

Nacin proizvodnje i područje primjene lignomera u Poljskoj

Sažetak

Ispitivanja na području modificiranog drva s monomer stirenom pomoću toplinske polimerizacije rezultiralo je u razvoju originalne tehnologije i dovelo do izgradnje pokusnog pogona za proizvodnju artikla ovdje nazvanog lignomer. Ovaj materijal karakterizira velika dimenzionalna postojanost, poboljšana svojstva čvrstoće i otpornost na vanjske uvjete, te na napad biotskih agenasa. Materijal se može strojno obrađivati alatima koji se obično upotrebljavaju u drvno-prerađivačkoj industriji i namijenjen je za primjenu u poljoprivredi, za podove u zgradama predviđenim za uzgoj stoke, gospodarskim zgradama i staklenicima. Lignomer se može upotrebljavati za pojačanje željezničkih pragova, u konstrukcijama željezničkih vagona, lokomotiva i kontejnera.

Kalupi za lijevanje od lignomera imaju potrebni vijek trajanja tri puta dulji od drvenih kalupa.

Ključne riječi: modificirano drvo — proizvodnja i upotreba lignomera.

PRODUCTION, PROPERTIES AND POTENTIALS OF WOOD-PLASTIC COMPOSITES APPLICATION IN POLAND

Summary

Research in the field of wood modification with styrene monomer by means of thermal polymerization resulted in the development of original technology and construction of pilot plant for the manufacture of composite, called here lignomer. This material is characteristic by high dimensional stability, improved strength properties and resistance to outdoor conditions as well as to biotic agents attack. Material can be machined with tools usually used in woodworking industry, and is predisposed for application in agriculture as litterless flooring in cattle rearing, farm buildings and greenhouses. Lignomer can be used for strengthening of railway ties, construction of rolling stock and containers. Casting patterns made from lignomer have three times longer service life than wooden patterns.

Key words: wood modification — production and application of lignomer.

1. UVOD

Poznato je da drvo, materijal koji priroda stalno obnavlja putem biosinteze, zbog visoko organizirane strukture, ima niz vrlo korisnih osobina, a istodobno je opterećeno nizom nedostataka. Nedostatke drva nastojalo se do sada ograničiti. Prije svega to se vrši usitnjavanjem i ponovnim spajanjem ili stlačivanjem lignomona, kada se drvo najprije podvrgava obradi amonijakom, a zatim pritiskom. Svaki od tih načina narušavaju prirodnu mikrostrukturu drva i melioriraju nedostatak drva na račun njegovih vrhunskih svojstava.

Naša zadaća (tehnologa drva) treba da je težnja za melioriranjem nedostataka drva i za produženjem trajnosti njegove upotrebe, ali ne na račun prirode drva kao materijala nego dodavanjem drvu određenih tvari. Takve tvari jesu umjetni materijali, koji se odlikuju velikom otpornošću na djelovanje vode. Njih je potrebno privesti drvu u obliku čestica, tj. monomera. Polimerizirani u

drvu oni čine djelomično kopolimer s drvnom tvari (prirodni polimer) i tako bitno melioriraju nedostatke drva i poboljšavaju svojstva. Nasuprot tome, celulozni sekret drva, preuzevši umjetne tvari, poboljšava mu i trajnost.

Većina do sada provedenih istraživanja, usmjerenih na stvaranje kompozita drvo-polimer, oslanjala se na primjenu radijacijske polimerizacije. U tom slučaju trebalo je drvo dopremiti do visoko specijaliziranih postrojenja, opremljenih izvorom visoke energije, koja se obično nalaze u sveučilišnim mjestima. U tim istraživanjima primjenjivan je kao monomer najčešće skupi metakrylan metila. Za njegovo polimeriziranje potrebna je razmjerno mala doza zračenja. U slučaju primjene mnogo jeftinijeg monomera stirena, bila je potrebna vrlo visoka doza zračenja, koja dovodi čak do razaranja drva.

Osnovni nedostaci radijacijske polimerizacije jesu: neophodno potrebna veća investicijska ulaganja, visoke cijene uređaja i sigurnosne instalacije i bezuvjetno potrebno zapošljavanje visoko kvalificiranih specijalista. Iz navedenih razloga

* Prof. dr habil. Maciej Lawniczak, Poznanj

nije se znatno proširila proizvodnja materijalnog kompozita drvo-polimer primjenom radijacijske polimerizacije.

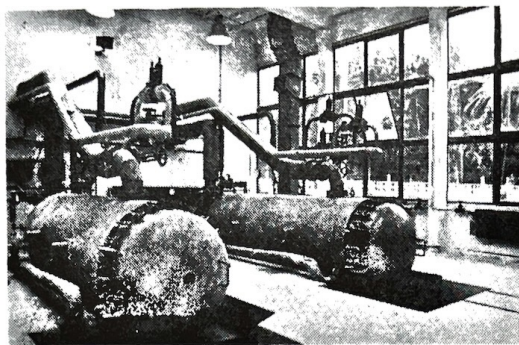
Poduzimajući istraživanja na prijelomu šezdesetih i sedamdesetih godina, pošli smo od osnove da proširenje proizvodnje novog materijalnog kompozita drvo-polimer zahtijeva obradu takve tehnologije proizvodnje koja će biti usklađena sa stanjem tehnike u drvnoj industriji. Tada se tvrdilo da za polimerizaciju monomera u drvu nije prikladna termička polimerizacija. Smatralo se da dovodom monomera drvu, a koji je o-karakteriziran niskom temperaturom vrijenja (metakrilan-metil 101^o C), ovaj pod utjecajem reakcije procesa polimerizacije biva udaljen iz drva prema van i uzrokuje opasnost od eksplozije. U našim istraživanjima nastojalo se ograničiti te propisane nedostatke termičke polimerizacije izborom odgovarajućeg uređaja inicijatora polimerizacije i pomoću izbora toplinskog medija i parametara termičke obrade (1,7—12, 15—17).

U Institutu mehaničke tehnologije drva Poljoprivredne Akademije u Poznanju (Instytut Mechanicznej Technologii Drewna Akademii Rolniczej Poznań) izrađena je originalna tehnologija proizvodnje kompozita drvo-polimer, koja je nazvana *lignomerom*. (To je ime načinjeno povezivanjem dva silaba: *ligno* — prema korijenu latinske riječi za drvo — *lignum* i *mer*, što je skraćenica za polimer). Treba dodati da se u proizvodnji lignomera iskorištava drvo onih vrsta koje su karakterizirane malom volumnom masom, niskom otpornošću, kao i kratkom trajnosti upotrebe i domaćom proizvodnjom monomer styrena.

Spomenuta tehnologija proizvodnje lignomera, putem termičke polimerizacije, jest prva poznata tehnologija modifikacije drva prilagođena tehničkim mogućnostima u drvnoj industriji. Nasuprot tome, poznate inozemne tehnologije osnivaju se na polimerizaciji zračenjem, a koje su karakterizirane velikim investicijskim ulaganjima i visokim troškovima proizvodnje.

Radi skraćivanja inovacijskog procesa, pod rukovodstvom autora, izrađen je pokusni uređaj za proizvodnju lignomera. Pokusno postrojenje, koje nije imalo nikakvih uzora, zahtijevalo je kako projektiranje tako i izradu prototipova uređaja i tehnoloških instalacija. U rujnu 1976. god. predano je u eksploataciju pokusno postrojenje za proizvodnju lignomera u mjestu Laski, vojvodstvo Kališko, na terenu pokusnog šumskog dobra u Siemianjicama, koje spada pod Poljoprivrednu Akademiju u Poznanju (slika 1). Proizvodnja lignomera u tehničkim razmjerima uohodala se u okviru 5 godina od časa pronalaska.

Cilj pokusnog postrojenja proizvodnje lignomera jest:



Slika 1. Pogon za proizvodnju lignomera, Laski

— usavršavanje prototipnih uređaja i tehnoloških instalacija, te točno određivanje tehnoloških parametara;

— skupljanje neophodnih podataka za izradu tipskog projekta uređaja za proizvodnju lignomera s učinkom 5 tisuća m³ godišnje;

— proizvodnja velikih informativnih dijelova za buduće korisnike, koji se pripremaju za primjenu u svojim poduzećima;

— ustanovljivanje najpodesnijih smjerova primjene lignomera u praksi;

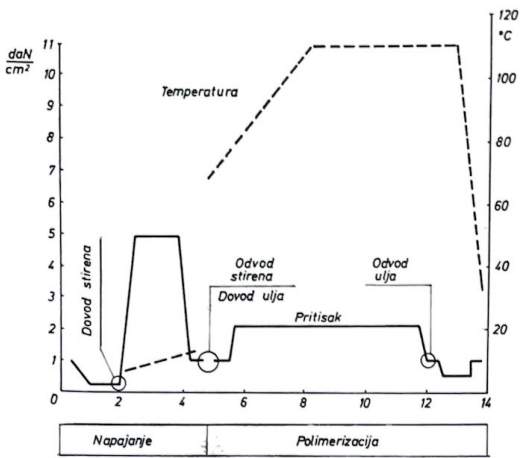
— školovanje studenata i inženjerskih radnika za primjenu nove tehnologije u praksi.

Pored toga, to postrojenje služi za kontrolu — u tehničkim razmjerima — najnovijih rezultata ispitivanja dobivenih u laboratorijskim postupcima. To omogućuje stalni napredak u okviru primjene novih polimera i sistema inicijatora polimerizacije i savršenijih načina obrade. Na taj način utvrđeni rezultati istraživanja mogu se smjelo preporučivati za primjenu u praksi.

2. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE LIGNOMERA

Budući da je tehnologija proizvodnje lignomera opisana u »Drvnoj industriji« 1974 (25), br. 3—4, str. 55—58, ovdje će biti opisan način proizvodnje lignomera, kako se to vrši u praksi. Shemu tehnološkog procesa proizvodnje lignomera iz drva johe i monomera stirena prikazuje slika 2.

Iz toga crteža vidljivo je da se proces proizvodnje lignomera sastoji iz perioda (faze) zasićivanja drva stirenom i iz perioda polimerizacije, koji se završava proizvodnjom u autoklavu pod podtlakom. Za zasićenje drva primjenjuje se monomer stirena s dodatkom 3 vrste inicijatora s različitim temperaturom poluraspada. Proces zasićenja i polimerizacije provodi se u istom auto-



Slika 2. Shema procesa proizvodnje lignomera prema tehnologiji izrađenoj po autoru

klavu. Nakon zasićenja drva stirenom višak stirena se odvodi, a na to mjesto dovodi grijaće ulje tipa termol, temperature 65^o C. Radi iniciranja procesa polimerizacije stirena u drvu, materijal koji se nalazi u autoklavu zagrijava se posredstvom ulja do temperature od oko 95^o C, kod koje nastupa inicijalna polimerizacija. Zbog iniciranja procesa polimerizacije stirena, koji proces je egzotermičan, nastaje stvaranje topline unutar drva. Ulje koje oplakuje drvo počinje ispušnjavati ulogu ohladnog medija i preuzima toplinu, zbog čega njegova temperatura spontano poraste do oko 110^o C.

Nakon nastupa vršne vrijednosti termičke reakcije, koja nastaje nakon 3-satnog vremenskog raspona dijela zagrijavanja, radi završavanja procesa polimerizacije drvo se nadalje zagrijava u temperaturi 110^o C, kroz razdoblje od 4 sata. Debljina drvene tvari nema bitnog utjecaja na trajanje termičke prerade, jer se u vrijeme nastupa reakcije komadi drva tim više zagrijavaju što im je veći presjek, radi sporijeg odvoda topline van u ulje. Nakon završetka procesa polimerizacije, iza odvoda grijaćeg ulja, radi udaljenja tragova nepolimeriziranog stirena, primjenjuje se u autoklavu vakuum, a zatim provjetranje.

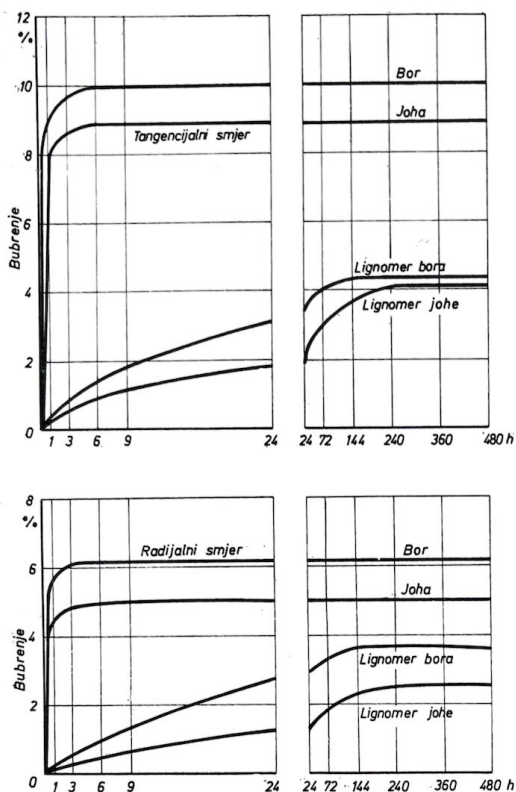
3. PODRUČJA PRIMJENE LIGNOMERA U PRAKSI

Svojstva lignomera (tab. I, slike 3 i 4) te rezultati dosadašnjih eksploatacijskih pokusa pokazuju da će to novo tvorivo naći široku primjenu u mnogim područjima gospodarskog života. To je iskazano u tablici II. Iz pregleda koji je predočen u tablici II, na prvom se mjestu nalazi područje poljoprivrednog gospodarskog građevinarstva. Lignomer kao materijal siguran je protiv navlaživanja, ima povećanu stabilnost dimenzija i čvrstoće, te je otporan na djelovanje biotskih činilaca. Radi dobrih termoizolacijskih svojstava našao je primjenu u gospodarskom graditeljstvu na podlogama svih vrsti. Iz lignomera se izrađuju osobito dijelovi podloga namijenjeni za ležanje. U literaturi se spominje da, kod tovljenja stoke, tovljenici 72% vremena leže na tlu. Mađarska istraživanja pokazala su da temperatura ležanja

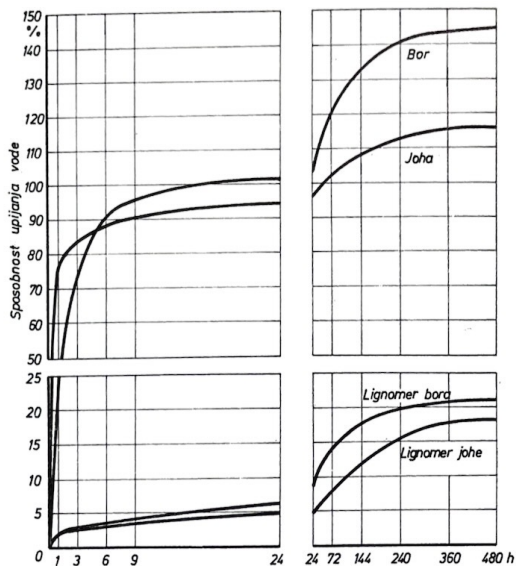
Tablica I

ODABRANA SVOJSTVA DRVA I LIGNOMERA

Vrsta svojstava	Smjer opterećenja	Vlaga u času ispitivanja %	Vrsta materijala											
			J O H A					B O R						
			Drvo			Lignomer		Drvo			Lignomer			
			x_{min}	\bar{x}	x_{max}	x_{min}	\bar{x}	x_{max}	x_{min}	\bar{x}	x_{max}	x_{min}	\bar{x}	x_{max}
dN.cm ⁻²														
Čvrstoća na statičko savijanje	Tangencijalan	8 ± 2	610	810	950	1710	1990	2280	870	1050	1300	1180	1460	1710
		>30	310	380	420	900	1220	1530	270	350	440	720	990	1380
Modul elastičnosti pri statičkom savijanju	Tangencijalan	8 ± 2	69000	81000	91000	140000	164000	187000	83000	99000	119000	131000	151000	167000
		>30	38000	43000	50000	91000	111000	126000	34000	45000	56000	90000	104000	130000
Čvrstoća na tlak	Uzduž vlakana	8 ± 2	530	590	640	960	1160	1380	610	720	890	1160	1290	1400
		>30	190	220	250	540	710	860	160	190	230	560	740	900
	Tangencijalan	8 ± 2	45	55	61	242	364	466	53	75	98	191	233	258
		>30	17	21	25	112	160	200	14	19	25	92	109	130
	Radijalan	8 ± 2	72	90	106	380	440	533	29	41	61	311	350	398
		>30	20	27	35	141	200	262	8	10	12	127	153	183
Tvrdoća	Uzduž vlakana	8 ± 2	231	282	394	1210	1553	1716	344	544	692	1231	1450	1592
	Tangencijalan	8 ± 2	119	153	199	1007	1225	1481	153	260	344	762	982	1210
	Radijalan	8 ± 2	151	172	250	1068	1279	1481	148	246	381	804	1007	1210



Slika 3. Bubrenje lignomera za vrijeme uranjanja u vodu pri temp. 20 ± 2° C



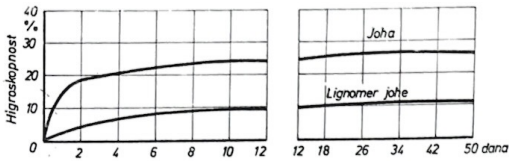
Slika 4. Sposobnost lignomera da upija vodu za vrijeme uranjanja u vodi pri temperaturi 20 ± 2° C

ima ne samo utjecaj na zdravstveno stanje životinja nego i na iskorišćenje paše i prirast mase mesa. Gubici toplinske energije, koji nastaju zbog prijelaza topline od životinja na tlo, moraju se nadomještatati većom količinom hrane. Praktična opažanja pokazala su da životinje vole više prebivati na drvenoj podlozi nego na betonskoj.

Tablica II

VIDOVI PRIMJENE LIGNOMERA

PODRUČJE
POLJOPRIVREDA	- u gospodarskom gradjevinarstvu za podloge za uzgoj stoke bez nastora i za prozore i vrata - u gradnji staklenika i zaštitnih plotova - u melioracijskom gradjevinarstvu za ustave i pregrade - za stupove u vinogradarstvu
TRANSPORT	- za elemente za pojačanje drvenih željezničkih pragova, - za skretničku gradju, - za podove teretnih vagona i u platformama i kontejnerima, - za sanduke i podove prikolica i teretnih automobila, - za obloge tovarnog prostora na barkama, - za obloge skladišta, - za klizne staze za porinuće brodova, - za pokretne mostove;
METALURGIJA	- u proizvodnji ljevaoničkih modela i podložnih ploča;
KEMIJA	- u proizvodnji filtracijskih okvira i u odsumporivanju, - u proizvodnji upojnih komora;
ENERGETIKA	- za elemente kondenzacijskih toranjskih hladionika, - za prečke teletehničkih stupova;
GRADJEVINARSTVO	- za lijepljene konstrukcije; - za prozorska okna u visokogradnji - za roštiljne podove, slobodne i viseće, - za oplata, - za sušioničke letve u industriji keramičkih materijala;
RUDARSTVO	- za pragove ispod rušača i kopača mrkog uglja, - za vodilice u rudničkim oknima;
SPORT I ODMOR	- za potpornje klupa na stadionima, u kupalištima i u parkovima, - u izgradnji sauna.



Slika 5. Higroskopnost lignomera za vrijeme ovlaživanja u zraku pri relativnoj vlazi $94 \pm 3\%$ i pri temp. $20 \pm 2^\circ \text{C}$.

Podloge od lignomera primjenjuju se prije svega u stajama za rasplod, jer uzgoj prasaca zahtijeva osobito toplu podlogu. Izvršena ispitivanja pokazala su da jedino drvena podloga ima termoizolacijska svojstva, koja su najbliža prirodnom nastoru od slame. Nije bez značenja i laka izrada podloga od lignomera.

Dosadašnji eksploatacijski pokusi, provedeni na pokusnom poljoprivrednom pogonu u Przybrod-u i u vojvodskom centru za razvoj poljoprivrede u Sielinku, potvrđuju svrsishodnost primjene lignomera za podlogu u zgradama predviđenim za uzgoj svinja.

Udruženje državnih poduzeća poljoprivredne proizvodnje u Wraclawu, u nastojanju za intenzifikacijom proizvodnje stočnog blaga, provelo je ispitivanje sa roštiljnom podlogom izrađenom iz lignomera. Takva podloga izrađena je u god. 1975. u oborima određenim za uzgoj teladi. Dosadašnja zapažanja su pokazala da su roštilji (podloge) od lignomera trajniji od roštilja izrađenih od umjetnih masa-polipropilena. Roštilji od lignomera otporni su na istrošenje, ne deformiraju se pod teretom životinjskog blaga i lako se dezinficiraju. Navedeni objekti, u kojima su primijenjeni roštilji od lignomera, jesu farme »BLIZOCIN« određene za uzgoj jalovica.

Zavod za mehanizaciju proizvodnje živadi IBM i ER u Poznanju provodi eksploatacijske pokuse, usmjerene na primjenu lignomera u konstrukciji roštiljnih podloga za uzgoj živadi na kopnu i vodi. Izvršena zapažanja i mišljenja uzgajivača potvrđuju opravdanost primjene lignomera za podloge u gospodarskom graditeljstvu. Njima se postižu slijedeći efekti:

- smanjenje uporabe slame za nastor, što omogućuje da se primijeni za hranu stoci;
- ograničenje uporabe cementa;
- poboljšanje zdravlja i povećanje prirasta mase mesa uz smanjenje utroška hrane;
- smanjenje broja ugibanja životinja.

U gospodarskom građevinarstvu važnu ulogu imaju također prozori, vrata i glavna vrata. Prozori moraju ne samo dovoditi dnevno svjetlo do staje i tora, nego također omogućiti ljeti pro-

zračivanje zgrade. Primjenjivani prozori izrađeni od drva podložni su brzom biološkoj koroziji, uz utjecaje agresivnih faktora klime koja vlada u gospodarskim zgradama. Prozori izrađeni od metala izloženi su kemijskoj koroziji. Otuda je kratkotrajan vijek uporabe tih prozora. Prozori izrađeni od drva radi apsorpiranja vlage podložni su bubrenju i poslije jednogodišnjeg perioda eksploatacije teško se otvaraju. Nakon nekoliko godina zbog razvoja truleži nisu prikladni za dalju eksploataciju. U god. 1972. u gospodarstvu PGR Trapiszewo kod Malborka izrađeni su prozori od lignomera i prirodnog drva. Nakon 6 godina eksploatacije prozori od lignomera još su prikladni za dalju uporabu, a prozori od prirodnog drva su neupotrebljivi.

Vrata gospodarskih prostorija, kao pokretna klimatska pregrada, izložena su ne samo djelovanju biotskih faktora nego i dodatnom mehaničkom oštećivanju. Ona moraju biti nepropusna, da otklanjaju prodiranje atmosferskih utjecaja, i moraju se zatvarati, a da pri tom ljudi i životinje nisu ugroženi. Vrata su izvana izložena stalnoj izmjeni atmosferskih utjecaja, a s unutarnje strane djelovanju vlažnog zraka i škodljivih plinova. Osim toga, izložena su udarcima transportnih sredstava, češanju životinja, snažnim naletima vjetra, što sve zahtijeva krajnju potrebu izbora odgovarajućeg materijala. Vrata gospodarskih zgrada moraju biti izdržljiva i ne previše teška. Zatim ona moraju imati toplinske izolacijske sposobnosti, da se na unutarnjoj strani ne stvara kondenzat. Proizlazi da će tim zahtjevima udovoljiti vrata od lignomera.

U području transporta lignomer ima primjenu u gradnji voznog parka i u proizvodnji željezničkih pragova. U industriji gradnje željezničkog voznog parka drvo u obliku piljenica najčešće se primjenjuje u teretnim vagonima, uglavnom za podove. Danas iznad 80% drva primijenjenog u gradnji vagona čini podna daska. Za povećanje trajnosti upotrebe podova u teretnim vagonima, metode koje su do sada primjenjivane (impregnacija) nisu dale očekivane rezultate. Radi produživanja trajnosti upotrebe podova u vagonima za ugljen i platforme, u Poljskoj se od 1. I 1973. primjenjuju za podove daske debljine 70 mm umjesto 50 mm. Promjenom debljine podnih dasaka, povećana je upotreba dasaka za 40%. Provedeni pokusi u vremenu od 7 godina pokazali su prikladnost lignomera za podove u vagonima za ugljen. Pod iz lignomera nakon četiri-godišnje eksploatacije bio je u neoštećenom stanju. Za isto vrijeme podovi iz prirodnog drva nisu bili više prikladni za dalju eksploataciju.

Dalji eksploatacijski pokusi na području primjene lignomera za podove vagona pokazali su da je lignomer iz drva joha posve otporan na korozivno djelovanje prevoženog sumpora. Dodatna prednost poda izrađenog iz lignomera jest da je

oni nepropustan, nasuprot podu iz prirodnog drva koji, pod utjecajem višekratnog navlaživanja i sušenja, postaje sve manje nepropustan. Sumpor, radi te propustnosti, istječe, te uništava podvozje vagona i kolosijeka. Osim toga, ustanovljeno je da podovi izrađeni od lignomera pokazuju porast trajnosti i veću otpornost na habanje i djelovanje biotskih faktora. Primjenjujući lignomer, može se debljina poda smanjiti sa 70 mm na 40 mm i postići dalje prednosti:

- smanjenje potrebe živog i konstruktivnog rada, koji se do sada primjenjuje pri remontu i eksploataciji teretnih vagona;

- produženje vremena eksploatacije vagona uz smanjenje učestalosti dosadanih revizijskih i garantnih popravka;

- skraćenje zadržavanja vagona radi oštećenja poda i potrebe vršenja remonta,

- smanjenje troškova eksploatacije.

Produženje vremena iskorišćenja teretnih vagona, radi primjere lignomera za podove, usavršava transport i mora se odraziti na smanjenje broja novoizgrađenih vagona, predviđenih za period 1981—2000.

Posljednjih godina naročito se mnogo pažnje posvećuje problemu racionalnog iskorišćenja drvenih pragova, s obzirom na njihov sve izraženiji deficit. Prema podacima koje je u 1973. g. objavio sekretarijat FAO/ECE, drveni pragovi koji se nalaze na korišćenju u Evropi činili su u god. 1970. oko 75 do 80% svih pragova na pruga normalnog kolosijeka. To daje apsolutni broj od 357,8 milijardi komada. U istoj godini iznosila je proizvodnja pragova u Evropi oko 13 milijuna komada. U Poljskoj je u god. 1970. broj korišćenih drvenih pragova iznosio 34,5 milijardi komada, tj. 88% ukupno korišćenih pragova. Nasuprot tome, proizvodnja je iznosila 3,720.000 komada, od toga 3 milijuna komada iz drva četinjača.

To su gotovo astronomske brojke, i već se pozivom na njih može tvrditi da se problem racionalnog gospodarenja drvenim pragovima pribraja u najvažnije gospodarske zadatke u svakoj visoko industrijaliziranoj državi. Kao izlaz težnji za smanjenjem posljedica deficita drva, u svim zemljama vrše se ispitivanja zamjene drvenih pragova betonskim i čeličnim.

Kako su pokazala opažanja, betonski kao i čelični pragovi po mnogim karakteristikama nisu dorasli drvenima. Betonski pragovi su teški i nezgodni za montažu i izmjenu; izvučeni iz eksploatacije nisu podesni ni za kakvu svrhu, a, pored toga, mnogo su kruciji od drvenih i u vezi s tim osjetljiviji na potrese i udarce. Velika krutost betonskih pragova ima suštinski negativni utjecaj na intenzivno korišćenje voznog parka, a također i na udobnost za vrijeme putničkog pogo-

na. Znatno veća težina i krutost kolosijeka na betonskim pragovima, u odnosu na kolosijek s drvenim pragovima, iziskuje brižnost pripreme podloge, primjenu sredstava koja osiguravaju dobru električnu izolaciju i primjenu uložaka u svrhu amortizacije dinamičnog djelovanja voznog parka na kolosijek. Opažanja rada kolosijeka na betonskim pragovima pokazala su da nastaje pojava pucanja šinja i njihovog valovitog trošenja, i da donji stroj pruge radi intenzivnije. Radi toga je neophodno povećanje tog sloja za 100 mm. U slučaju iskakanja voznog parka, betonski pragovi izvrnuti su potpunom uništenju ili oštećenju, dok drveni pragovi nisu nikada posve uništeni, i pogon može biti uspostavljen nakon kratkog vremena. Skraćene vrijeme za otklanjanje posljedica nezgoda ima veoma važno značenje za izvršenje zadataka prijevoza.

Čelični pragovi nisu još praktički primjenjivani s obzirom na dosta važne nedostatke, od kojih treba spomenuti: nedostatak otpora prema koroziji, poteškoće elektrifikacije linije, laka podložnost termičkim deformacijama i velika buka za vrijeme vožnje vlaka.

Drveni pragovi, za razliku od čeličnih i betonskih, nisu opterećeni naznačenim nedostacima. Oni imaju još i dodatnu prednost, da nakon oštećenja mogu biti skinuti s kolosijeka i dani na regeneraciju. Zatim se mogu ponovno rabiti, ali ne više kao punovrijedni pragovi. Drveni željeznički prag dobro odolijeva momentima savijanja, a uz to kao potpora dobro podnosi dinamička opterećenja na donji stroj (tlo) i osigurava mirnu vožnju. Gornji stroj kolosijeka s drvenim pragovima otporan je prema poprečnim pomacima i osigurava električnu izolaciju. Održavanje nepromijenjene širine kolosijeka postaje sve važnije, naročito pri velikim brzinama vožnje. U slučaju zavarenih šinja, važan je čimbenik velika krutost kolosijeka koja daje sigurnost protiv djelovanja uzdužnih sila, do kojih dolazi pod utjecajem viših temperatura uzrokovanih jakim zagrijavanjem uslijed insolacije. Na osnovi dosadašnjih opažanja, proizlazi da se bočna krutost gornjeg dijela kolosijeka s drvenim pragovima, uslijed sabijanja podloge, nakon nekolicke godina smanji u većem ili manjem dosegu.

Osnovna negativna značajka drvenih pragova je njihov kratak vijek, osobito kod pragova iz drva četinjača. Do nedavno se smatralo da trajnost impregniranih pragova iz drva četinjača iznosi 15—18 godina, a impregniranih pragova iz hrastovog i bukavog drva oko 25 godina. Posljednjih godina je ustanovljeno da je ta trajnost sve kraća, i to uslijed porasta opterećenja teretnih vagona, učestalosti prijevoza i brzine vožnje vlakova kao i mase prevoženih tereta.

Na naročito opterećenim željezničkim linijama, npr. linija 'Šlezija' — morske luke, i to na za-

vojima, vijek drvenih željezničkih pragova iz borovine skraćuje se čak na ispod 6 godina. Danas željeznica stavlja još veće zahtjeve u pogledu gornjeg stroja, budući da su primijenjene šine koje teže do 70 kg/m i koje odgovaraju povećanom pritisku osovinskog opterećenja do 25 tona i za povećanu brzinu vožnje vlakova.

Treba napomenuti da sada o vijeku trajanja pragova odlučuju mehanička svojstva drva. Drveni pragovi najčešće podliježu mehaničkom uništavanju neposredno ispod šinje. Otuda je došlo do istraživanja u području izmjene konstrukcije kao i tehnologije proizvodnje drvenih pragova s ciljem povećanja njihove trajnosti na mjestima na kojima leži šinja. Dosadašnja zapažanja neosporno su pokazala da su uzrokom koji diskvalificira željeznički drveni prag iz daljnjeg korišćenja prije svega njegova mehanička oštećenja. Mišljenja specijalista pokazuju da je trajnost drvenih željezničkih pragova, u pogledu porasta opterećenja po osovini vagona i uslijed povećanja učestalosti prolaza vlakova, sve kraća.

Institut za mehaničku tehnologiju drva Poljoprivredne Akademije u Poznaju izvršio je istraživanja usmjerena na pronalaženje načina kako da se povisi trajnost željezničkih pragova na mjestima izloženim mehaničkom istrošenju. Izvedena istraživanja okrunjena su uspjehom. Kao rezultat intenzivnih višegodišnjih istraživanja izrađen je način pojačanja i produženja trajnosti iskorišćenja drvenih željezničkih pragova. U tom cilju predložena je takva izmjena konstrukcije drvenog željezničkog praga, kako bi se postigla izmjena smjera djelovanja sila koje opterećuju prag u trenutku prijelaza vlaka. Kod toga je korišćena spoznaja da drvo u smjeru paralelno s vlakancima ima 6 do 10 puta veću čvrstoću na pritisak nego li u smjeru okomito na vlakanca.

Rješenje tog teškog zadatka omogućio je lignomer, koji ima veliku otpornost na tlak i veliku stabilnost dimenzija kao i sposobnost priгуšenja vibracija. Podloge izrađene od lignomera, i zatim nalijepljene na prag na mjestima izloženim dinamičnom tlačnom opterećenju, omogućile su da na mjestima koja se nalaze ispod šinje ne nastaju trajne deformacije u vidu utisnuća (zgnječenosti).

Željeznički pragovi iz borovine s elementima lignomera, i to prema novoj konstrukciji, bili su izloženi naizmjeničnim dinamičkim opterećenjima preko šinja i čeličnih pragova pričvršćenih vijcima, s amplitudom 10 000 kg (gornja granica cikla 13 000 kg, donja 3 000 kg). Pokazalo se da iza 5,600.000 izmjena (cikla) opterećenja nije nastala nikakva trajna deformacija praga pod šinjama, i nije primijećeno olablјivanje vijaka koji pričvršćuju šinju za prag.

Nasuprot tome, tradicionalni prag iz borovine, nakon 1 puta manjeg broja cikla (570.000), podliježe mehaničkom uništenju. Kod toga se čelična podloga, koja pričvršćuje šinju, utiskuje u prag u dubinu više od 20 mm, te dolazi do odvijanja pričvršnih vijaka. Izrađeni način povećanja trajnosti drvenih pragova patentiran je kao izum u Poljskoj, SSSR, SR Njemačkoj, Velikoj Britaniji, Norveškoj, Švedskoj, Finskoj i u Kanadi.



Slika 6. Željeznička skretница s pragovima iz borovine i podlogama iz lignomera na mjestima ležišta šinja.

Pragovima ove nove konstrukcije s ulošcima od lignomera izgrađena je skretница na željezničkoj liniji Poznań Starotenka — Poznań gl. kol., kao i eksperimentalni odsjek kolosijeka dužine oko 500 m na željezničkoj liniji Lukow — Radom, između stanica Pionki — Żytkowice (sl. 6) Krajem god. 1977. izrađene su tri dalje skretnice, a god. 1978. izrađen je eksperimentalni odsjek kolosijeka s pragovima u cijelosti izrađenim iz lignomera, kao i dalje 3 skretnice. Izvedena istraživanja su pokazala da prag iz borovog lignomera sa smanjenom debljinom na 125 mm pokazuje veću čvrstoću od borovog tradicionalnog praga deblјine 155 mm.

Na osnovi analize ekonomičnosti primjene borovih pragova prema novoj konstrukciji, s elementima lignomera, izlazi da korisnost primjene (iskazane u usporedbi jediničnih cijena eksploatacije praga na kolosijeku) osigurava tek 20% produžena trajnost u usporedbi s tradicionalnim borovim pragom. Pri sadašnjem vijeku eksploatacije drvnih pragova od 5 do 15 godina, efektivno utvrđeno produženje vijeka trajanja praga nove konstrukcije iznosi samo od 1 do 3 godine. Dosadašnja istraživanja čvrstoće pokazuju da će produženje vijeka eksploatacije tih pragova biti nekoliko puta veće nego li je to izračunato u »efektivnom minimumu«. Primjena drvenih pragova s podlogama iz lignomera mora

osigurati trajnost njihovog korištenja s odgovarajućom trajnosti eksploatacije željezničkih šinja, što je od bitnog značenja za mehanizaciju radova vezanih s održavanjem željezničkih kolosijeka. Pragovi od lignomera, radi smanjenja visine, omogućuju da se postignu dalje uštede u iskorišćavanju drva.

Na osnovi praktičnih pokusa, koji proizlaze iz zapažanja o primjeni lignomera u gradnji kondenzacionih tornjeva hladionica u dušičnim postrojenjima u Kendežinu, u elektrani Kalemba i Szombierki, prema podatku poduzeća za ohladne tornjeve u Gljivicama, treba očekivati da će lignomer pokazati 3-struko dužu trajnost u odnosu na trajnost do sada primijenjenog drva.

Radovi na eksploataciji u području primjene lignomera u ljevaonicama, za modele i podloge modela, provedeni zajedno s tvornicom strojeva za rudnike »PIOMA«, u Piotrkowu Tribunal-skom, i sa željezarnom »ZYGUMUNT« u Bytomu, pokazali su da su ljevaonički modeli iz lignomera mnogo trajniji i stabilniji od dosada primjenjivanih modela. Oni mogu s uspjehom zamijeniti metalne modele sa strojnim formiranjem. Postignuta površina je vrlo dobra, čak i bolja nego li s modelima iz aluminijskih legura. Vijek trajanja modela iz lignomera preko 3 puta je duži od modela izrađenih iz prirodnog drva.

Primjena ploča za modeliranje iz lignomera u tvornicama rudničkih strojeva »PIOMA« omogućuje 10% povećanja proizvodnog učinka odjeljenja ljevaonica, pored povećanja od 20% strojnog učina ljevaoničkih formi. Osim toga, smanji se zapošljavanje formirača oko 80%.

Poduzeće građevinske keramike u Krotošinu, u ciglani, kao prvoo u toj industriji, pristupilo je primjeni lignomera za sušioničke letve. Dosađnji eksploatacijski pokusi su pokazali da letve iz lignomera produžuju vijek trajanja korištenja letvama najmanje za 3 godine. To u jednom poduzeću građevne keramike omogućuje uštedu od 700 m³ dasaka godišnje.

Prikazana područja i primjeri primjene lignomera ne iscrpljuju sve mogućnosti.

Početa eksploatacijska istraživanja pokazuju da primjena lignomera, u ovisnosti o gospodarskom području, doprinosi produženju trajnosti upotrebe konstrukcijskih elemenata i izradaka. To produženje je višekratnog iznosa u odnosu na trajnost prirodnog drva. Istodobno veća čvrstoća stvara mogućnost smanjivanja presjeka konstrukcijskih elemenata, što omogućava veliku uštedu materijala. Treba dodati da su za proizvodnju lignomera naročito podesne vrste drva koje karakteriziraju mala volumna masa, niska čvrstoća i mala biološka otpornost, kao drvo topole, johe i breze.

S poljskog preveo:
prof. Đ. Hamm, dipl. inž.

LITERATURA:

- [1] LAWNICZAK, M.: Produkcja, własności i możliwości zastosowania lignomeru. *Priemysl drzewny*, 28 (1977); 5, 21—24
- [2] LAWNICZAK, M.: Lignomer — výroba a použitíe. *Drevo*, 33 (1978); 2, 38—42

