lepljenje

4.2 IZDELAVA PROFILA NA CNC LINIJI

V prvi stopnji izdelave profilov se lepljenec obdela na štiristranskem skobeljnem stroju, kjer dobi končno širino in debelino (slika 10). Po krojenju obdelovanca na dolžino sledi operacija rezkanja profilov po dolžini in tudi s čela. Obdelovanci potujejo naprej po liniji, kjer se vidni robovi zaokrožijo in »posnamejo«. Sledita grobo in fino brušenje.

Na koncu se še izvrtajo luknje za moznike in zapiše se še številka delovnega naloga, pozicija ter dolžina obdelovanca.



Slika 10: CNC linija v podjetju M SORA d.d.

Operacije, ki sledijo strojni obdelavi, so:

- popravilo rastnih napak;
- površinska obdelava;
- sestavljanje kril in okvirjev;
- vgrajevanje okovja in tesnil;
- vgradnja krila na okvir;
- vgradnja stekla oz. zasteklitev;
- pritrjevanje zasteklitvenih letvic;
- silikoniranje;
- vgradnja senčil;
- končni pregled;
- odprema.

4.3 ANALIZA ONESNAŽIL PO METODI XRF

Pri analizi vsebnosti nevarnih snovi smo uporabili rentgenski fluorescenčni spektrometer Twin – X (XRF), znamke Oxford instruments (slika 11). Osnovna metoda XRF je vzbujanje (ionizacija) atomov (predvsem v K in L lupini ter nato relaksacija vzbujenega (ioniziranega) atoma. Z metodo lahko določamo vse elemente v vrsti od Mg (12) do U (92) v prašnatih, trdnih in tekočih vzorcih (Humar, 2007).

Spektrometer je namenjen tudi za delo v industriji. Med drugim se analiza z XRF metodo dobro odnese za analizo odsluženega lesa, saj se lahko zelo hitro in natančno določi vsebnost anorganskih onesnaževal in na podlagi teh rezultatov določi namen uporabe lesa (Humar, 2007).



Slika 11: Rentgenski fluorescenčni spektrometer (Humar, 2007)

4.4 PRIPRAVA VZORCEV

Za analizo po metodi XRF smo pripravili osem vzorcev (slika 12) obdelanega in neobdelanega lesa.

Vzorci so bili vzeti iz surovih še ne obdelanih in površinsko obdelanih lepljencev iz lesa smreke in macesna, dva vzorca okenskih profilov podjetja M SORA, in sicer s površinsko obdelavo in brez nje, vzorca okenskih profilov tipa »Jelovica« s površinsko obdelavo in brez nje, ter vzorec okna, starega približno 50 let s površinsko obdelavo in brez nje.

Vse izbrane vzorce je bilo potrebno najprej nažagati na manjše koščke (slika 13), saj jih je bilo potrebno še zmleti, da smo dobili les, ki je bil zmlet v prah. Med mletjem posameznih kosov je bilo potrebno čiščenje mlina, da ne bi prišlo do kontaminacij med vzorci.

Vsak vzorec zmlatega prahu smo natresli v posamezne kozarce, ki smo jih predhodno označili (v katerem kozarcu se bo nahajal ustrezen vzorec).

Ko so bili vzorci zmleti, smo s pomočjo stiskalnice (slika 14) izdelali tablete za analizo XRF. Vsak vzorec je bilo potrebno stisniti s tlakom 12 barov in tlak vzdrževati nadaljnjih 10 minut. Za vsak vzorec je bilo potrebno pripraviti po 3 tablete (slika 15).



Slika 12: Vzorci lesa, namenjeni za analizo



Slika 13: Mizna krožna žaga Proxxon (Ena.com)



Slika 14: Stiskalnica Chemplex za pripravo tablet



Slika 15: Pripravljene tablete za analizo

5 REZULTATI

5.1 KOLIČINE ONESNAŽIL V LESU

Kemijski element klor je prisoten v vseh vzorcih, v povprečju smo ga določili 300 ppm. Najvišjo koncentracijo je vseboval vzorec starih oken (602 ppm). Razlog prisotnosti klora v vseh vzorcih je v ostankih biocidov in površinskih premazov ter ostankih klora od soljenja cest med zimo. Upoštevati pa je treba, da je element klor prisoten v naravi, tako da ga nekatere lesne vrste že v naravnem stanju vsebujejo več. Koncentracija klora v lesu v veliki meri zavisi tudi od rastišča (slika 16, preglednica 2).

Najvišjo koncentracijo onesnažil po pričakovanjih vsebuje vzorec starih oken s površinskim sistemom. Ta vzorec vsebuje najvišjo koncentracijo cinka – 4402 ppm. Vzrok je v tem, da so bila ta okna premazana s starim belim alkidnim premazom, ki je bil izdelan iz sintetičnih veziv, železooksidnih in cinkofosfatnih antikorozijskih pigmentov in topil. Prisotnost svinca (533 ppm) je ravno tako povezana s premazi. V primeru, ko vzorec starih oken ne vsebuje premaza, so koncentracije onesnažil v lesu z izjemo klora (205 ppm) relativno nizke (slika 16, preglednica 2).

Razlog za prisotnost železa v neočiščenih vzorcih je verjetno oksidiranje žebeljev, vijakov, okovja. Zaradi korozije jekla, je železo difundiralo v les. Največ železa je sicer vsebovalo staro okno - 683 ppm, okno tipa »Jelovica« - 183 ppm in okno M SORA - 92 ppm (slika 16, preglednica 2). Železo ni problematičen element z vidika nadaljnje rabe ali predelave lesa, vendar predstavlja zanimiv indikatorski element, ki ga zaznavamo v odsluženem lesu.

Na drugem mestu se je po vsebnosti onesnažil pojavil vzorec, odvzet s površinsko obdelanega okna M SORA. Najvišja je prisotnost klora (457 ppm), sledi cink (264 ppm) (slika 16, preglednica 2), v majhnih vrednostih sledita še železo in svinec. Ti elementi izvirajo iz površinske obdelave lesa, klor pa so včasih dodajali tudi lepilnim mešanici, kot katalizator.

Vzrok za prisotnost cinka v premaznih sredstvih, je po vsej verjetnosti v tem, da so vsebovala cinkov oksid, ki deluje kot pigment in zaščita pred sevanjem UV.

Iz primerljive analize na okenskem okvirju vsebnosti koncentracij onesnažil je razvidno, da je bil cink opazen najpogosteje in v najvišjih koncentracijah, v povprečju ga je bilo 2336 ppm. Okno je bilo večkrat prebarvano, pri tem pa starega premaza niso odstranili (Humar, 2008).

Okno tipa »Jelovica« z barvo se je pojavil na tretjem mestu. V večjem deležu sta prisotna klor (187 ppm) in železo (238 ppm), ostale vrednosti so zanemarljive.

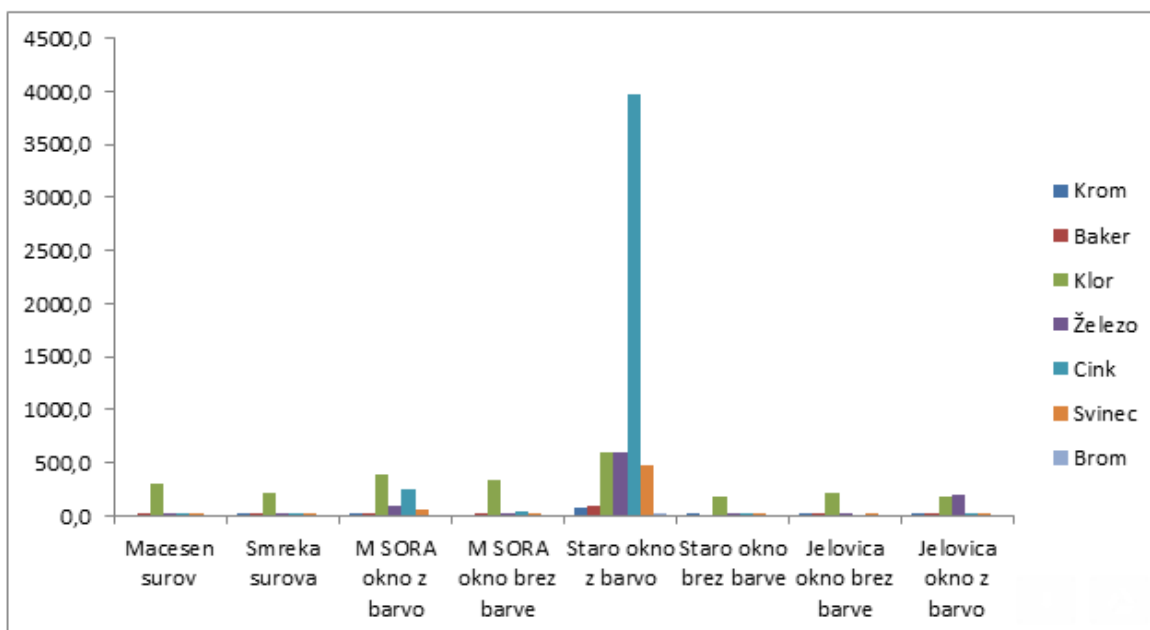
Les lepljencev iz macesna in smreke, okno M SORA brez barve, okno tipa »Jelovica« brez barve in staro okno brez barve so imeli manjše koncentracije onesnažil, v porastu je bila le koncentracija klora.

Krom, baker in brom so prisotni v zelo majhnih količinah (max 8 ppm) kar je presenetljivo, saj se bakrove in kromove učinkovine uporabljajo za zaščito lesa. Kakorkoli, bakrove in kromove spojine se večinoma uporabljajo za zaščito lesa v najostrejših pogojih kot so koli, telekomunikacijski drogovi, ... Okna so manj izpostavljena, zato zaščita s tako učinkovitimi pripravki ni potrebna.

Baker in krom zaznamo pri vzorcih iz starega okna, in sicer krom 92 ppm, baker 100 ppm in brom 14 ppm. Krom se je včasih uporabljal tudi kot samostojen dodatek površinskim premazom, saj je zelo učinkovito upočasnil fotodegradacijo (slika 16, preglednica 2).

Preglednica 2: Koncentracija onesnažil v odsluženem lesu

Oznaka vz.	Ponovitev	Krom	Baker	Klor	Železo	Cink	Svinec	Brom
Macesen surov	1	0	3	366	0	3	3	0
	2	0	4	294	5	4	3	0
	3	0	5	224	0	5	3	0
Smreka surova	1	1	2	282	2	10	2	0
	2	1	2	184	0	9	2	0
	3	4	1	174	13	11	3	0
M SORA okno z barvo	1	9	9	457	92	258	57	0
	2	10	11	365	92	247	51	0
	3	9	12	343	75	264	58	0
M SORA okno brez barve	1	0	6	357	27	31	9	0
	2	0	4	326	24	25	9	0
	3	0	6	310	31	49	16	0
Staro okno z barvo	1	84	91	589	585	3868	455	11
	2	92	100	602	683	4402	533	14
	3	72	86	594	553	3665	454	12
Staro okno brez barve	1	3	0	184	17	5	1	0
	2	4	0	174	16	5	1	0
	3	0	0	205	20	7	2	0
Jelovica okno brez barve	1	0	0	223	17	0	3	0
	2	1	0	206	12	0	1	0
	3	0	1	195	22	0	3	0
Jelovica okno z barvo	1	1	1	187	160	2	12	0
	2	1	2	183	238	6	17	0
	3	2	3	167	205	4	15	0



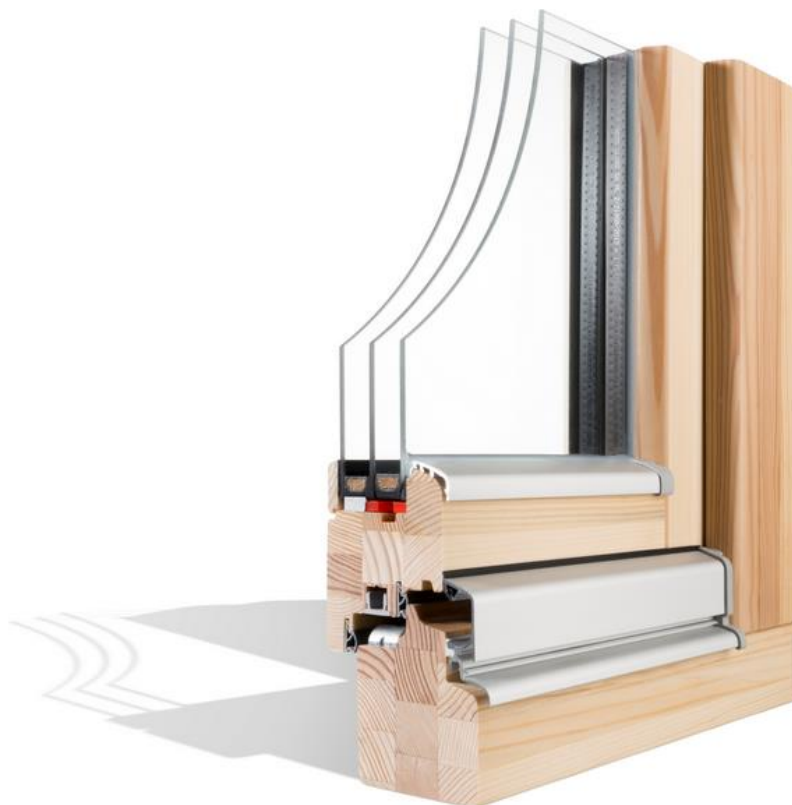
Slika 16: Koncentracija onesnažil v odsluženem lesu

5.2 IZDELAVA OKNA

Leseno okno iz odsluženega lesa je bilo izdelano iz kombinacije smrekovega in macesnovega lesa, v razmerju 1:1. Okno je bilo premazano s sredstvom za zaščito lesa pred glivami modrivkami in mehko trohnobo, temeljno brezbarvno barvo ter končnim brezbarvnim slojem z dodatkom »fine struktur« (slika 17).

Iz osmih lepljencev, širine 86 mm in debeline 72 ter dolžin 2×500 mm in 6×700 mm, smo izdelali leseno okno (tip Natura 3) velikosti 680×550 mm. Prečnik in pokončnik sta bila širine 68 in debeline 72 mm.

Sicer pa je bilo okno narejeno kot vzorčni primer, tako da smo sestavljeni okvir in krilo razrezali na štiri dele v kotnike, dimenzij 340×275 mm.



Slika 17: Kotnik M SORA Natura 3 iz odsluženega lesa (vir: arhiv M SORA d.d.)

Največjo težavo pri izdelavi okna je predstavljalo zamudno in dolgotrajno odstranjevanje tujkov (steklo, kovina, plastika, kit), ki so prisotni v starih oknih. Delo se lahko opravlja izključno ročno, saj je pri poplavi različnih profilov potreben natančen pregled vsakega kosa posebej, da se natančno odstranijo vsi tujki, saj bi lahko pri kasnejšem razrezu poškodovali rezila na strojih. Ker je na voljo veliko različnih dimenzij okvirjev in kril ter se iz le-teh ne more dobiti povsem enakih dimenzij lesa za lepljenje, sta potrebni iznajdljivost in preračunljivost izkoristka, saj je tak lepljenec lahko narejen iz več kot 10 kosov.

Izkoristek pri taki izdelavi je zagotovo majhen. Npr. iz profila 50×40 mm smo na koncu dobili le 30×28 mm preseka lesene palice. Odstranjenega lesa je ogromno, vendar ga lahko porabimo za energetske namene ali za izdelavo ploščnih kompozitov.

6 SKLEPI

Dandanes odslužen les dobiva vedno večjo veljavo in postaja pomembna surovina za izdelavo novih izdelkov iz lesa. Ker pa je bil tak les med uporabo onesnažen z različnimi kemikalijami (površinski premazi, biocidi, lepila, onesnažila, prisotna med transportom itd.), predstavlja za okolje nevaren odpadek.

Pri analizi vsebnosti koncentracij onesnažil smo ugotovili, da je bil klor zastopan v vseh 8 vzorcih v povprečni vrednosti 300 ppm. Najvišjo koncentracijo onesnažil je vseboval vzorec odvzet iz starih oken, kateremu nismo odstranili površinskega premaza. Vsebnost cinka je znašala kar 4402 ppm, vrednosti klora, železa, svinca, kroma, bakra in broma pa so bile v manjših vrednostih. Po nekaterih podatkih naj bi to okno bilo staro med 40 in 60 let, v tistih časih pa je bila barva narejena iz okoljsko spornih sestavin.

Poleg višje vrednosti klora je okno M SORA v večjem deležu vsebovalo še cink (264 ppm), okno tipa »Jelovica« pa železo (238 ppm), ostali kemijski elementi pa so bili prisotni v manjših koncentracijah.

Les lepljencev iz macesna in smreke, okno M SORA brez barve, okno Jelovica brez barve ter staro okno brez barve so imeli manjše koncentracije onesnažil.

Kontaminiran in odslužen les lahko s pravilno pripravo in obdelavo dodobra očistimo površin, če poskobljamo nekaj milimetrov lesa in s tem odstranimo površinske premaze in še nekaj lesa, v katerega so penetrirali premazi.

Iz takega lesa smo izdelali leseno okno, dimenzij 680 mm × 550 mm, ter ga površinsko obdelali s sredstvom proti glivam modrivkam ter mehki trohnobi in brezbarvnim premazom. Pri sami izdelavi okna iz odsluženega lesa se nismo ozirali na dejstvo, da naredimo okno z najboljšim izkoristkom in s čim cenejšo izdelavo, ampak smo želeli na trg plasirati z novo, svežo idejo, ki bo pritegnila potencialne kupce.

Prednost odsluženega lesa je med drugim v tem, da je njegovo delovanje v prečni, vzdolžni in tangencialni smeri skoraj zanemarljivo, saj se je skozi leta dodobra »uležal« in v sami obdelavi ne povzroča težav.

7 VIRI

Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.

Direktiva Sveta 1999/13/ES z dne 11. marca 1999 o omejevanju emisij hlapnih organskih spojin zaradi uporabe organskih topil v nekaterih dejavnostih in obratih, Uradni list Evropske unije, L 85/1, 5/Zv. 4, str. 108-13

EKOSTRAN. <http://www.ekostran.si/ravnanje-z-odpadki> (10.08.2015)

Erznožnik B. 2009. Razvoj okenskega profila. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 62 str.
http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs_ernoznik_blaz.pdf (20.08.2015)

Gambit trade d.o.o., EnaA.com.
http://www.ena.com/oddelki/conrad/izd_7249_co821034_namizna_krozna_zaga_zo_fin_o_rezanje (8. 9. 2015)

Hladnik J. 2009. Anorganska onesnažila v odsluženem lesu in ploščah iz dezintegriranega lesa. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 72 str.
http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs_hladnik_jurij.pdf, (04.07.2015)

Hočevar S. 2010. Analiza vzrokov onesnaženja lesnih ostankov z anorganskimi onesnažili v lesnem podjetju. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 24 str.
http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dv1_hocevar_simon.pdf (04.07.2015)

Humar M. 2015. Odslužen les – še neizkoriščen vir surovin v Sloveniji. Gospodarska zbornica Dolenjske in Bele krajine.
<http://www.gzdbk.si/si/aktualno/uspeh/detajl/?id=1202>, 2015, (10.8.2015)

Humar. M. 2007. Rentgenski fluorescenčni spektrometer (XRF) nova raziskovalna oprema na Oddelku za lesarstvo BF. Les, 59, 9-10: 261
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/users/1/lesarstvo/Raziskovalna_oprema/Les_2007_09-10_RentgFluorSpektro.pdf (10.08.2015)

Humar. M. 2008. Anorganska onesnažila v odsluženem lesu in ploščah iz dezintegriranega lesa, 101

KLP, d.o.o., 2015.

<http://www.klp.si/izdelek/rakoll-gxl-4-plus/>, (11.08.2015)

Leban I. 2015. Lastnosti lesa. Škofja Loka, Srednja lesarska šola Škofja Loka: 37-38

http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/lesarstvo_tapetnistvo/4-les_lastnosti.pdf, (8. 9. 2015)

Mizarstvo Kovač d.o.o., Lepljenci.

http://www.mizarstvo-kovac.com/2011/?page_id=87(Mizarstvo Kovač, 10.8.2015)

Monitoring and Control Laboratories, Suppliers of Leading Laboratory and Scientific Equipment

Razgoršek T., Znoj B. 2009. O razvoju premaznih sredstev na vodni osnovi. Barve govorijo, 28, 7: 1- 2

Stegne V. 2015. Stavbno pohištvo. 2015. Maribor, Lesarska šola Maribor: 6

http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/lesarstvo_tapetnistvo/vrste_stavbnega_pohistva.pdf
(26.8.2015)

Vranjek M. 2009. Površinska obdelava in zaščita lesa. Ljubljana. Lesarska šola Maribor, Ljubljana, Zavod IRC: 6- 7

ZAHVALA

Najprej bi se rad zahvalil somentorju dr. Alešu Ugovšku za vso pomoč pri izdelavi seminarske naloge med praktičnim usposabljanjem in še med pisanjem diplomskega projekta.

Zahvala gre tudi mentorju dr. Mihi Humarju ter podjetju M SORA d.d., da mi je omogočilo izdelavo lesenega okna iz odsluženega lesa.