

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Nejc NARDIN

**IDEJNI TEHNOLOŠKI PROJEKT ZA IZDELAVO KRIŽNO  
LEPLJENEGA LESA**

DIPLOMSKI PROJEKT  
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**CONCEPTUAL TECHNOLOGICAL PROJECT FOR THE  
PRODUCTION OF CROSS-LAMINATED TIMBER**

B. SC. THESIS  
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2012

Diplomski projekt je zaključek univerzitetnega študija lesarstva prve stopnje. Delo je bilo opravljeno na Univerzi v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega projekta imenoval izr. prof. dr. Milana Šerneka, za somentorja dr. Mirka Kariža in za recenzentko doc. dr. Manjo Kitek Kuzman.

Mentor: izr. prof. dr. Milan Šernek

Somentor: dr. Mirko Kariž

Recenzentka: doc. dr. Manja Kitek Kuzman

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Nejc Nardin

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du1
- DK UDK 630\*833
- KG križno lepljen les/projektiranje tehnoloških procesov/izdelava plošč/stiskanje plošč
- AV NARDIN, Nejc
- SA ŠERNEK, Milan (mentor)/KARIŽ, Mirko (somentor)/ KITEK KUZMAN, Manja (recenzent)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- LI 2012
- IN IDEJNI TEHNOLOŠKI PROJEKT ZA IZDELAVO KRIŽNO LEPLJENEGA LESA
- TD Diplomski projekt (Univerzitetni študij – 1. stopnja)
- OP X, 42 str., 3 pregl., 6 sl., 11 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Izdelali smo idejni tehnološki projekt za izdelavo križno lepljenega lesa. V Sloveniji takega obrata še nimamo, se pa pojavlja zanimanje, zato je bilo smotno izračunati potrebno količino surovine in zmogljivosti strojev ter naprav, na osnovi katerih smo izbrali ustrezno tehnološko in transportno opremo. Da bi letno proizvedli 30.000 m<sup>3</sup> plošč, bi potrebovali 50000 m<sup>3</sup> desk. Da bomo uspešno zagotovili letno kapaciteto proizvedenih plošč, smo izračunali tudi potrebne kapacitete strojev. Izračunali smo tudi potrebno porabo poliuretanskega lepila, ki znaša 1551,8 kg dnevno. Za projekt takšnega obsega potrebujemo velike količine električne energije, stisnjenega in odsesanega zraka, zato smo izračunali tudi te potrebne parametre. Izbira lokacije je pomembna zaradi transportnih poti in lažjega dostopa, obenem pa je treba opredeliti možne vplive na okolje in projekt prirediti okoljevarstvenim zahtevam.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Du1
- DC UDC 630\*833
- CX cross-laminated timber/designing of technological processes/board making/board pressing
- AU NARDIN, Nejc
- AA ŠERNEK, Milan (supervisor)/KARIŽ, Mirko (co-supervisor)/KITEK KUZMAN, Manja (reviewer)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2012
- TI CONCEPTUAL TECHNOLOGICAL PROJECT FOR THE PRODUCTION OF CROSS-LAMINATED TIMBER
- DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
- NO X, 42 p., 3 tab., 6 fig., 11 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB We designed a conceptual technological project for the production of cross-laminated timber. In Slovenia we do not have such a plant, but there is an interest for it; so it is advisable to calculate the necessary amount of raw materials, machinery and equipment capacity, on the basis of which to choose the right technology and transport equipment. As a starting point we have chosen to produce 30,000 m<sup>3</sup> boards per year. According to calculations, we came to the conclusion that we need 50,000 m<sup>3</sup> of lumber. To produce sufficient annual capacity of panels, we also calculated the necessary capacity of machines. 1551.8 kg of polyurethane resin would be needed per day. A project of this magnitude requires huge amounts of electricity, compressed and sucked air; therefore, we also calculated the necessary parameters. Choice of location is important because of transportation routes and ease of access. To satisfy environmental requirements the project's potential impacts on the environment were identified.

## KAZALO VSEBINE

<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)</b> .....	<b>III</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)</b> .....	<b>IV</b>
<b>KAZALO VSEBINE</b> .....	<b>V</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC</b> .....	<b>VII</b>
<b>KAZALO SLIK</b> .....	<b>VIII</b>
<b>KAZALO PRILOG</b> .....	<b>NAPAKA! ZAZNAMEK NI DEFINIRAN.</b>
<b>OKRAJŠAVE IN SIMBOLI</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA .....	1
1.2 CILJ .....	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE .....	2
<b>2 SPLOŠNI DEL</b> .....	<b>3</b>
2.1 OBSTOJEČE STANJE .....	3
2.2 KAPACITETE .....	3
2.3 PREDSTAVNIKI PROIZVODNEGA PROGRAMA IN TEHNIČNA DOKUMENTACIJA .....	4
<b>3 TEHNOLOŠKI PROCES</b> .....	<b>6</b>
3.1 MOŽNI TEHNOLOŠKI PROCESI .....	6
3.1.1 Skladišče desk .....	6
3.1.2 Naprave za vhodno kontrolo .....	7
3.1.3 Skobljanje desk.....	7
3.1.4 Sekundarna priprava skobljanih desk .....	8
3.1.5 Čeljenje desk ali slojev na dolžino .....	8
3.1.6 Nanos lepila .....	8
3.1.7 Sestava križno lepljene plošče .....	9
3.1.8 Stiskanje plošče.....	9
3.1.9 Kontrola kvalitete.....	10
3.1.10 Brušenje površin plošč.....	10
3.1.11 Odrezovanje potrebnih delov .....	10
3.1.12 Označevanje in pakiranje.....	11
3.1.13 Transportne poti.....	11
3.1.14 Skladiščenje končnih izdelkov .....	11
3.2 OPIS IZBRANEGA TEHNOLOŠKEGA PROCESA IN TRANSPORTA .....	12
3.2.1 Potrebna tehnološka in transportna oprema.....	12
3.2.1.1 Skladišče desk .....	12
3.2.1.2 Vhodna kontrola .....	13
3.2.1.3 Dolžinsko spajanje in skobljanje desk ter razrez na dolžino.....	13
3.2.1.4 Širinsko lepljenje desk v sloje .....	14
3.2.1.5 Nanos lepila.....	14

3.2.1.6	Sestava križno lepljene plošče .....	14
3.2.1.7	Stiskanje plošče .....	15
3.2.1.8	Kontrola kvalitete .....	15
3.2.1.9	Brušenje površin plošče .....	15
3.2.1.10	Odrežovanje potrebnih delov .....	15
3.2.1.11	Označevanje in pakiranje .....	16
3.2.1.12	Skladiščenje končnih izdelkov .....	16
<b>3.2.2</b>	<b>Normativi in poraba.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>EKOLOŠKI VIDIK INVESTICIJE.....</b>	<b>25</b>
4.1	VPLIVI NA OKOLJE ZARADI PREDVIDENIH DEL .....	25
<b>4.1.1</b>	<b>Predhodno stanje.....</b>	<b>26</b>
4.2	VPLIVI NA OKOLJE MED SAMIM OBRATOVANJEM.....	27
4.3	PREDVIDENI UKREPI ZA ZMANJŠANJE ŠKODLJIVIH VPLIVOV NA OKOLJE .....	28
4.4	VARSTVO PRI DELU .....	30
4.5	VARSTVO PRED POŽAROM .....	31
<b>5</b>	<b>PRESKRBA S SUROVINAMI IN MATERIALI .....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>PRESKRBA Z ENERGIJO IN VODO .....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>LOKACIJA.....</b>	<b>36</b>
7.1	MAKROLOKACIJA .....	36
7.2	MIKROLOKACIJA .....	36
<b>8</b>	<b>PROJEKTNE NALOGE ZA OSTALE PROJEKTANTE .....</b>	<b>37</b>
8.1	PROJEKT GRADBENIH DEL .....	37
<b>8.1.1</b>	<b>Visoke gradnje.....</b>	<b>37</b>
<b>8.1.2</b>	<b>Nizke gradnje.....</b>	<b>38</b>
8.2	PROJEKT ELEKTROINŠTALACIJ .....	38
8.3	PROJEKT ODSISOVANJA .....	38
8.4	PROJEKT STISNJENEGA ZRAKA.....	39
<b>9</b>	<b>NAČRTI.....</b>	<b>40</b>
<b>10</b>	<b>VIRI.....</b>	<b>41</b>

**ZAHVALA**

**PRILOGE**

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Poraba električne energije za stroje in naprave.....	33
Preglednica 2: Poraba stisnjenega zraka .....	34
Preglednica 3: Poraba odsesanega zraka za lesne ostanke.....	35

## KAZALO SLIK

Slika 1: Primer petslojne križno lepljene plošče (FPInnovations, 2011).....	3
Slika 2: Petslojna križno lepljena ploščča v praksi (Mayr-Melnhof Holz Holding AG, 2012). 4	
Slika 3: Štiristransko skobljane deske.....	7
Slika 4: Primer trislojne križno lepljene plošče .....	12
Slika 5: Shema linije za dolžinsko spajanje (Ledinek Engineering d.o.o., 2012).....	13
Slika 6: Odrezovanje potrebnih delov (Weinmann, 2012).....	16



## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

### OKRAJŠAVE

- poliuretansko lepilo – PUR
- emulzijsko polimerno izocianatno lepilo – EPI
- fenol-rezorcinol-formaldehidno lepilo – PRF

### SIMBOLI (enote)

- masa –  $m$  (g, kg)
- volumen –  $V$  ( $m^3$ )
- površina –  $A$  ( $m^2$ )
- hitrost –  $v$  (m/min)
- čas –  $t$  (s, min, h)
- pretok zraka pri normalnih pogojih –  $Q_n$  (l/min)

## 1 UVOD

Najbolj razširjena gradbena sistema po Evropi namenjena gradnji stanovanjskih objektov sta betoniranje in zidanje. Bistveno manj je prisotna gradnja z lesom. Spodbudno je dejstvo, da se delež lesene gradnje v zadnjem času razvija in širi, med drugim tudi zato, ker so na voljo novi lesni konstrukcijski kompoziti. V drugi polovici devetdesetih let 20. stoletja je bila razvita tehnologija sodobnega križno lepljenega lesa, ki v 21. stoletju doživlja razcvet. Zaradi vse ostrejših okoljevarstvenih zahtev križno lepljen les hitro pridobiva na pomenu, ker je les obnovljiv vir, hkrati pa pri izdelavi križno lepljenega lesa niso uporabljena lepila na osnovi formaldehida, kar prispeva k še manjšim izpustom nevarnih snovi v okolje. V primerjavi z lepljenim lameliranim lesom, ki je že dalj časa prisoten na tržišču, ima križno lepljen les sloje orientirane pravokotno glede na sosednji sloj, kar pripomore k boljši dimenzijski stabilnosti v prečni in vzdolžni smeri, hkrati pa zagotavlja dobro toplotno in zvočno izolacijo ter odpornost proti ognju.

### 1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Postavitev tehnološkega obrata za izdelavo križno lepljenega lesa bi lahko pozitivno vplivala na lesno industrijo v Sloveniji, saj bi glede na količino lesnih zalog, ki jih premore Slovenija, uspešno zapolnili vse potrebe po križno lepljenem lesu, s tem bi ob enem tudi dvignili raven uporabe lesa pri gradnji, ki ima glede na ostale gradbene materiale zelo ustrezne lastnosti. V obzir bi prišla, ne samo zapolnitev potreb slovenskega trga, temveč bi s postavitvijo takega tehnološkega obrata v sami lokalni in regionalni skupnosti dvignili število delovnih mest.

## 1.2 CILJ

Cilj diplomskega projekta je izdelava idejnega tehnološkega projekta za izdelavo križno lepljenega lesa s poudarkom na opisu tehnološkega postopka ter ureditvijo načrtov za postavitev tehnološkega obrata, ki bi bil sprejemljiv s strani okoljevarstvenih vidikov in vseh tehnoloških zahtev ter zahtev in povpraševanja s strani trgov o potrebah po križno lepljenem lesu.

## 1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Z idejnim tehnološkim projektom bomo, njegovo obratovanje ter vzdrževanje, podali bi izračun kapacitet, ki bi zadostovale potrebam trga ter kapacitete, ki bi jih z izbranimi stroji in napravami lahko izdelovali. Predvidevamo, da bi z ustrezno tehnologijo zagnali proizvodni program, ki bi nudil zadostne kapacitete križno lepljenega lesa za področje Slovenije in ob enem konkuriral tujim ponudnikom takšne oblike lesa.

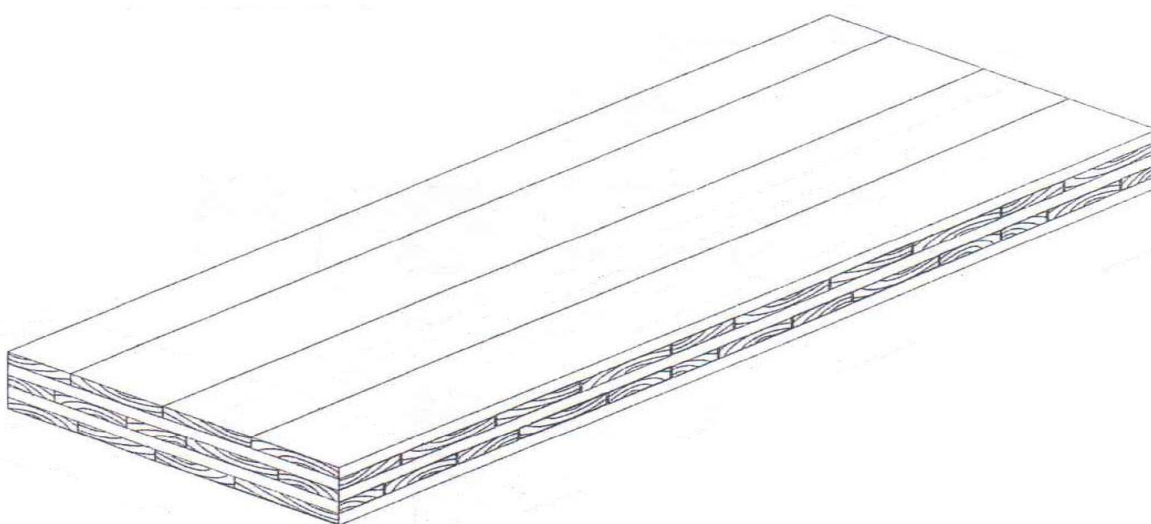
## 2 SPLOŠNI DEL

### 2.1 OBSTOJEČE STANJE

Tehnološki obrat, v katerem bomo izdelovali križno lepljen les, bo novogradnja, zato bomo morali izdelati zazidljivo, komunalno urejeno zemljišče, kar pomeni, da bomo uredili priključitev na javno električno omrežje, vodovod, telefonske priključke ter dostavne in intervencijske poti. Vse ostalo potrebno pa bomo zgradili po sedanjih predpisih o gradnji.

### 2.2 KAPACITETE

Predvideni obseg letne proizvodnje naj bi bil 30000 m<sup>3</sup> križno lepljenega lesa. Proizvajali bomo 250 dni na leto, v dveh izmenah na dan, kar pomeni, da bomo morali proizvesti 120 m<sup>3</sup> plošč dnevno oziroma 100 plošč dnevno, s skupnim volumnom plošče 1,2 m<sup>3</sup> (slika 1).



Slika 1: Primer petslojne križno lepljene plošče (FPInnovations, 2011)

### 2.3 PREDSTAVNIKI PROIZVODNEGA PROGRAMA IN TEHNIČNA DOKUMENTACIJA

V novozgrajenem obratu bomo izdelovali plošče iz križno lepljenega lesa smreke standardnih ter ostalih dimenzij odvisno od zahtev naročnika. Za osnovno surovino se najpogosteje uporablja les iglavcev, tehnično osušen na vlažnost 12 % ( $\pm 2$  %), s tem pa je zagotovljena naravna zaščita pred lesnimi škodljivci, kot so glive in insekti (KLH Massivholz GmbH, 2006).

Cilj tega projekta je izdelava načrtov za postavitev obrata za izdelavo takih plošč, ki bi ustrezale vsem zahtevam naročnikov, to pomeni 3, 5, 7 pa vse do 11 slojnih plošč, kajti te so najbolj pogoste (slika 2). Hkrati pa večje število slojev nebi bila omejitev, če bi to zahteval naročnik oziroma statične zahteve uporabe plošč.



**Slika 2: Petslojna križno lepljena plošča v praksi (Mayr-Melnhof Holz Holding AG, 2012)**

Najprej je potrebno določiti v kakšne namene se bo plošča uporabljala ali je to za stropne, talne ali stenske elemente. Standardne dimenzije plošč merijo v širino 2,40 m, 2,50 m, 2,72 m ter 2,95 m, kar predstavlja standardne višine etaž objektov, lahko pa segajo vse do 4 m. Največje dolžine plošč so 16,5 m, pri nekaterih proizvajalcih celo do 24 m, maksimalna debelina plošč pa sega do 0,50 m (CLT handbook : cross-laminated timber / FPInnovations, 2011).

Les namenjen izdelavi križno lepljenega lesa bomo kupovali od zunanjih dobaviteljev, ki bo najboljše kvalitete, ki še ustreza izdelavi in tehnološkim zahtevam križno lepljenih plošč. Les bo skladiščen na ustrezni vlažnosti, ki je potrebna za najbolj optimalne pogoje izdelave ter ustreznost uporabe plošč, če pa bo potrebno, ga bomo dodatno sušili na ustrezno vlažnost.

### **3 TEHNOLOŠKI PROCES**

#### **3.1 MOŽNI TEHNOLOŠKI PROCESI**

Tehnološki proces je eden izmed procesov, ki se pojavljajo v proizvodnji. Je eden izmed najbolj pomembnih, saj sama kvaliteta izdelkov vpliva na ugled blagovne znamke in podjetja kot celote. Potrebno je proučiti učinkovito postavitve tehnološkega procesa za idealno izrabo delovnega prostora, delovnih sredstev in predmetov dela, ki jih potrebujemo za uspešno delo ter prednost pred konkurenti na evropskih in svetovnih trgih. Eden izmed problemov, ki se pojavi pri proizvodnji križno lepljenega lesa, je v zadnji fazi pri transportu, saj lahko elementi oziroma križno lepljene plošče dosegajo velike mere, ki včasih ne ustrezajo meram prevoznih sredstev.

V fazi izdelave križno lepljenega lesa so možni naslednji tehnološki procesi, predstavljeni po posameznih fazah v nadaljevanju.

##### **3.1.1 Skladišče desk**

Pri skladiščenju desk je pomembno, da je zasnovano tako, da ustreza kapacitetam, ki jih potrebujemo za uspešno in efektivno proizvodnjo. Deske lahko prevažamo do naprav za vhodno kontrolo z ročnimi viličarji ali pogonskimi viličarji, lahko bi jih prenašali ročno ali pa bi imeli vakuumske transportne naprave, ki bi prenašale deske na valjčne transporterje. Vse to je odvisno od kapacitete proizvodnega obrata. V skladišču morata biti primerno vzdrževana temperatura in relativna zračna vlažnost, saj to vpliva na kakovost lepljenja in mehanske lastnosti plošč.

### 3.1.2 Naprave za vhodno kontrolo

Naprave za vhodno kontrolo so pri tej vrsti proizvodnje zelo pomembne, saj je za optimalno kakovost zlepljenja desk ter iz vidika varnostnih zahtev pomembno, da imajo deske primerne mehanske lastnosti, osušene na optimalno vlažnost. Lahko bi vhodno kontrolo opravljali vizualno ali s pomočjo mehanskih naprav z laserskim rentgenskim slikanjem ter napravami za ocenjevanje vlažnosti, ena izmed možnosti kontrole pa je tudi testiranje mehanskih lastnosti posameznih elementov. Pri vhodni kontroli se po preskušanju desk le te pošlje na izrez napak, kjer se izreže vse grče in ostale napake, ki bi lahko predstavljale oslabitev po zlepljenju v ploščo.

### 3.1.3 Skobljanje desk

Za boljšo oprijemljivost lepila in hkrati boljšo zlepljenost plošče je zelo priporočljivo skobljanje desk po vseh štirih straneh (S4S), saj se deske lahko spajajo dolžinsko ali tudi širinsko, zato bomo potrebovali zmogljiv stroj z visoko pretočnostjo, da bomo lahko dosegali zadostno kapaciteto in bili v koraku s konkurenti.



Slika 3: Štiristransko skobljane deske



### **3.1.4 Sekundarna priprava skobljanih desk**

Za velike obrate z obsegom proizvodnje 30000 m<sup>3</sup>/leto in več križno lepljenega lesa je smiselna predpriprava posameznih elementov oziroma slojev ali plasti. Možnosti predpriprave slojev so, da deske širinsko lepimo, dolžinsko spajamo ali pa kombiniramo oba postopka in pripravimo sloj za večje plosče križno lepljenega lesa, vendar pa je operacija širinskega lepljenja za predpripravo posameznih slojev zelo redka oziroma se izplača samo za zunanje sloje, saj ni bistvene razlike med stroški, ki pri tem nastanejo ter kvaliteto proizvoda po končanem proizvodnem postopku.

### **3.1.5 Čeljenje desk ali slojev na dolžino**

Po končani sekundarni pripravi desk ali širinskem lepljenju sledi čeljenje desk ali slojev na dolžino. Lahko bi se odločili za ročni potezni čelilnik s katerim bi odrezovali plošče oziroma sloje ali pa bi uporabili avtomatiziran čelilni stroj, ki bi odrezoval s pomočjo procesorja in vnesenih podatkov glede na dolžino oziroma dimenzijo desk, slojev ali stiskalnice. Če desk ne sortiramo glede na dolžino ter za vse sloje uporabimo deske enake dolžine, potem lahko v tej fazi proizvodnje s čelilnikom odrezujemo prečno ter tako dobimo dimenzijo desk ali slojev, ki ustrezajo standardnim meram plošč, zahtevam naročnikov ali pa dimenzijam stiskalnice.

### **3.1.6 Nanos lepila**

Sledi operacija nanašanja lepila na posamezne deske ali sloje, če smo se odločili za širinsko lepljenje desk. Pri tej operaciji je možnost, da lepilo nanašamo ročno z valjčnimi nanašalkami ali pa imamo nanašanje lepila avtomatizirano, kar nam prihrani veliko časa, energije ter lepila samega, saj ni izgub pri prekomernem nanašanju lepila. Računalniško vodena operacija natančno odmeri količino lepila, za vsako desko oziroma sloj, pri vsakem potrebnem nanosu. Za avtomatiziran proces nanašanja lepila je najbolj primerna izvedba ekstrudiranja, če so sloji že predhodno formirani oziroma širinsko lepljeni. Za lepljenje

križno lepljenih plošč se uporabljajo fenol-rezorcinol-formaldehidna (PRF), emulzijska polimerna izocianatna (EPI) in poliuretanska lepila (PUR). Najpogosteje uporabljena lepila so poliuretanska, ki so lahko enokomponentna ali dvokomponentna, uporaba lepila pa je vezana glede na uporabo same plošče.

### **3.1.7 Sestava križno lepljene plošče**

Za najbolj kakovostno zlepljenost plošče je potrebna velika pozornost pri sestavljanju plošče oziroma pred tem posameznega sloja. Najbolj učinkovita rešitev pri sestavljanju posameznega sloja je, da se sosednji deski orientira tako, da se ne stikata deski na mestih kjer je bila skorja, ampak se jih obrača tako, da sta deski druga ob drugi, ena s strženom, druga z delom, kjer je bilo lubje. S tem omejimo možnost zvijanja slojev ali plošč. Čas sestave je definiran kot interval med nanosom lepila na prvo desko oziroma sloj ter stiskanjem. Predvsem moramo paziti, da ne prekoračimo vmesnega časa lepila, ki je naveden v specifikaciji lepila. Če bi sloje predpripravili s širinskim lepljenjem, potem bi izbrali tehnologijo vakuumskih prijemalk, s katerimi je možna hitra sestava plošč, s pravokotnim obračanjem posameznih slojev glede na prejšnjega. Če pa slojev ne bi sestavljali v postopku širinskega spajanja, vendar bi sloje sestavljali iz posameznih desk potem bi se odločili za ročno sestavljanje.

### **3.1.8 Stiskanje plošče**

Stiskanje plošče je verjetno najbolj pomembna faza v proizvodnji križno lepljenega lesa, saj je ustrezna zlepljenost ključnega pomena za kvaliteto plošče. Za stiskanje križno lepljenih plošč sta najbolj pogosti dve vrsti stiskalnic in sicer vakuumška in hidravlična stiskalnica. Bolj pogosta je hidravlična stiskalnica, saj lahko proizvede bistveno večji vertikalni in horizontalni tlak na ploščo kot vakuumška stiskalnica. Horizontalni oziroma stranski tlak na ploščo je potreben, da zagotovimo čim manjši prostor med deskami, ki tvorijo sloj plošče. Če pred samim stiskanjem plošč pred pripravimo sloje s širinskim lepljenjem, ni potreben stranski tlak hidravlične stiskalnice. Za ustrezen stranski tlak na

ploščo morajo biti dolžine pravokotnih deske na potek proizvodnje krajše od vzdolžnih desk glede na potek proizvodnje. Nekatere stiskalnice omogočajo stiskanje več križno lepljenih plošč hkrati, kar poveča produktivnost. Med samim stiskanjem je potrebno, da zagotovimo ustrezno temperaturo zaradi boljšega in hitrejšega utrjevanja lepila oziroma lepilne mešanice.

### **3.1.9 Kontrola kvalitete**

Po postopku stiskanja plošč v stiskalnici, sledi postopek kontrole kakovosti zlepljenosti plošč. To stopnjo proizvodnje lahko opravimo s pomočjo računalniško vodenih sistemov in kamer, sistem, ki ga uporabljajo za furnir in vezan les, vendar so za bolj učinkovito kontrolo kakovosti križno lepljenih plošč potrebne dodatne raziskave, zato je pomembno, da že med predhodnimi procesi sestave plošče ter tudi med procesom kontrole kakovosti izvajamo kontrolo tudi ročno oziroma s prostim očesom ter drugimi možnostmi kontrole.

### **3.1.10 Brušenje površin plošč**

Brušenje površin je neobvezna operacija odvisna od namena uporabe plošče ali od zahtev uporabnika. Za brušenje površin bi lahko uporabljali mehansko vodene stroje za brušenje površin in robov.

### **3.1.11 Odrezovanje potrebnih delov**

Za postopek izžagovanja je najbolj primerna oprema CNC stroj, ki je računalniško voden ter visoko natančen. Na tem mestu moramo za potrebe uporabnika izvršiti proces, s katerim izžagamo potrebne odprtine za vrata in okna, sklepne spoje in ostale dele, potrebne za vgradnjo. Odrezovanje oziroma izrezovanje mora biti striktno kontrolirano za največjo natančnost, v primeru manjših napak pa so popravki v tej fazi opravljeni ročno.

### **3.1.12 Označevanje in pakiranje**

Označevanje plošč je zelo pomembno, saj zagotavlja, da je element natančno določen s pravimi podatki, pravilno dostavljen in vgrajen, hkrati pa pomeni za konstruktorje ter dobavitelje možnost preverjanja verodostojnosti plošče. Za to operacijo bi lahko izbrali ročno pritrjevanje natisnjenih nalepk ali pa avtomatiziran stroj, ki bi sam lahko opravljal to funkcijo.

### **3.1.13 Transportne poti**

Možnosti transportnih poti znotraj proizvodnje je veliko, odvisne pa so tudi od faze v kateri se izdelek nahaja. Za transport desk se lahko uporabljajo gnani ali negnani valjni transporterji, za premostitev posameznih slojev plošč lahko uporabljamo vakuumska prijemala ali naprave, za težje predmete, recimo križno lepljene plošče ali večje število letih lahko uporabimo mostne stropne žerjave. V skladiščih se ponavadi uporablja viličarje na električni, plinski pogon ali pa uporabljajo za pogon druga druge vrste goriv.

### **3.1.14 Skladiščenje končnih izdelkov**

V skladiščih končnih izdelkov so le-ti ločeni od same procesa proizvodnje, predvsem zaradi varnosti, moramo pa jih hraniti v suhih pogojih ter varovati pred vremenskimi vplivi. Prav tako pa morajo biti plošče primerno zaščitene pred različnimi vplivi okolja med samim transportom, skladiščenjem na mestu gradnje in med gradnjo objekta.

### 3.2 OPIS IZBRANEGA TEHNOLOŠKEGA PROCESA IN TRANSPORTA

Investitor načrtuje izgradnjo proizvodnega obrata križno lepljenega lesa, zato smo za ta proces predvideli naslednje tehnološke in transportne procese. Kot predstavnika proizvodnega programa smo izbrali trislojno ploščo (slika 4).



**Slika 4: Primer trislojne križno lepljene plošče**

#### 3.2.1 Potrebna tehnološka in transportna oprema

##### 3.2.1.1 Skladišče desk

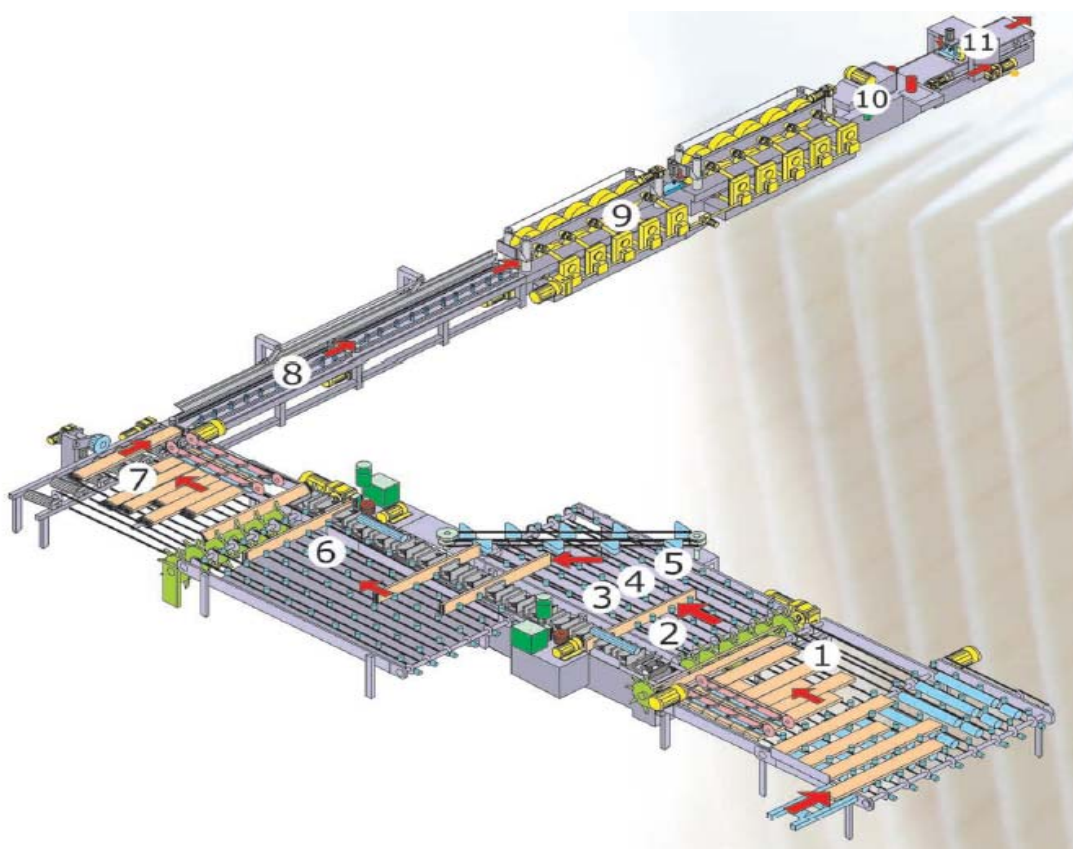
- Naprave za vzdrževanje ustrezne klime v skladišču (vlažilci zraka, ogrevanje, ventilatorji);
- Gasilni aparati in omare z dodatno gasilno opremo;
- Dva čelna viličarja na električni pogon z nosilnostjo 600 do 2000 kg znamke Hyster J1.6-2.0XN;
- V skladišču bosta zaposlena dva delavca za upravljanje z viličarjema.

### 3.2.1.2 Vhodna kontrola

- Optimirna čelilna linija za izžagovanje napak znamke MPCNC 250 FAST (Most d.o.o.) z napravo za avtomatsko doziranje, s strojem za avtomatski prečni rez različnih presekov, iglavcev ali listavcev ter avtomatska sortirnica;
- Za optimiranje bomo potrebovali dva delavca, enega za označevanje napak s kredo, drugega pa za zlaganje razrezanih desk na odlagalnico v vmesnem skladišču.

### 3.2.1.3 Dolžinsko spajanje in skobljanje desk ter razrez na dolžino

- Po izvedenih računih bi morali za uspešno izvajanje štiristranskega skobljanja uporabiti stroj z možnostjo izdelovanja 34 spojev/min;
- Izberemo stroj Kontizink K40 (možnost 40 spojev/min), podjetja Ledinek Engineering d.o.o. (slika 4);



Slika 5: Shema linije za dolžinsko spajanje (Ledinek Engineering d.o.o., 2012)

- Linija dolžinskega spajanja je popolnoma avtomatizirana, opravlja funkcijo izžagovanja desnega in levega zobatega spoja, nanašanje lepila na zobati spoj, spajanje desk, skobljanje desk s strojem Superles 300 (Ledinek Engineering d.o.o.) ter na koncu tudi razrez dolžinsko spojenih lamel na poljubno dolžino;
- Za delo na stroju bo zadolžen upravljavec stroja.

#### 3.2.1.4 Širinsko lepljenje desk v sloje

- Za širinsko spajanje desk v sloje bomo uporabili napravo ProfiPress-T (Weinig AG), z možnostjo spajanja različnih dimenzij;
- Dimenzije stiskalnice so primerne oziroma zagotavljajo zmogljivost lepljenja dimenzij potrebnih za naše plošče;
- Za delo na stroju bomo imeli zaposlena dva delavca.

#### 3.2.1.5 Nanos lepila

- Plošče iz širinsko lepljenih lamel bomo s pomočjo valjčnih transporterjev pripeljali do mesta za formiranje plošče in nanašanja lepila na sloje;
- Lepilo na posamezne sloje plošč bi nanašali s pomočjo stroja OEST OA 100 T;
- Opis nanosa lepila je v naslednjem poglavju (3.2.1.6).

#### 3.2.1.6 Sestava križno lepljene plošče

- Pred nanosom lepila bi posamezne sloje bi s pomočjo vakuumskih prijemalk oziroma transporterjev Bergstedt TLF440, odlagali na posebno mizo oziroma sestavljalnico;
- Na prvi sloj bi nanesli lepilo, nato nanj, s pomočjo vakuumskega transporterja položili drugi sloj, nanesli lepilo in položili nanj tretji sloj;
- Plošče bi nato s pomočjo valjčnih transporterjev peljali do stiskalnice.
- Za upravljanje s strojem in sestavljanju plošče bomo potrebovali dva delavca.

### 3.2.1.7 Stiskanje plošče

- Za stiskanje plošč bi uporabili stiskalnico X-Press 12 (Ledinek Engineering d.o.o.);
- V enem stiskanju bi, zaradi dolžine plošč in dimenzij stiskalnice, stiskali 3 plošče naenkrat, ker bi s tem prihranili na času in energiji.

### 3.2.1.8 Kontrola kvalitete

- Po končanem postopku stikanja bi plošče preko valjčnih transporterjev peljali na postopek brušenja, kjer bi dva zaposlena, ki bi ocenjevala kakovost zlepljenosti plošč.

### 3.2.1.9 Brušenje površin plošče

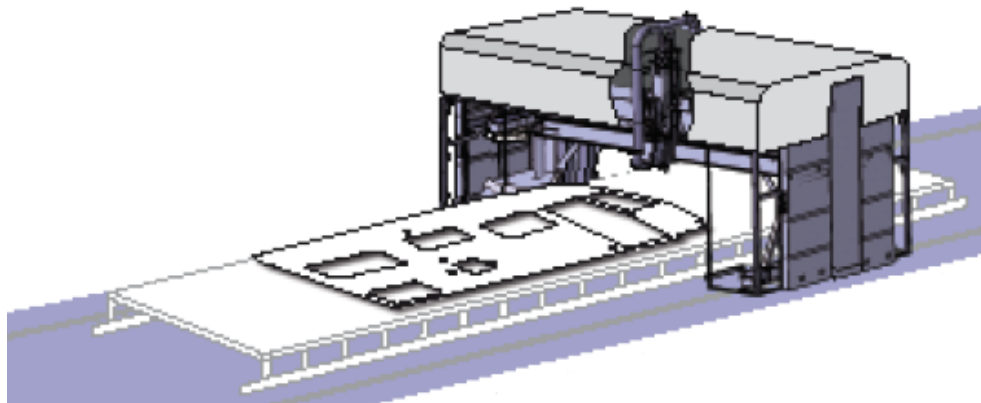
- Brušenje plošč oz. površinsko skobljanje bi opravljali s strojem KSA 8, podjetja Heesemann;
- Gre za široki brusilni stroj, ki ima možnost širine brušenja do 2600 mm, kar zadostuje našim zahtevam;
- Zaradi kakovostnega stikanja s pomočjo preše X-Press 12, bo brušenje površin po stiskanju minimalno.

### 3.2.1.10 Odrezovanje potrebnih delov

- Pri izžagovanju potrebnih delov izhajamo predvsem oz. zahteve posameznega naročnika in iz načina vgradnje izdelka, ali je to stenski, talni ali stropni element oziroma plošča;
- Za odrezovanje potrebnih delov na sami plošči bomo uporabljali procesni center za razrez plošč WMP 140, podjetja Weinmann (slika 5);
- Za procesno postajo bosta zadolžena dva strokovnjaka in dva delavca za pomoč pri



obdelavi in transportu plošč.



Slika 6: Odrezovanje potrebnih delov (Weinmann, 2012)

#### 3.2.1.11 Označevanje in pakiranje

- Za označevanje je pomembno preveriti vse potrebne lastnosti plošč in to na koncu tudi overiti, kar je ponavadi opravljeno s stampilkami, ki nosijo oznake, da je izdelek skladen s standardi oziroma se le tega lažje identificira ob predaji blaga.

#### 3.2.1.12 Skladiščenje končnih izdelkov

- V skladišču končnih izdelkov moramo zagotoviti pravo vlažnost in temperaturo, da se ne bi plošče pred vgraditvijo preveč navlažile;

### 3.2.2 Normativi in poraba

Najprej smo izračunali možne odstotke ostankov na podlagi tehnološki operacij v postopku proizvodnje.

Za sestavo križno lepljenih plošč smo izbrali dve dimenziji desk, 45 mm x 180 mm ter 25 mm x 140 mm. Če računamo, da pri skobljanju odvezamemo 5 mm materiala po straneh, po 2,5 mm na vsaki strani, dobimo sledeče dimenzije, in sicer 40 mm x 175 mm ter 20 mm x 135 mm.

$$1 - \frac{40 \text{ mm} \times 175 \text{ mm}}{45 \text{ mm} \times 180 \text{ mm}} = 0,1358 = 13,58\%$$

$$1 - \frac{20 \text{ mm} \times 135 \text{ mm}}{25 \text{ mm} \times 140 \text{ mm}} = 0,2286 = 22,86\%$$

Za skobljanje desk je predviden ostanek med 13,58 % in 22,86 %.

Pri izžagovanju napak je sledeče, če na enem metru in pol izrežemo 10 cm zaradi napake, imamo pa štiri metrske deske ter za izhodišče vzamemo, da se pojavi ena napaka na enem metru. Za drugo izhodišče pa smo povzeli izžagovanje napak po podjetju Hoja d.d., ki imajo predviden ostanek okoli 12 %. Ta ostanek smo upoštevali v nadaljevanju.

$$\frac{4 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} = 2,667$$

$$2,667 \times 10 \text{ cm} = 26,67 \text{ cm}$$

$$\frac{26,67 \text{ cm}}{400 \text{ cm}} = 0,0667 \times 100 = 6,67\%$$

Za izkoristek brušenja je potrebno poznati končne dimenzije plošč, v našem primeru je to 4 m v dolžino, 2,5 m v širino in 0,12 m debeline. Na podlagi teh podatkov lahko izračunamo izkoristek pri brušenju po sestavi plošč. Brušenje je minimalno, saj je med stiskanjem zagotovljen tudi stranski tlak, ki omogoča majhna odstopanja.

$$1 - \frac{4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}}{4,002 \text{ m} \times 2,502 \text{ m}} = 1 - \frac{10 \text{ m}^2}{10,013 \text{ m}^2} = 1 - 0,99870 = 0,13\%$$

$$1 - \frac{2,5 \text{ m} \times 0,12 \text{ m}}{2,502 \text{ m} \times 0,122 \text{ m}} = 1 - \frac{0,3 \text{ m}^2}{0,30524 \text{ m}^2} = 1 - 0,98282 = 1,72\%$$

Najnižje in najvišje možne izgube v postopku brušenja so med 0,13 % in 1,72 %, ker gre za zelo majhen odvzem materiala je tudi odstotek zelo majhen.

V primeru obreza plošč zaradi neskladij pri formiranju slojev plošč, je odstotek ostanka sledeč, če izžagujemo s 5 cm po ploskvi.

$$1 - \frac{4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}}{4,05 \text{ m} \times 2,55 \text{ m}} = 1 - \frac{10 \text{ m}^2}{10,3275 \text{ m}^2} = 1 - 0,96829 = 3,17\%$$

$$1 - \frac{2,5 \text{ m} \times 0,12 \text{ m}}{2,55 \text{ m} \times 0,125 \text{ m}} = 1 - \frac{0,3 \text{ m}^2}{0,31875 \text{ m}^2} = 1 - 0,94118 = 5,88\%$$

Najnižje in najvišje možne izgube v postopku obrezovanja so med 3,17 % in 5,88 %.

Seštejemo skupaj najnižji odstotek ostanka in najvišji odstotek za lažji izračun potrebnega volumna desk za proizvodnjo 30000 m<sup>3</sup> križno lepljenih plošč.

$$13,58 \% + 6,67 \% + 0,13 \% + 3,17 \% = 23,55 \%$$

$$22,86 \% + 12 \% + 1,72 \% + 5,88 \% = 42,46 \%$$

Proizvajali bomo 250 dni na leto, v 2 izmenah, potrebna kapaciteta pa je 30000 m<sup>3</sup> križno lepljenih plošč. Izračunamo koliko kubičnih metrov plošč je potrebnih izdelati v eni izmeni.

$$\frac{30000 \text{ m}^3}{250 \text{ dni} \times 2 \text{ izmeni}} = 60 \text{ m}^3$$

Izračunamo še število ur potrebnih za izdelavo 30000 m<sup>3</sup> križno lepljenih plošč, v dveh izmenah, 250 dni na leto, s faktorjem časa 0,85.

$$250 \text{ dni} \times 0,85 \times 7,5 \text{ h} = 1593,8 \text{ h}$$

Nato izračunamo koliko lesa bi potrebovali glede na oba izračunana odstotka ostanka.

$$\frac{30000 \text{ m}^3}{1 - 0,2694} = 39240 \text{ m}^3$$

$$\frac{30000 \text{ m}^3}{1 - 0,4569} = 52135 \text{ m}^3$$

V primeru nižjega odstotka ostanka je predvidena količina 39240 m<sup>3</sup> desk, v primeru najvišjega pa 52135 m<sup>3</sup>.

Za proizvodnjo 30000 m<sup>3</sup> križno lepljenih plošč bomo potrebovali 50000 m<sup>3</sup> desk, kar smo se odločili po izračunu predvidenih ostankov pri posameznih operacijah.

Nato izračunamo tekoče metre desk potrebnih za proizvodnjo 30000 m<sup>3</sup> križno lepljenih plošč. Dimenzije izbranih desk so 4 m x 0,175 m x 0,04 m.

$$\frac{50000 \text{ m}^3}{0,175 \text{ m} \times 0,04 \text{ m}} = 7142857 \text{ m}$$

Za izračun potrebne hitrosti izdelovanja zobatih spojev in hitrosti skobeljnega stroja smo se odločili, da je izžaganih napak 6,67 %.

$$7142857 \text{ m} - (7142857 \text{ m} \times 0,0667) = 6678571 \text{ m}$$

Za izračun potrebne kapacitete stroja za izdelovanje zobatih spojev v eni minuti, če delamo v eni izmeni je sledeč.

$$\frac{6678571 \text{ m}}{1593,8 \text{ h} \times 60 \text{ min}} = 69,8 \text{ spojev/min}$$

Ker bomo delali v 2 izmenah dobljeni rezultat delimo z 2, da dobimo pravilni rezultat potrebnih zmogljivosti.

$$\frac{69,8 \text{ spojev/min}}{2 \text{ izmeni}} = 35 \text{ spojev/min}$$

Liniji za izdelavo zobatih spojev sledi skobeljni stroj za skobljanje površin spojenih desk, zato izračunamo potrebno zmogljivost tudi za ta stroj.

$$\frac{6678571 \text{ m}}{250 \text{ dni} \times 7,5 \text{ h} \times 0,82 \times 2 \text{ izmeni} \times 60 \text{ h}} = 35 \text{ spojev/min}$$

Za naslednje operacije moramo izračunati kolikšna je poraba lepila pri dolžinskem spajanju in širinskem lepljenju.

Najprej lahko izračunamo kolikšna je poraba lepila za en sloj, ko lepimo sloje. Presek sloja je  $10 \text{ m}^2$ , nanos lepila pa je  $350 \text{ g/m}^2$ .

$$10 \text{ m}^2 \times 350 \text{ g/m}^2 = 3500 \text{ g/sloj} = 3,5 \text{ kg/sloj}$$

$$2 \times 3500 \text{ g/sloj} = 7000 \text{ g/sloj} = 7 \text{ kg/ploščo}$$

Poraba lepila za sloje, ker nanašamo samo na dve ploskvi, znaša skupaj 7 kg za eno ploščo.

S tem podatkom lahko izračunamo kolikšna je poraba lepila na dan, za lepljenje slojev, vendar moramo pred tem izračunati še volumen ene plošče, število vseh proizvedenih plošč in koliko jih naredimo na dan.

$$4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,12 \text{ m} = 1,2 \text{ m}^3$$

$$\frac{30000 \text{ m}^3}{1,2 \text{ m}^3} = 25000 \text{ plošč/leto}$$

$$\frac{25000 \text{ plošč/leto}}{250 \text{ dni}} = 100 \text{ plošč/dan}$$

$$100 \text{ plošč/dan} \times 7 \text{ kg} = 700 \text{ kg/dan}$$

Poraba lepila za lepljenje slojev znaša 700 kg na dan.

Izračunamo še porabo za širinsko lepljenje in dolžinsko spajanje. Pri širinskem lepljenju je presek plošče 2,5 m x 0,04 m, pri dolžinskem spajanju pa 4 m x 0,04 m, nanos pa je v obeh primerih 350 g/m<sup>2</sup>.

$$2,5 \text{ m} \times 0,04 \text{ m} = 0,1 \text{ m}^2$$

Potrebno je izračunati tudi kolikšno je število potrebnih desk oziroma lamel za en širinsko lepljen sloj, zaokrožimo navzdol, ker lepila ne nanesemo na zunanji dve deski.

$$\frac{4 \text{ m}}{0,175 \text{ m}} = 22,9 \text{ desk/dolžino plošče}$$

Izračunamo kolikšen je potreben nanos glede na presek plošče na katero nanašamo lepilo.

$$0,1 \text{ m}^2 \times 350 \text{ g/m}^2 = 35 \text{ g}$$

$$35 \text{ g} \times 22 \text{ desk} = 770 \text{ g} = 0,77 \text{ kg}$$

Za potrebni nanos na vzdolžni sloj dolžinsko oziroma zunanja sloja izračunamo po sledeči formuli.

$$4 \text{ m} \times 0,04 \text{ m} = 0,16 \text{ m}^2$$

$$\frac{2,5 \text{ m}}{0,175 \text{ m}} = 14,3 \text{ desk/širino plošče}$$

Izračunamo kolikšen je potreben nanos glede na presek plošče na katero nanašamo lepilo.

$$0,16 \text{ m}^2 \times 350 \text{ g/m}^2 = 56 \text{ g}$$

$$56 \text{ g} \times 14 \text{ desk} = 784 \text{ g} = 0,784 \text{ kg}$$

V naslednjem koraku izračunamo skupno porabo lepila za širinsko lepljenje in dolžinsko spajanje potrebno za 100 plošč na dan. Potrebno je biti pozoren, saj na sloje, ki so vzporedno s proizvodnjo nanesemo dvakrat več lepila, zaradi zunanjih slojev.

$$100 \text{ plošč/dan} \times 0,77 \text{ kg} \times 0,784 \text{ kg} \times 2 = 233,8 \text{ kg/dan}$$

Skupna poraba lepila za širinsko lepljenje in dolžinsko spajanje za 100 plošč na dan, znaša 233,8 kg.

Nato moramo določiti koliko je potrebnega lepila za nanos na zobate spoje. Pri zobatih je nanos, zaradi večjega vpijanja lepila v čelne površine desk  $350 \text{ g/m}^2$ . Najprej pa je potrebno določiti geometrijo zobatega spoja, to naredimo po standardu EN 387-2002, pri čemer je dolžina zoba 50 mm, razdalja med zoboma 12 mm, širina konice zoba pa znaša 2 mm.

$$\sqrt{(50 \text{ mm})^2 + (4 \text{ mm})^2} = 50,2 \text{ mm}$$

Nato izračunamo koliko zob je na širini ene plošče.

$$\frac{175 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} = 14,6 \text{ zob}$$

Sedaj lahko izračunamo površino vseh zob na enem spoju, na podlagi debeline deske, geometrije zobatega spoja, števila zob in dveh ploskev na enem zobu.

$$40 \text{ mm} \times 50,2 \text{ mm} \times 2 \times 14,6 \text{ zob} = 58519,7 \text{ mm}^2$$

$$58519,7 \text{ mm}^2 \times 10^{-6} = 0,059 \text{ m}^2$$

Površina vseh zob na enem spoju znaša 0,059 m<sup>2</sup>.

Iz izračuna zmogljivosti stroja za izdelavo zobatih spojev lahko prevzamemo koliko je maksimalna količina proizvedenih zobatih spojev, tj. 35 zobatih spojev na minuto, iz tega pa lahko nato izračunamo koliko jih lahko naredi stroj na dan. Faktor polnjenja zanaša 0,9.

$$35 \text{ spojev/min} \times 2 \text{ izmeni} \times 8 \text{ h} \times 60 \text{ min} \times 0,9 = 30171 \text{ zobatih spojev/dan}$$

Nato lahko izračunamo kolikšen je nanos na en zobati spoj.

$$350 \text{ g/m}^2 \times 0,059 \text{ m}^2 = 20,48 \text{ g}$$

Nanos na en zobati spoj pri površini vseh zob na eni deski 0,059 m<sup>2</sup> in nanosu 350 g/m<sup>2</sup>, znaša 20,48 g.

Izračun celotne porabe lepila na dan za zobate spoje je sledeč.

$$20,48 \text{ g} \times 30171 \text{ zobatih spojev/dan} = 617,9681 \text{ g/dan} = 618 \text{ kg/dan}$$

Sedaj lahko seštejemo skupaj celotno porabo lepila na dan za 100 plošč, porabo za zobate spoje, širinsko lepljenje in za lepljenje slojev.



$$700 \text{ kg/dan} + 233,8 \text{ kg/dan} + 618 \text{ kg/dan} = 1551,8 \text{ kg/dan}$$

Za proizvedenih 100 plošč dnevno porabimo skupaj 1551,8 kg lepila Purweld 1052.

Nato izračunamo število stiskanj za stiskalnico X-Press 12, podjetja Ledinek. Oznaka pomeni dolžino stiskalnice v tem primeru 12,050 metrov. Zato lahko v našem primeru ob dolžini plošč 4 metre stiskamo tri plošče naenkrat, zaradi boljšega izkoristka.

$$\frac{100 \text{ plošč/dan}}{2 \text{ izmena}} = 50 \text{ plošč/izmeno}$$

$$\frac{50 \text{ plošč/izmeno}}{3} = 16,7 \text{ stiskanj/izmeno}$$

Ker stiskamo hkrati 3 plošče v stiskalnici dobimo rezultat 17 stiskanj na izmeno.

V koraku brušenja plošč potrebujemo ustrezno hitrost brušenja, ki ponavadi pri brusilnih strojih znaša 3 – 15 m/min. Najprej izračunamo izdelano število plošč na uro.

$$\frac{25000 \text{ plošč}}{1593,8 \text{ h}} = 15,7 \text{ plošč/h}$$

Na uro bomo v podjetju izdelali 15,7 plošče križno lepljenega lesa.

$$15,7 \text{ plošč/h} \times 4 = 62,75 \text{ m plošč/h}$$

V eni uri bomo v podjetju zbrusili 62,75 tekočih metrov plošč.

$$\frac{62,75 \text{ m plošč/h}}{60 \text{ min}} = 1,05 \text{ m/min}$$

Potrebna hitrost za brušenje plošč je 1,05 m/min, kar pomeni, da bo zadostoval vsak stroj s hitrostjo brušenja več kot 1,05 m/min.

## 4 EKOLOŠKI VIDIK INVESTICIJE

Ekološki vidik investicije je izredno pomemben del investicijskega načrta za pridobitev potrebnih dovoljenj. Razdeljen je na stanje pred pričetkom gradnje, na stanje med samo gradnjo ter stanje med obratovanjem proizvodnega obrata. Zato je pomembno predstaviti vse pomembne vplive na okolje, ki nastajajo v vsaki fazi proizvodnega procesa.

### 4.1 VPLIVI NA OKOLJE ZARADI PREDVIDENIH DEL

Med izvajanjem proizvodnega procesa izdelave križno lepljenega lesa prihaja do najrazličnejših vplivov na okolje, ki so direktno povezani s samim procesom.

#### **Zrak:**

Med gradnjo objektov na področju izvajanja gradbenih del pričakujemo onesnaženost zraka s prašnimi delci, emisij izpušnih plinov gradbenih strojev ter tovornih vozil zaradi dovažanja in odvažanja odpadnih materialov.

#### **Voda:**

Zaradi izvajanja gradbenih del lahko pride do manjšega onesnaženja meteornih vod, hkrati pa zaradi vseh potreb pri gradnji lahko pride od povišane količine tehnoloških vod, ki jih bomo uporabljali za izgradnjo objektov.

#### **Tla:**

Dvigovanje prahu, ki bo posledica delovanja gradbenih in ostalih delovnih strojev, se konča z usedanjem prahu na utrjene in ozelenele površine, možnost pa je tudi rahlega onesnaženja tal z odpadnimi tehnološkimi vodami kot posledica gradnje objektov.

#### **Odpadki:**

Pri gradnji objektov nastanejo različni odpadki v oblikah kot so ostanki lesa, opek, peska, betona in ostalih materialov, ki jih uporabljamo pri gradnji. Zato bomo morali odpadke ustrezno ločevati oziroma odstranjevati, to pa bomo storili tako, da bomo lesne ostanke

sežigali oziroma jim bomo uporabili za kurjavo, ali pa oddajali drugim podjetjem, za ostale odpadke pa bo potreben odvoz na deponije ali pa zasipanje, vendar to ne velja za vodovarstvena območja.

**Hrup:**

Zaradi delovanja gradbenih in delovnih strojev lahko pričakujemo povečanje emisij hrupa. Zato bomo morali zagotoviti stroje, ki delujejo v območju z dovoljeno emisijo hrupa, ki ga sproščajo v okolje.

**4.1.1 Predhodno stanje**

Predhodno je treba preučiti stanje na mestu gradnje objekta, da bomo lahko kasneje predstavili stanje vpliva posameznih objektov gradnje na okolje.

**Zrak:**

Glavni problem onesnaženja v okolici gradnje objekta so predvsem izpušni plini zaradi prometa, ki poteka v bližini, hkrati pa zaradi kurišč med sezono kurjenja povečani izpusti ogljikovega dioksida v ozračje.

**Voda:**

V okolici planirane gradnje ne bo vodotokov ter tudi ne vodovarstvenih območij s pitno vodo. Odpadne vode bodo speljane v kanalizacijske odtoke, meteorne vode pa v ponikovalnice.

**Tla:**

Večjega onesnaževanja tal ne pričakujemo, lahko pa pričakujemo, da bo zaradi povišanega prometa rahla onesnaženost s strani prevoznih sredstev oziroma transporta.

**Odpadki:**

Komunalne odpadke se bo odvažalo v bližnjo komunalno deponijo.

**Hrup:**

Proizvodni obrat bo postavljen v nenaseljenem območju, tako da bo možnost motenj hrupa zelo majhna.

**4.2 VPLIVI NA OKOLJE MED SAMIM OBRATOVANJEM**

Tako kot med postavitvijo obrata se tudi med samim obratovanjem pojavljajo najrazličnejši vplivi na okolje.

**Zrak:**

Med obratovanjem bo potrebna centralna kurjava za ogrevanje hal ter tudi uravnavanje ravni temperature in vlažnosti zaradi lepil in uravnavanja vlažnosti lesa, ki je za naš izdelek izredno pomembna. To je še bolj izrazito predvsem v zimskem času oziroma v času kurilne sezone. Potrebno bo odsesovanje prašnih delcev, ki bodo nastajali v času priprave križno lepljenih plošč, predvsem pri štiristranski obdelavi desk oziroma slojev, brušenju plošč ter na končnem izžagovanju plošč na različne dimenzije. Ker bomo uporabljali lepila brez vsebnosti formaldehida ter topil, dodatne odsesovalne naprave za ta primer ne bodo potrebne.

**Voda:**

Odpadne vode, ki bodo nastajale v proizvodnem obrate oziroma v njegovi okolici, so predvsem komunalne vode ter meteorne vode v zunanjih področjih obrata predvsem streh in parkirnih površin.

**Tla:**

Vplivi na tla se pojavijo na parkirnih površinah obrata ter pri shranjevanju lepil, ki pa bo izvedeno tako, da bodo ti vplivi čim manjši oziroma skoraj nični.

**Odpadki:**

Med samim obratovanjem pričakujemo nastanek ostankov, ki jih predstavljajo predvsem žagovina in lesni ostanki zaradi skobljanja, žaganja, brušenja in izžagovanja ter

izrezovanja, k temu pa sodi tudi prah. Vse to bomo sežigali v peči. Hkrati nastajajo tudi ostanki lepil pri lepljenju plošč, vendar bomo le to lovili s potrebnimi napravami, lepila pa bomo hranili v cisternah.

**Hrup:**

Med samim obratovanjem objekta lahko pričakujemo hrup strojev za obdelavo lesa (skobeljni, brusilni, CNC stroji) ter dvižnih naprav in tudi stiskalnic ter kompresorjev potrebnih za doseganje visokih tlakov stiskanja. Hkrati pa bi hrup predstavljala tudi transportna sredstva za transport lesa ter končnih izdelkov, hkrati pa prevozna sredstva delovne sile, za prihod na delo in odhod iz dela.

#### 4.3 PREDVIDENI UKREPI ZA ZMANJŠANJE ŠKODLJIVIH VPLIVOV NA OKOLJE

**Zrak:**

Izpuščanje dimnih plinov iz kurilne postaje bo izpeljano preko elektrofiltrov, ki bodo pripomogli k zmanjšanju izpustov v okolje, hkrati pa bomo ob rednem čiščenju, merjenju ter beleženju podatkov emisij izpustov še dodatno pripomogli k zmanjšanju izpustov v okolje.

Za zmanjševanje emisij prašnih delcev, ki bodo nastajali v procesu preoblikovanja desk za križno lepljene plošče, bomo uporabljali odsesovalne naprave za žagovine in prah ter jih speljali v za to namenjene silose. To je uspešno le ob redni menjavi filtrov in pravilnem vzdrževanju naprav.

Emisija ob uporabi lepil za lepljenje križno lepljenih plošč bo zelo znižana saj bomo uporabljali lepila brez vsebnosti formaldehida in topil.

V zrak bo povišan izpust izpušnih plinov zaradi transporta proizvodov oziroma polproduktov v podjetje in iz njega, hkrati pa bo ob začetku in koncu delovnega dne povišan izpust izpušnih plinov zaradi prihoda in odhoda delavcev na delo oziroma iz dela.

### **Voda:**

Odpadne vode je potrebno medsebojno ločevati, to pa bomo uredili s sistemom odvajanja voda.

Komunalne odpadne vode, ki nastajajo za potrebe delavcev, je potrebno odvajati v komunalne odtoke oziroma kanalizacijske sisteme, ki ga bomo morali v ta namen dodatno zgraditi.

Padavinske vode iz ostrešij in parkirišč je potrebno ločevati od drugih odpadnih voda ter jih speljati v ponikalnice. Za parkirišča bomo uredili poseben sistem lovilcev olj in preko teh sistemov speljali meteorno vodo v ponikalnice. Sistemi morajo biti lahko dostopni za redne menjave in kontrole.

Tehnološke odpadne vode, ki bodo nastajale ob pranju nanašalnih naprav lepila, bo potrebno speljati preko usedalnika, ki pripomore k temu, da se delci lepila usedejo, preko čistilne naprave, kjer se nevtralizira pH in nato odteče voda.

### **Tla:**

Tla proizvodnih hal in parkirišč bomo ustrezno izvedli z asfaltiranjem ter s tem preprečili ali ublažili morebitna razlitja olj ali drugih komponent uporabljenih v proizvodnji. Hkrati bomo v proizvodni hali uredili zadrževalce v obliki sklede, ki bi nam v primeru razlitja lepil, ki jih bomo hranili v cisternah, preprečili odtekanje le teh v ponikalnico.

### **Odpadki:**

Ostanke čeljenja, skobljanja, brušenja in razžagovanja lesa bomo kurili v kurilni napravi. Ostanke lepil bomo sežigali v za to namenjenih komorah ali pa jih bomo odvažali na ustrezne deponije.

### **Hrup:**

Ker bo proizvodnja križno lepljenih plošč hrupna, bomo morali zgraditi proizvodne hale z ustreznimi protihrupnimi zahtevami, kar pomeni, da bo morala biti ustrezna debelina zidov,

ki bo preprečevala preveliko oddajanje hrupa v okolico, prav tako pa bomo morali vgraditi vrata in okna z ustrezno zvočno izolacijo. Med obratovanjem strojev je zelo priporočljivo, da so okna in vrata zaprta, saj skupaj z zidovi predstavljajo zvočno izolacijo in preprečujejo prekomerno izhajanje hrupa v okolico. Ta problem bomo rešili tako, da bomo ustrezno zmanjševali hrup že na izvoru in sicer tako, da bomo stroje zaprli v komore. Za prezračevanje proizvodnih prostorov bomo uporabljali prezračevalno napravo. Za zmanjševanje emisij hrupa v notranje prostore bomo stene obložili z zvočno izolativnimi ploščami.

#### 4.4 VARSTVO PRI DELU

Varstvo pri delu se začne takoj, ko nekaj pričnemo delati, ne gre samo za tehnološko delo. Potrebno je zagotoviti varno delo za vsakega posameznika v proizvodnem procesu, saj tam nismo sami ampak je okoli nas veliko ostalih ljudi, katerim lahko ob neprevidnosti hitro škodujemo, prav tako tudi sebi. Vsakega delavca je potrebno opozoriti in podučiti na nevarnosti, ki pretijo v proizvodnem procesu, naj bo to v bližini strojev, elektro in ostalih inštalacij. Za varstvo pri delu bo poskrbljeno v skladu z vsemi obstoječimi zakoni in predpisi.

Pogosto se v proizvodnji ne upoštevajo pravilniki o varstvu pri delu, zato velikokrat prihaja do poškodb. To bomo poskusili rešiti tako, da bomo nalepili pravilnike o pravilnem delu na vsak posamezen stroj. Danes se na strojih že uporabljajo zaščitni pokrovi, dvojna stikala in lovilci povratnih udarcev ter druge naprave, da se čim bolj omili verjetnost poškodb na delovnem mestu. Vsekakor je potreben velik poudarek kako se izogniti poškodbam in nevarnostim na delovnem mestu, saj je od tega ni odvisno le naše življenje ampak tudi življenje sodelavcev.

To področje ponavadi zahteva obširno dokumentacijo, zato bo za nas to opravila druga specializirana organizacija iz področja varstva pri delu.

#### 4.5 VARSTVO PRED POŽAROM

V lesarski industriji je nastanek požara zelo nepredvidljiv in lahko verjeten zaradi lesnega prahu in ostankov, ki so hitro gorljivi, hkrati pa v našem proizvodnem procesu upravljamo tudi z lepili, kar še povečuje možnost nastanka požara. Pri požarni varnosti je zelo priporočljivo, da med posameznimi enotami oziroma stopnjami proizvodnje postavimo vmesne stene, ki omejujejo požare, pomembno pa je, da so ti prostori ločeni s protipožarnimi vrati. Za boljšo varnost bomo zgradili notranje in zunanje hidrantno omrežje, za primere večjih požarov, za možnost gašenja manjših požarov pa bomo namestili gasilne aparate ter gasilne metle. Veliko požarov nastane v odsesovalnih napravah, zato lahko za boljšo previdnost vgradimo protipožarne lopute in merilce povišanih temperatur. Zato je v pomembno, da so v podjetju vsi seznanjeni kako ravnati v primeru požara oziroma kako vplivati na njegovo zmanjševanje.

Tako kot varstvo pri delu je tudi varstvo pred požarno samostojna, zelo zahtevna in obširna dokumentacija, ki jo bo za nas izdelala specializirana organizacija iz področja varstva pred požarom. Ta enota poleg požarne varnosti upošteva tudi pravila za eksplozijske in ostale zahteve, ki niso bile navedene, hkrati pa ta del obsega tudi gradbeni del in inštalacijska dela.



## **5 PRESKRBA S SUROVINAMI IN MATERIALI**

Podjetje se bo z materiali in surovinami preskrbovalo s strani slovenskih proizvajalcev lesa in lepil, hkrati pa ob pojavu nekonkurenčnosti ni izključena možnost dobavljanja materialov iz tujih trgov po Evropi.

Masivni les oziroma deske potrebne za proizvodnjo križno lepljenega lesa bomo pridobivali od najboljšega ponudnika na slovenskem trgu, za to smo izbrali, ki nam bo zagotovilo ustrezno zalogo žaganih in na ustrezno vlažnost sušenih desk za izdelavo križno lepljenih plošč.

Lepila potrebna za uspešno in kvalitetno lepljenje križno lepljenih plošč bomo pridobivali od podjetja K.L.P. d.o.o. iz okolice Mengša, ki je generalni zastopnik za lepila Purbond in Purweld, švicarskega podjetja Purbond. Lepilo nam bodo dobavljali v kontejnerjih z volumnom 1 m<sup>3</sup>.

## 6 PRESKRBA Z ENERGIJO IN VODO

V proizvodnem obratu za izdelavo križno lepljenega lesa bomo potrebovali različne oblike energije, ki bodo namenjene za delovanje strojev, transport obdelovancev, razsvetljavi delovnih prostorov, itn.

V preglednici 1 so podani potrebni viri električne energije za posamezne tehnološke stroje oziroma naprave.

**Preglednica 1: Poraba električne energije za stroje in naprave**

Stroj	Vrednost (kW)
<b>MPCNC 250</b> (optimizacija desk)	9
<b>KONTIZINK K40</b> (dolžinsko spajanje)	150
<b>SUPERLES 300</b> (skobljanje)	129
<b>PROFIPRESS T</b> (širinsko lepljenje)	20
<b>OEST OA 100 T</b> (nanos lepila)	5
<b>X-PRESS 12</b> (stiskalnica)	43
<b>KSA 8</b> (brušenje)	88
<b>WMP 140</b> (odrezovanje)	70
<b>TLF440</b> (vakuumska prijemalka)	39
<b>SKUPAJ</b>	<b>553</b>

Izračunati je potrebno skupno porabo električne energije za celo leto, če delamo v dveh izmenah, 8 ur na dan, 250 dni v letu, skupni izkoristek časa pa je 0,6.

$$553 \text{ kW} \times 2 \text{ izmeni} \times 8 \text{ h} \times 250 \text{ dni} \times 0,6 = 1,3272 \times 10^6 \text{ kWh/leto}$$

Groba ocena letne porabe električne energije znaša 1327200 kWh porabljene za tehnološke operacije.

**Preglednica 2: Poraba stisnjenega zraka**

<b>Stroj</b>	<b>Vrednost (Nl/min)</b>
<b>MPCNC 250</b> (optimizacija desk)	500
<b>KONTIZINK K40</b> (dolžinsko spajanje)	350
<b>SUPERLES 300</b> (skobljanje)	280
<b>PROFIPRESS T</b> (širinsko lepljenje)	110
<b>OEST OA 100 T</b> (nanos lepila)	30
<b>X-PRESS 12</b> (stiskalnica)	3200
<b>KSA 8</b> (brušenje)	90
<b>WMP 140</b> (odrezovanje)	140
<b>TLF440</b> (vakuumška prijemalka)	100
<b>SKUPAJ</b>	<b>4800</b>

Pri porabi stisnjenega zraka zopet upoštevamo, da delamo v dveh izmenah, 8 ur na dan, 250 dni v letu, skupni izkoristek časa pa je 0,6. Najprej je potrebno izračunati potrebno rezervo stisnjenega zraka, ob predpostavki, da je ta 40 %.

$$4800 \text{ Nl/min} \times 0,4 = 1920 \text{ Nl/min}$$

Rezerva stisnjenega zraka znaša 1920 Nl/min. Sedaj lahko izračunamo še potrebno kapaciteto kompresorja, potrebno pa je upoštevati tudi skupni izkoristek časa, ki je 0,12.

$$4800 \text{ Nl/min} \times 0,12 + 1920 \text{ Nl/min} = 2496 \text{ Nl/min}$$

Iz dobljenega rezultata lahko izračunamo približno porabo stisnjenega zraka.

$$2496 \text{ Nl/min} \times 250 \text{ dni} \times 8 \text{ h} \times 60 \text{ min} = 299,52 \times 10^6 \text{ Nl/leto}$$

**Preglednica 3: Poraba odsesanega zraka za lesne ostanke**

Stroj	$\varnothing$ ustja (mm)	Q zraka (m <sup>3</sup> /h)
<b>MPCNC 250</b> (optimizacija desk)	120	2850
<b>KONTIZINK K40</b> (dolžinsko spajanje)	140	3880
<b>SUPERLES 300</b> (skobljanje)	160	2533
<b>PROFIPRESS T</b> (širinsko lepljenje)	0	0
<b>OEST OA 100 T</b> (nanos lepila)	0	0
<b>X-PRESS 12</b> (stiskalnica)	0	0
<b>KSA 8</b> (brušenje)	250	6185
<b>WMP 140</b> (odrezovanje)	400	15834
<b>TLF440</b> (vakuumska prijemalka)	0	0
<b>SKUPAJ</b>	/	<b>31282</b>

Priključna vrednost porabnikov v tehnološkem procesu znaša 31282 m<sup>3</sup>/h. Letna količina odsesanega zraka je sledeča.

$$31282 \text{ m}^3/\text{h} \times 250 \text{ dni} \times 8 \text{ h} \times 0,12 = 7507680 \text{ m}^3/\text{leto}$$

Potrebna količina odsesanega zraka znaša 7507680 m<sup>3</sup>/leto.

Povprečna hitrost zraka v odsesovalnih ceveh je 35 m/s, količina pa je odvisna od premera ustja in zahtevane hitrosti zraka (Resnik, 2000).

## 7 LOKACIJA

### 7.1 MAKROLOKACIJA

Postavitev tovarne bo na lokaciji med Rakekom in Cerknico, odmaknjena od naselij. Proizvodni obrat bo lociran v tamkajšnji industrijsko-poslovni coni, le ta pa ima dobre prometne povezave, tako za dostavo materialov in surovin, kot za delavce, ki prihajajo na delo, saj je v bližini avtocestna povezava Ljubljana-Koper, regionalne in lokalne ceste, ki povezujejo Ribniško-Kočevoško regijo pa vse do Postojne.

### 7.2 MIKROLOKACIJA

Za proizvodno poslopje imamo izbrano tudi mikrolokacijo, ta pa se nahaja v industrijsko-poslovni coni Podskrajnik - II, med Cerknico in Rakekom. Urejeni so vse potrebni priključki za elektriko, vodo in ostali, ki jih bomo potrebovali za nemoteno delovanje v tehnološkem procesu. Na naši lokaciji bomo imeli dve skladišči, za vhodno surovino in končne izdelke v obliki križno lepljenih plošč, proizvodni obrat, silos za lesne ostanke, katere bomo uporabljali za ogrevanje prostorov in vzdrževanja potrebnih klimatskih pogojev. Prostor okoli obrata je asfaltiran, kar pomeni nemoten dostop, tako za transportna sredstva kot tudi delovno silo, za nas pa nekoliko nižje stroške postavitve obrata.

## 8 PROJEKTNE NALOGE ZA OSTALE PROJEKTANTE

### 8.1 PROJEKT GRADBENIH DEL

Projekt gradbenih del je razdeljen na visoke in nizke gradnje. Pod visoke se smatrajo vsi objekti, ki so nad zemljo, sem spadajo proizvodne hale, skladišča in ostali spremljajoči objekti. Za nizko gradnjo pa se obravnava vse kar se dela na in v zemlji, se pravi zunanja odprta skladišča, cesta, poti, deponije in ostale površine.

#### 8.1.1 Visoke gradnje

Proizvodne hale in skladišče, ki jih bomo gradili, spadajo pod visoke gradnje, zato je potrebno omeniti dimenzije skladišča in proizvodne hale. Dimenzije skladišča bodo sledeče in sicer dolžina 38 m, širina 24 m in svetla višina skladišča bo 6 m. Vratna krila bodo izdelana v protipožarni obliki, da se v primeru požara le ta ne širi na druge objekte. Ker bomo skladiščili suhe deske mora skladišče nuditi čim večjo toplotno izolativnost, saj se le te ne smejo navlažiti, zato mora biti omogočena vlažnost 10 – 14 %. Tla morajo zagotavljati nosilnost zložaja desk in viličarja, ob enem pa se ne smejo krušiti. Za razsvetljevanje prostora bomo uporabljali tako naravno kot tudi umetno svetlobo.

Dimenzije proizvodne hale bodo 70 m dolžine in 50 m širine, svetla višina pa bo tudi v tem primeru 6 m, saj moramo zagotoviti prostor za stropne vakuumske transporterje plošč. Osnovna nosilna konstrukcija bo tako kot za skladišče armirano betonska, hkrati pa jo bo potrebno zvočno izolirati, saj bo emisija hrupa zaradi lesnoobdelovalnih naprav zelo velik. Za razsvetljevanje prostora bomo uporabljali tako naravno kot tudi umetno svetlobo.

### 8.1.2 Nizke gradnje

Pri nizkih gradnjah je pomembna predvsem ureditev potrebnih priključkov (električni, vodovod, kanalizacija, telefonski, itd.). S strani občine, ki nam bo zagotovila ustrezen prostor, je v Industrijsko-poslovni coni Podskrajnik-II izdelana ustrezna infrastruktura že na samem zemljišču. Zato posebnih projektov ne bo potrebno izvajati, potrebno bo samo speljati potrebne priključke na ustrezna mesta v proizvodnem obratu.

## 8.2 PROJEKT ELEKTROINŠTALACIJ

Zagotoviti je potrebno električni priključek za priključitev strojev in naprav za njihovo delovanje. Nazivne priklopne moči strojev in naprav ter skupna moč je izračunana v poglavju 6.

Pri električni energiji za razsvetljavo v skladiščni in proizvodni hali, je potrebno zagotoviti tesnost vodov in svetil, da ne pride do kratkega stika ter primerno svetilnost za ustrezne delovne pogoje.

Za posebne električne inštalacije je potrebno zagotoviti varnostne razsvetljave in napeljave v primeru izpada elektrike, da ne pride do okvar strojev in ostalih neljubih dogodkov.

## 8.3 PROJEKT ODSESOVANJA

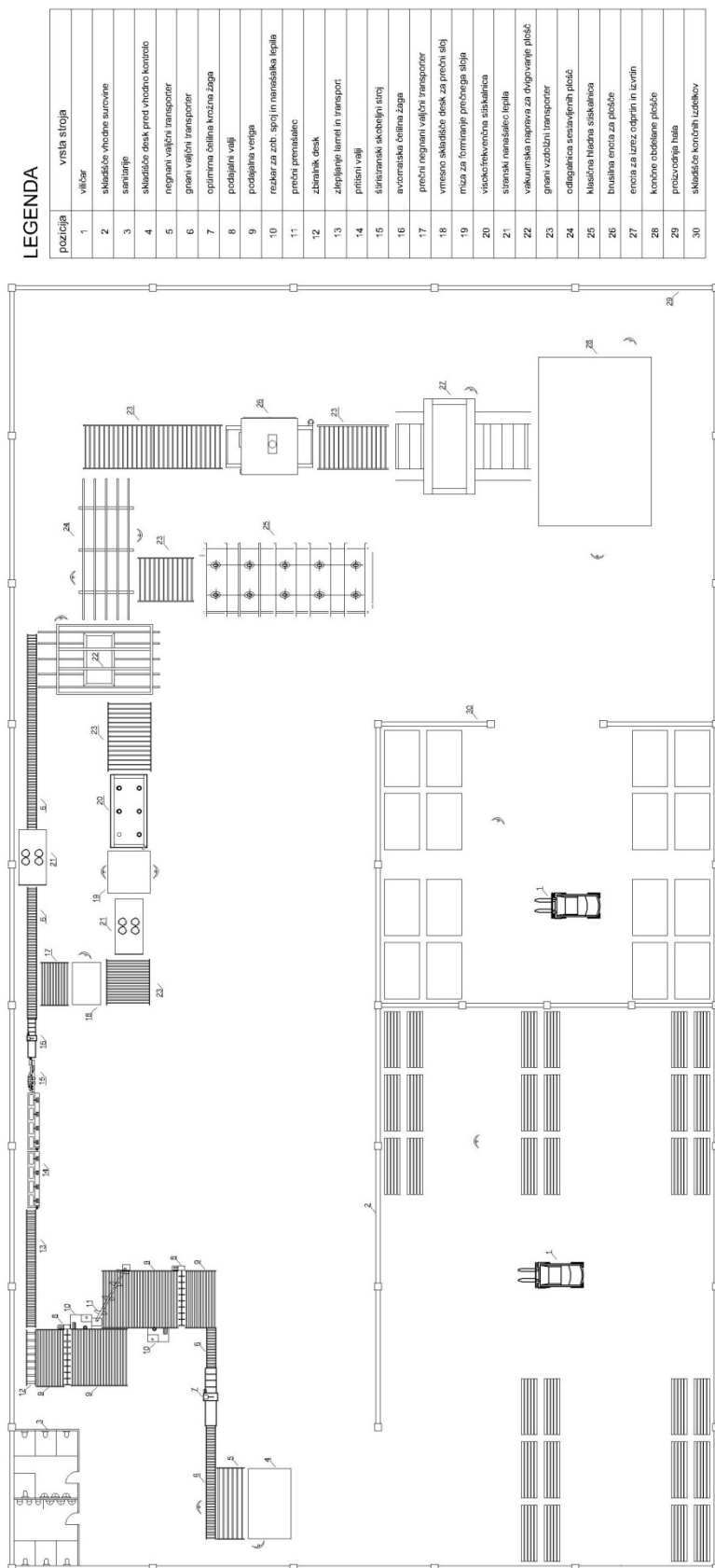
Projekt odsesovanja je izdelan s strani strojnih inženirjev, ki bodo projektirali cevno inštalacijo oziroma sistem odsesovanja. Potrebni podatki o odsesovalnih mestih pa so prikazani v poglavju 6, v preglednici 3. Podatki o lesnih ostankih so za projektanta sistema odsesovanja zelo pomembni in vsebujejo informacijo o lesni vrsti, ki jo bomo uporabljali (smrekovina), kakšna je vlažnost ostankov (10 – 14 %) in kakšnih dimenzij bodo ostanki.

#### 8.4 PROJEKT STISNJENEGA ZRAKA

Stisnjen zrak se bo uporabljal za pogon pnevmatskih sklopov obdelovalnih orodij. Povprečni tlak v lesnoobdelovalni industriji znaša 6 – 8 barov. Ustrezne nazivne vrednosti posameznih porabnikov so razdeljene v poglavju 6, preglednica 2. Potrebno je proučiti načrte proizvodnega obrata za lažjo postavitev razvodnih cevi stisnjenega zraka po proizvodnem obratu.



## 9 NAČRTI



## 10 VIRI

- Crespell P., Gaston C. 2011. The Value Proposition for Cross-Laminated Timber. FPInnovations: 21 str.  
<http://www.fpac.ca/publications/Value-CLT-2011%20NABC%20anaylisfinal.pdf>
- Datacopy Messerverlag GmbH. 2007. Ligna<sup>+</sup> Hannover 2007. Hannover, Deutsche Messe AG: 963 str.
- Dujič B. 2008. Konstrukcije iz križno lepljenih lesenih panelov – nova pot sodobnega gradbeništva. Les, 60, 11/12: 415-422
- EN 387-2002. Glued laminated timber, Large finger joints – Performance requirements and minimum production requirements. 2002: 12 str.
- Gagnon S., Pirvu C. 2011. CLT Handbook: cross-laminated timber. Quebec, FPInnovations: 380 str.
- Gornik Bučar D., Merzelj F. 1998. Žagarski praktikum. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 151 str.
- Jerman M. 2010. Nosilni elementi iz konstrukcijskega kompozitnega lesa. Diplomsko delo. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 94 str.
- Katalog 2009. 2009. KLP Group. 66 str.  
[http://www.klp.si/uploads/files/KLPKatalog2008\\_SI.pdf](http://www.klp.si/uploads/files/KLPKatalog2008_SI.pdf)
- Mandegarian A., Milev S. 2010. Cross laminated timber: Civil 510 – Term Project. University of British Columbia.  
[http://www.sigi.ca/engineering/civl510\\_2010/student\\_projects/Arshia%20Mandegarian/CLT%20Term%20Project%20by%20Arshia%20and%20Svet.pdf](http://www.sigi.ca/engineering/civl510_2010/student_projects/Arshia%20Mandegarian/CLT%20Term%20Project%20by%20Arshia%20and%20Svet.pdf)
- Merzelj F. 1996. Žagarstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 287 str.
- Resnik J. 2000. Tehnološko-tehnično projektiranje proizvodnih procesov v lesarstvu. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 151 str.
- Standard for Performance-Rated Cross-Laminated Timber. 2011. American National Standard Institute. APA – The Engineered Wood Association.  
[http://www.apawood.org/standards/PRG-320/PRG-320\\_80\\_percent\\_draft\\_\(clean\).pdf](http://www.apawood.org/standards/PRG-320/PRG-320_80_percent_draft_(clean).pdf)

## **ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem izr. prof. dr. Milanu Šerneku za pomoč in nasvete ter usmerjanje pri izdelavi diplomskega projekta. Zahvalil bi se tudi dr. Mirku Karižu, za pomoč pri samem oblikovanju diplomskega projekta in doc. dr. Manji Kitek Kuzman za strokovno recenzijo diplomskega projekta.

Zahvaljujem se družini in dekletu ter vsem prijateljem za vso podporo.

## **PRILOGE**

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Nejc NARDIN

**IDEJNI TEHNOLOŠKI PROJEKT ZA IZDELAVO  
KRIŽNO LEPLJENEGA LESA**

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2012