

Utjecajni parametri na kvalitet oplemenjenih iverica u kratkotaktnom postupku*

S a ž e t a k

Ispitivanje je provedeno sa svrhom da se ustanovi efekat utjecaja nekih tehnoloških parametara i njihovih interakcija na kvalitet oplemenjenih površina. U radu je posebna pažnja posvećena cjelokupnom ciklusu: planiranju i provedbi pokusa, te statističkoj obradi dobivenih rezultata.

Upotrijebljen je faktorski plan pokusa 2^4 tj. 4 utjecajna faktora na 2 nivoa djelovanja. Kao utjecajni faktori odabrani su temperatura (A), vrijeme prešanja (B), spec. pritisak (C) i vrsta papira (D). Eksperimentalni dio ispitivanja proveden je u Institutu za istraživanje drva u Münchenu.

Za ocjenjivanje kvalitete oplemenjenih površina izabrana su dva mjerila: stupanj otvrdnjivanja smole i otpornost na habanje, uz pretpostavku da oni približno jednako dobro mjere kvalitet oplemenjene površine.

Dobiveni rezultati, međutim, ne potvrđuju ovu pretpostavku. Dva upotrijebljena mjerila pokazala su relativno mali stupanj korelacije ($r = 0,336$), što znači da oni ne mjere jednako iste promjene u procesu oplemenjivanja.

Na osnovi obrade rezultata po metodi F. Yatesa, proizlazi da vrlo signifikantan utjecaj na kvalitetu oplemenjene površine pokazuju temperatura i vrijeme prešanja ($P = 0,01$), te vrsta papira ($P = 0,05$). Utjecaj spec. pritiska nije se pokazao kao signifikantan, pa bi se moglo zaključiti da nije od bitnog značenja na kojem nivou djeluje.

Ključne riječi: oplemenjivanje iverica u kratkotaktnom postupku — faktorski plan pokusa — stupanj otvrdnjivanja i otpornost na habanje — protumačeni dio utjecaja faktora

INFLUENTIAL PARAMETERS ON LAMINATED PARTICLEBOARDS QUALITY IN SHORTTACT TREATMENT

Sum m a r y

Examination has been made in order to determine influence effect of some technological parameters and their interaction in laminated surfaces quality. Special care has been taken of complete cycle: experiments planning, conducting and statistical treatment of the results obtained.

Experiment factors plan 2^4 has been applied, i. e. 4 influential factors on two acting levels. As influential factors — temperature (A), pressing time (B), specific pressure (C) and paper kind (D) have been chosen.

The experimental examination part has been performed in Institute for Wood Research in Munich.

In order to estimate laminated surface quality two criteria have been applied: resin hardening degree and resistance to wearing, supposing they approximately equally measure laminated surfaces quality.

The obtained results, however, do not prove this supposition. Two applied criteria showed a relatively small correlation degree ($r = 0,336$) which means that they do not measure equally the same changes in laminating process.

Based upon the results treated after F. Yates method it is evident that a very significant influence on laminated surface quality is shown by temperature, pressing time ($P = 0,01$), and paper kinds ($P = 0,05$). Specific pressure influence has not been shown as significant, so it may be concluded that it is not very important which level it has been acting on.

Key words: laminating particleboards in shorttact treatment — experiment factors plan — hardening degree and resistance to wearing — explained part of factors influence.

* Vidi napomenu 1. i 2. na kraju članka.

1.0. UVOD

Oplemenjivanje iverica po tzv. kratkotaktnom postupku (dvostepeni postupak bez povratnog hlađenja) predstavlja danas način površinske obrade koji nalazi vrlo široku primjenu. Gotovo u pravilu postupak primjenjuju proizvođači iverica, koji nastavno serijski, u skladu sa zahtjevima tržišta, vrše oplemenjivanje iverica papirima impregniranim umjetnim smolama. I kod nas postoji danas već nekoliko proizvođača koji na taj način površinski oplemenjuju iverice. Postupak predstavlja zapravo novu varijantu dvostepenog postupka oplemenjivanja, ali bez povratnog hlađenja. Naziv »kratotaktni« (Kurztaktverfahren) dobio je zbog vrlo kratkog vremena prešanja u fazi oplemenjivanja. Osnovne tehnološke karakteristike ovog postupka, te prednosti i mane u odnosu na jedno-stepeni i dvostepeni — klasični postupak oplemenjivanja (s povratnim hlađenjem) opširnije su prikazane u literaturi [11,30]. Tehnologija oplemenjivanja po ovom postupku obuhvaća ukratko: pripremu paketa, tj. donji i gornji dekor-papir s ivericom u sredini, transport u vruću jednoetažnu prešu, te prešanje i izvlačenje oplemenjenih ploča iz preše.

U vrijeme obrade ove radnje, istraživanja većine autora [10, 11, 13, 14, 15, 23] odnosila su se na definiranje graničnih vrijednosti za pojedine tehnološke parametre kao što su: temperatura, vrijeme prešanja i spec. pritisak. Tako npr. za temperaturu razni autori navode različite granične vrijednosti, koje su očito posljedica specifičnosti upotrijebljenih papira, odnosno smole, uređaja za prešanje, te razlika s obzirom na mjesto mjerenja temperature.

Uz temperaturu, pokazalo se da vrlo važnu ulogu ima i vrijeme prešanja (ciklus prešanja) koje se sastoji od vremena potrebnog za punjenje i zatvaranje preše, otvrdnjavanje smole u papiru te otvaranje i pražnjenje preše. I ovdje se podaci iz literature međusobno znatno razlikuju. Prema jednim [10, 11 i 25], čisto vrijeme prešanja treba da se kreće u granicama 60—90 s, a potpuni ciklus 90—120 s. Prema drugima [13], isti ciklus treba da se kreće u granicama 60—120 s, odnosno prema [14], u granicama 60—150 s.

I u pogledu visine specifičnog pritiska razni autori navode kao optimalne različite vrijednosti. Prema jednim [10, 14], te vrijednosti treba da se kreću u granicama 10—25 kp/cm², a prema drugima [13, 15], u granicama 18—20 kp/cm².

Zajedničko za sve bibliografske podatke je pomanjkanje dokaza o stupnju međusobnog uzajamnog djelovanja (interakcije) promatranih faktora, premda je vrlo vjerojatno da se radi o međusobno više ili manje zavisnim faktorima. Provedeni pokusi odnosili su se uglavnom na definiranje graničnih vrijednosti za pojedine tehnološke parametre (temperatura, vrijeme prešanja, spec. pritisak) pri određenim uvjetima u toku

ispitivanja. Pritom se u pravilu radilo s jedno-faktornim planovima pokusa, koji nisu mogli dati potpunije informacije o međusobnoj povezanosti pojedinih tehnoloških faktora i njihovu zajedničkom utjecaju na kvalitet oplemenjene površine. Ovom prilikom potrebno je istaknuti da na kvalitet oplemenjivanja općenito mogu utjecati i drugi faktori, kao vol. težina, kvalitet vanjske površine, no ispitivanje njihovog utjecaja nije ovdje obuhvaćeno.

Na osnovi analize podataka iz literature, smatrali smo potrebnim da se na nov način ispita međusobna povezanost nekih osnovnih tehnoloških faktora kod oplemenjivanja iverica po kratkotaktnom postupku i njihov utjecaj na kvalitet oplemenjenih ploča. U tu svrhu primijenjene su metode znanstvenog planiranja pokusa, koje omogućuju ispitivanje istovremenog utjecaja nekoliko tehnoloških faktora i njihovih međusobnih interakcija.

S obzirom da je u nekom ispitivanju mnogo važnije pronaći tehnološke parametre s najvećim utjecajem [8] nego sve faktore koji utječu na neko svojstvo ili kvalitet proizvoda, za predmetno ispitivanje izabrani su slijedeći faktori: temperatura, vrijeme prešanja, specifični pritisak i vrsta impregniranog dekorativnog papira (stupanj kondenzacije smole). Za izabrane utjecajne faktore postavljena je hipoteza po kojoj svi pojedinačno, kao i njihove međusobne interakcije, sigifikantno djeluju na kvalitet oplemenjene površine. Na bazi rezultata trebalo je ovu hipotezu prihvatiti ili odbaciti.

2.0. PLAN POKUSA

2.1. O potrebi znanstvenog planiranja pokusa

Planiranje pokusa postaje danas sve više samostalna znanstvena disciplina o kojoj već postoji zadovoljavajuća literatura [1, 8, 23, 27, 33]. Međutim, velika većina današnjih istraživača još uvijek posvećuje veću pažnju provedbi samog pokusa nego njegovu planiranju. Za tu pojavu postoje određeni razlozi, ali se suvremeni istraživač ne bi smio zadovoljiti činjenicom da težište svog rada postavi na samoj provedbi pokusa.

Često puta je u istraživanjima vezanim uz drvo i drvne proizvode potrebno ispitati utjecaj više tehnoloških faktora na kvalitet gotovih proizvoda ili definirati npr. optimalne granice tehnološkog procesa. Jedan znanstveno utvrđeni zaključak moguć je tek uz primjenu pravilnog planiranja pokusa. Pritom se moraju uzeti u obzir tehnološka i statistička gledišta, kako bi se, uz što manje troškove eksperimentiranja (a time i vremena), dobio maksimum korisnih informacija.

Tijekom proteklih godina moglo se u istraživačkim radovima primijetiti veći udjel matematičko-statističkih metoda u svrhu sigurnih inter-

pretacija dobivenih rezultata. Prema Đuraševiću [8], — statističkim metodama otkrivamo zapravo samo vezu među pojavama, mjerimo njezinu jačinu, a uzrok može objasniti tek stručnjak čiji domeni pripadaju.

Primjenom matematičko-statističkih metoda zapravo je svladana tek prva etapa u egzaktnoj interpretaciji dobivenih rezultata. Međutim, ovaj postupak je sadržavao stanovit nedostatak. Po njemu se, npr. kod razvoja jedne nove tehnologije, ako se htjelo ispitati utjecaj više faktora na neka određena svojstva, kako bi se ustanovila optimalna varijanta, moglo varirati samo pojedine faktore, dok su ostali utjecajni faktori držani konstantnim.

U mnogim je slučajevima međutim ovakav postupak nesvrshodan. Nasuprot tome, ispitivanje istovremenog utjecaja nekoliko faktora ima veliku prednost. U slučaju da faktori djeluju međusobno neovisno, mogu se, uz odgovarajući plan pokusa (npr. ortogonalni plan pokusa, latinski kvadrat, grčko-latinski kvadrat itd.), uz iste troškove postići točniji rezultati nego kod ispitivanja samo jednog faktora. Ako su, međutim, faktori međusobno ovisni, odnosno ako postoje u tom slučaju određene interakcije (međusobna uzajamna djelovanja), niz pokusa prema pravilno izabranom planu pokusa (tzv. faktorski planovi) daje znatno opširnije informacije nego pokusi po metodi s jednim faktorom. Osim toga, ovom se metodom može ispitati utjecaj jednog faktora pod različitim uvjetima u odnosu na sve druge faktore. Iz pokusa mogu tada biti izvučeni sveobuhvatniji zaključci.

Konačno, ne smije se ispustiti iz vida da je sam izbor faktora djelomično proizvoljan. U pravilu se ne zna koji će od faktora biti odlučujući.

Zbog toga se čini da je iz ovih razloga svrsishodno kod planiranja pokusa sve faktore na isti način uzeti u obzir [8, 23, 27].

Prema Zwyki-u [37] važno je svaki — makar i naizgled najmanji faktor — promatrati u njegovoj međusobnoj ovisnosti s drugim faktorima. Spomenimo također da pretpostavka o konačnoj međusobnoj povezanosti svega sa svim potječe još od velikog istraživača i filozofa T. Paracelusa.

2.2. Osnove znanstvenog planiranja pokusa — postavljanje plana pokusa u općem obliku

Najvažnije osnove znanstvenog planiranja pokusa postavio je R. A. Fischer. Po njemu je za svaki utjecajni faktor potrebno izabrati najmanje dva stupnja, odnosno nivoa djelovanja. Postupak po Fischeru sastoji se u tome da se za sve moguće kombinacije ustanovi nivo djelovanja. Ova se metoda najlakše daje objasniti na konkretnom primjeru, pa će u tu svrhu postupak po Fischeru biti objašnjen upravo na zadatku definiranom u točki 1.0.

Dakle, radi se o četiri utjecajna faktora za koje se pretpostavlja da imaju signifikantan utjecaj na kvalitet oplemenjene površine. Za svaki

utjecajni faktor odabrana su dva nivoa djelovanja, tj. gornji (+) i donji (—). S obzirom da imamo ukupno četiri faktora s dva nivoa djelovanja, to ovdje daje ukupno $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16$ kombinacija. Svi utjecajni faktori i njihovi nivoi djelovanja prikazani su pregledno u tabeli 1.

Tabela 1

Oznaka faktora	Utjecajni faktor	* Nivo djelovanja faktora	
		—	+
A	Temperatura prešanja (°C)	140	180
B	Vrijeme prešanja (sek)	40	150
C	Specif. pritisak preš. (kp/cm ²)	10	25
D	Vrsta dekorativnog papira (stupanj kondenzacije smole)	SW ⁽¹⁾	TG ⁽¹⁾

*

— = donji stupanj (nivo) djelovanja

+ = gornji stupanj (nivo) djelovanja

(1)SW = papir proizvodnje Zap. Njemačka

TG = papir proizvodnje Zap. Njemačka

Pregled mogućih kombinacija za navedeni plan pokusa 2⁴ prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2

Oznaka kombinacije	Nivoi djelovanja za utjecajne faktore				Simboli kombinacija
	A	B	C	D	
1	—	—	—	—	(1)
2	+	—	—	—	a
3	—	+	—	—	b
4	+	+	—	—	ab
5	—	—	+	—	c
6	+	—	+	—	ac
7	—	+	+	—	bc
8	+	+	+	—	abc
9	—	—	—	+	d
10	+	—	—	+	ad
11	—	+	—	+	bd
12	+	+	—	+	abd
13	—	—	+	+	cd
14	+	—	+	+	acd
15	—	+	+	+	bcd
16	+	+	+	+	abcd

Brojevi (oznake) kombinacija u tabeli 2 predstavljaju u stvari brojeve ploča iverica koje su pod navedenim uvjetima oplemenjene. Za svaku kombinaciju izvršen je slučajni izbor ploča pomoću

tabele slučajnih brojeva [29]. Princip slučajnosti znači da je svakoj ploči predmetne količine (28 ploča) dana jednaka mogućnost da bude izabrana za neku od 16 kombinacija u tabeli 2.

Ovakav način raspodjele ploča na pojedine kombinacije jedini je koji omogućuje da se eventualni manji utjecaji proizašli iz razlika u strukturi, svojstvima i uvjetima proizvodnje mogu isključiti.

Ne postoji, naime, mogućnost da se takvi utjecaji s potpunom sigurnošću isključe, ali slučajna raspodjela osigurava da se oni, koliko je to moguće, rijetko pojavljuju.

Prije samog izbora ploča za pojedine kombinacije izvršena je kontrola statističke homogenosti materijala na pokusnom uzorku. Minimalna potrebna veličina pokusnog uzorka određena je je metodom iz teorije informacija [8] kako slijedi:

$$n \geq \frac{H_{\max}}{I_{\max}} \geq \frac{\log 28}{\log 2} \geq 4,78 \sim 5,0 \text{ gdje je}$$

n = minimalno potrebni broj ploča u uzorku
 H_{\max} = najveća entropija (neizvjesnost)
 I_{\max} = najveća količina informacija.

Kao mjerilo homogenosti upotrijebljena su mehaničko-fizička svojstva standardizirana po DIN-u 68761.

Zbog ograničenog prostora nismo u mogućnosti detaljnije obrazložiti postupak proračuna, pa čitaoce upućujemo na literaturu [1, 8, 24, 33]. Da bi se izlaganje u nastavku moglo pratiti, objasniti ćemo prednosti ovakvog načina rada analizom npr. utjecaja temperature prešanja (A).

Utjecaj temperature prešanja (A) na kvalitet oplemenjene površine možemo najprije ustanoviti na taj način da usporedimo stupanj otvrdnjivanja smole (ili otpornost na habanje površine) za kombinaciju »a« s onim za kombinaciju (1).

Obje kombinacije razlikuju se jedino u tome što je u prvoj temperatura prešanja izabrana na gornjem (+), a u drugoj na donjem (—) nivou. Ako se utjecaj povišenja temperature prešanja od donjeg ka gornjem nivou sastoji u tome da se stupanj otvrdnjivanja za jedan određen iznos povisi (ili snizi), to upravo diferencija $a - (1)$ pokazuje ovaj utjecaj.

Na isti način razlike: $ab - b$; $ac - c$; $abc - bc$; $ad - d$; $abd - bd$; $acd - cd$; $abd - bcd$, mjere utjecaj povišenja temperature od donjeg (—) nivoa ka gornjem (+). U svakoj od ovih usporedbi samo je temperatura faktor koji se mijenja. Ako je utjecaj povišenja temperature uglavnom isti, bez obzira da li su preostali utjecajni faktori slabo ili jako zastupljeni, tj. ako povišenje temperature prešanja djeluje neovisno o preostalim faktorima, skup navedenih razlika daje nam najbolju mjeru za taj utjecaj.

Utjecaj temperature »A«, koji se također označuje kao glavni utjecaj (nasuprot promjenljivim utjecajima — interakcijama), možemo odrediti na slijedeći način, koristeći se istovremeno rezultatima za sve kombinacije:

$$(1) A = (a - (1) + (ab - b) + (ac - c) + (abc - bc) + (ad - d) + (abd - bd) + (acd - cd) + (abcd - bcd)$$

U slučaju da između temperature i vremena prešanja postoji interakcija, povišenje temperature (A), ako je istovremeno vrijeme prešanja (B) na donjem nivou, djeluje drugačije nego ako je na gornjem nivou. Tada se razlike $a - (1)$, $ab - b$ međusobno znatno razlikuju. U tom se slučaju ne može više govoriti o općoj važnosti utjecaja temperature (A) izračunane po formuli (1), jer se ona mijenja zavisno od izbora nivoa za vrijeme prešanja (B).

Na sličan način određena je veličina utjecaja vremena prešanja (B), specifičnog pritiska (C) i vrste dekorativnog papira (stupnja kondenzacije smole u papiru) (D). Pritom smo se koristili uvijek istim rezultatima pokusa.

Prednost ovakvog načina planiranja pokusa s više utjecajnih faktora koji su međusobno zavisni ne očituju se samo u određivanju glavnog djelovanja pojedinih faktora. Više od toga, iz rezultata pokusa moguće je također odrediti međusobna uzajamna djelovanja (intrakcije) između dva, tri ili četiri faktora.

Promatramo najprije interakciju između temperature (A) i vremena prešanja (B), za koju upotrebljavamo oznaku »AB«. O uzajamnom djelovanju između faktora »A« i »B« govorimo ako npr. vrijeme prešanja (B) kod visoke temperature (A) znatno drugačije djeluje nego kod niske temperature.

Naprotiv, ako »B« kod niske i visoke temperature u velikoj mjeri djeluje podjednako, ne postoji interakcija, pa kažemo da oba faktora djeluju međusobno nezavisno.

Prema tome, kao mjera za određivanje interakcije (AB) može se primijeniti izraz:

$$(2) AB = [ab + abc + abd + abcd - a - ac - ad - acd] - [b + bc + bcd - (1) - c - d - cd]$$

Iz formule (2) također je vidljivo da su za određivanje interakcije »AB« opet uključeni svi rezultati pokusa.

Na isti način mogu se odrediti i ostale interakcije dva, tri ili četiri utjecajna faktora. Za određivanje efekta djelovanja pojedinih faktora i njihovih interakcija može se primijeniti matrica znakova prikazana u tabeli 3.

MATRICA ZNAKOVA ZA IZRACUNAVANJE DJELOVANJA 4 UTJECAJNA FAKTORA KOD FAKTORSKOG PLANA POKUSA 2⁴

T a b e l a 3.

Oznaka djelovanja	Kombinacije, odnosno rezultati pokusa																Suma za efekat djelovanja
	(1)	a	b	ab	c	ac	bc	abc	d	ad	bd	abd	cd	acd	bcd	abcd	
A	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	(A)
B	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	(B)
AB	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	(AB)
C	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	(C)
AC	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	(AC)
BC	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	(BC)
ABC	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	(ABC)
D	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	(D)
AD	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	(AD)
BD	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	(BD)
ABD	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	(ABD)
CD	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	(CD)
ACD	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	+	(ACD)
BCD	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	(BCD)
ABCD	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	(ABCD)
Σ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Σ

U istu svrhu može se upotrijebiti i metoda po F. Yatesu, koja u principu obuhvaća stvaranje suma i razlika od ukupnih vrijednosti rezultata dobivenih za pojedini pokus, odnosno kombinaciju.

2.3. Izbor mjerila kvalitete i metoda ispitivanja oplemenjenih iverica

Od uobičajenih standardiziranih svojstava i metoda kao mjerila za ocjenu kvalitete oplemenjenih površina izabrana su dva:

- stupanj otvrdnjivanja smole (Aushärtungsgrad)
- otpornost na habanje (Abriebfestigkeit)

Izbor spomenuta dva mjerila uslijedio je iz nekoliko razloga:

- a) — u oba slučaja moguće je relativno jednostavno mjerenje,
- b) — iako je kod određivanja stupnja otvrdnjivanja u većoj ili manjoj mjeri prisutna i subjektivna ocjena, ipak se ova metoda nakon stanovitog uvježbavanja može uzeti kao zadovoljavajuća.
- c) — u slučaju otpornosti na habanje, moguće je relativno egzaktno mjerenje na uređaju Taber — Abraser.

Prema Kollmannu i Bühleru [5, 21], sva važnija svojstva oplemenjenih površina, na bazi kojih se određuje upotrebna vrijednost ovakvih ploča, ovisna su o stupnju otvrdnjivanja smole u pa-

piru, odnosno stupanj otvrdnjivanja može se uzeti kao osnova za zadovoljenje ostalih svojstava.

Određivanje stupnja otvrdnjivanja smole obuhvaća ocjenjivanje stupnja oštećenja površine nakon djelovanja 0,2 n HCl u trajanju od 24 sata pri normalnoj temperaturi. Stupnjevi otvrdnjivanja smole u zavisnosti od stupnja oštećenja površine opisani su u tabeli 4.

Tabela 4.

Stupanj otvrdnjivanja	Izgled površine nakon tretiranja
1	bez promjene
2	površina nešto mat, bez vidljivog kemijskog djelovanja
3	mat površina, djelovanje kiseline uočljivo
4	mat površina i napadnuta od kiseline
5	jako uočljivo djelovanje kiseline, ali još ne do vlaknaca u papiru
6	potpuno djelovanje kiseline sve do vlaknaca u papiru

S obzirom da je u ocjeni stupnja otvrdnjivanja neminovno sadržan i subjektivan utjecaj samog ispitivača, neophodno je bilo da se ispita pouzdanost ove metode. Provjera pouzdanosti izvršena je pomoću Sparmanova koeficijenta korelacije ranga (r_s) između rezultata dva ispitivača, a koji se određuje prema izrazu [33].

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum dy^2}{n(n^2 - 1)}, \text{ gdje je}$$

r_s = koeficijent korelacije ranga

dy = razlika između vrijednosti ocjene dva ispitivača koji se rangiraju

n = broj mjerenja.

Koeficijent korelacije ranga (r_s) može se kretati u granicama -1 (potpuno neslaganje) do $+1$ (potpuno slaganje).

Otpornost na habanje određena je pomoću uobičajenog standardiziranog uređaja Taber Abraser i metode prikazane u DIN-u 53799.

2.4. Matematičko-statistička obrada rezultata

Svaki pokus promatra se kao jedan od beskonačno mnogo pokusa, koji bi se mogli izvesti pod istim uvjetima. Također i rezultati pokusa koji se izvodi uzimaju se kao uzrok iz skupa svih mogućih rezultata koji bi bili dobiveni pod istim uvjetima. Gledano s ovog stanovišta, postavlja se matematičkoj statistici zadatak da pokaže što se može na bazi rezultata pokusa jednog uzorka zaključiti o osnovnom skupu.

Ovakav zaključak od uzorka na osnovi skup potrebno je uzeti s određenom nesigurnošću. Nesigurnost, međutim, ne znači i netočnost. Naprotiv, nesigurnost se može pomoću matematičko-statističkih metoda mjeriti, odnosno izraziti. Time se na najmanju mjeru svodi mogućnost subjektivne ocjene rezultata pokusa. Međutim, to iziskuje da se već kod planiranja pokusa obrati pažnja na to da se obrada rezultata izvrši na što je moguće jednostavniji, a svrsishodniji način.

Zahvaljujući prije spomenutoj metodi po F. Yatesu [24], rezultati pokusa mogu se relativno jednostavno obraditi. Za svaku kombinaciju (1) ... abcd potrebno je odrediti sume rezultata. Pritom se polazi od pretpostavke da su pojedinačni rezultati unutar svake kombinacije normalno raspoređeni i da su međusobno nezavisni. Nakon toga se, uz pomoć jednostruke analize varijance, određuje tzv. greška pokusa, odnosno neprotumačeni dio utjecaja izabranih faktora.

Dalji postupak obrade može se jednostavno provesti ako se vrijednosti poredaju u odgovarajućoj tabeli, što će biti detaljnije objašnjeno kod analize rezultata pokusa u točki 4.0.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Osnovni podaci o upotrebljenoj sirovini

U skladu s postavljenim zadatkom, za eksperimentalni rad bilo je potrebno osigurati slijedeću sirovinu:

- ploče iverice
- impregnirane papire.

Posredstvom Instituta za istraživanje drva u Münchenu, iverice i impregnirani papiri su odbačeni iz normalne proizvodnje nekoliko proizvođača u Zap. Njemačkoj.

Upotrebljene iverice proizvedene su na postrojenju tipa Bähre — Bison iz mješavine četinjača, bukve i mekih listača u odnosu 40 : 30 : 30%. Kao vezno sredstvo upotrijebljeno je karbamid-formaldehidno ljepilo Kaurit 385. Ploče su proizvedene pri specifičnom pritisku od 35 kp/cm² i temperaturi 200° C. Zahvaljujući tome i odgovarajućoj pripremi iverja, dobivene su ploče tvrde, homogene i zapunjene vanjske površine, pogodne za oplemenjivanje.

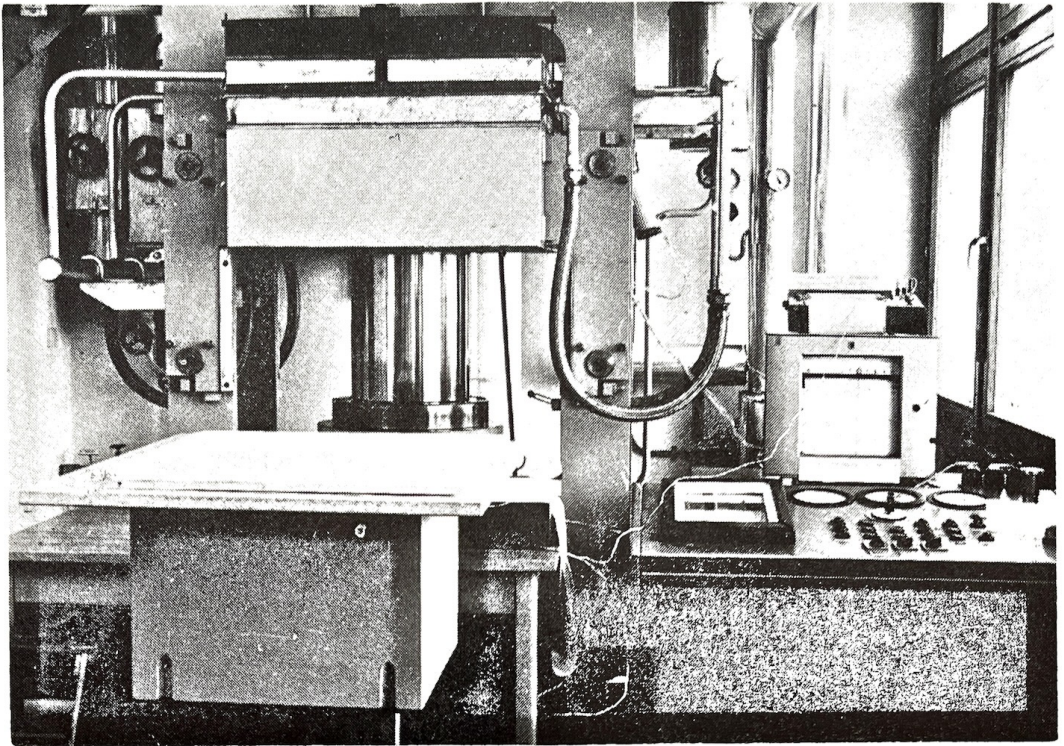
Za predmetno ispitivanje slučajnim izborom određeno je ukupno 30 ploča. Iz sredine svake ploče izrezan je uzorak dimenzija 100 × 800 mm. Zbog naknadnih mehaničkih oštećenja na 2 ploče, za ispitivanje je preostao uzorak od 28 ploča. Prije samog ispitivanja ploče su kondicionirane u laboratorijskim uvjetima, koji su kontinuirano kontrolirani pomoću termohigrometra.

Dalji postupak s pločama uslijedio je prema planu pokusa opisanom u točki 2.2. Provjera statističke homogenosti izabranih ploča izvršena je na slučajno izabranom uzorku od 6 ploča. Kao mjerila homogenosti uzeta su slijedeća mehaničko-fizička svojstva: čvrstoća na savijanje, čvrstoća na raslojavanje i debljinsko bubrenje. Obrada dobivenih rezultata izvršena je na elektroničkom računskom stroju tipa LGP 21 (Eurocomp GmbH), a obuhvatila je izračunavanje svih pomoćnih matematičkih elemenata za provedbu F-testa.

Dobiveni rezultati prikazani su u tabeli 5.

Tabela 5.

Svojstva (mjerila homogenosti)	Varijanca između ploča S_x^2	Stupanj slobode f_2	Varijanca unutar ploča S_2^2	Stupanj slobode f_1	F rač.	F tab.
Čvrstoća na savijanje (kp/cm ²)	706,8204	6 — 1 = 5	535,4247	60 — 6 = 54	1,3127	2,38
Čvrstoća na raslojavanje (kp/cm ²)	0,2901	5	0,1323	54	2,1928	2,38
Bubrenje u debljinu %	0,2282	5	0,1625	54	1,4047	2,38



Slika 1. Hidraulička preša s uređajima za registraciju temperature i pripremljeni paket neposredno prije ulaganja u prešu.

Na osnovi dobivenih rezultata, može se zaključiti da ploče iverice predviđene za oplemenjivanje u statističkom smislu predstavljaju homogen materijal, što praktično znači da se mogu isključiti iz razmatranja kao mogući utjecajni faktor na kvalitet oplemenjivanja.

Kao materijal za oplemenjivanje upotrijebljeni su papiri bijele boje impregnirani modificiranom melaminskom smolom. O karakteristikama papira i smole za impregnaciju i njihovu utjecaju na svojstva oplemenjenih površina upućujemo čitaoca na odgovarajuću literaturu [13, 30]. Iz razloga koji su već prije objašnjeni, za predmetno ispitivanje upotrijebljeni su impregnirani papiri dva proizvođača, polazeći od hipoteze da između njih postoje razlike u stupnju kondenzacije smole. Upotrebljeni papiri imali su slijedeće karakteristike:

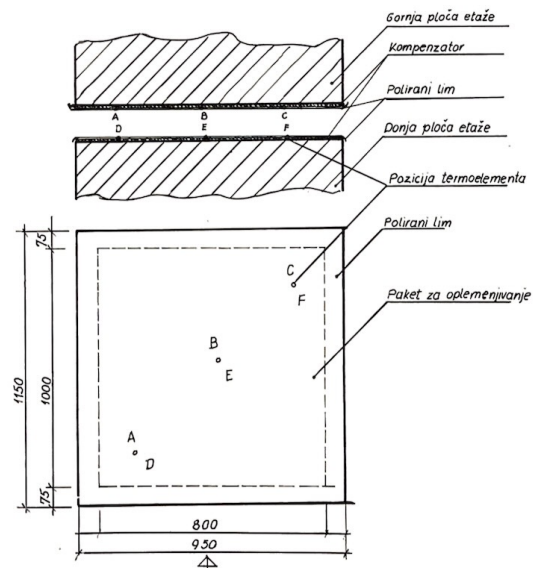
	SW	TG
— specifična težina (gr/cm^3)	1.109	1,071
— debljina (mm)	0,258	0,247
— hlapljivi sastojci ($\%$)	7,16	6,59
— količina nanese smole ($\%$)	147	128

Od svake vrste papira formata 1000×800 mm na raspolaganju je bilo po 100 kom.

Za svaku kombinaciju (tabela 2 i 3) slučajnim izborom izabrana je određena ploča i određeni papiri za donju i gornju površinu. Na taj način je eventualni utjecaj razlika u pločama i papirima na rezultate pokusa sveden na minimum, ili, ako već postoje, da s jednakom vjerojatnošću djeluje u svim kombinacijama.

3.2 Tehnika oplemenjivanja

Oplemenjivanje pripremljenih ploča izvršeno je u jednoetažnoj hidrauličnoj preši formata etaža 1150×950 mm (sl. 1), a prema uvjetima koji su prethodno planom pokusa utvrđeni (tabela 1 i 2). Na etaži hidraulične preše učvršćeni su polirani limovi iz visokolegiranog čelika. Između poliranih



Slika 2. Shematski prikaz pozicije termoelemenata između kompenzatora i poliranih limova.

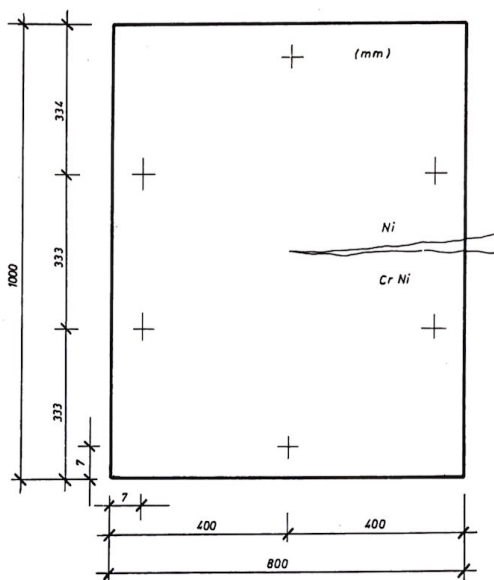
limova i etaža preše postavljena je kao kompenzator žičana mreža armirana azbestnim vlakancima. Uloga kompenzatora sastoji se u tome da osigura što ravnomjerniji pritisak po čitavoj površini. Međutim, o ulozi kompenzatora, posebno kod kratkotaktnog postupka oplemenjivanja, mišljenja su podijeljena [13, 14, 15].

Između poliranih limova i kompenzatora postavljani su termoelementi Ni-CrNi promjera 0,2 mm, pomoću kojih je stalno praćena temperatura na etažama, odnosno poliranim limovima. Pozicije termoelemenata prikazane su shematski na slici 2. Za kontinuiranu kontrolu temperature upotrijebljeno je ukupno 6 termoelemenata. Osim toga, u toku procesa oplemenjivanja također je pomoću termoelemenata kontrolirana temperatura ispod papira za oplemenjivanje, tj. između papira i ploče iverica s gornje i donje strane. Za kompletno praćenje temperature upotrijebljena su dva linijska pisača firme Siemens i jedan točkasti pisač firme Philips, s mogućnošću očitavanja 12 mjernih točaka (12 izvoda). Svi termoelementi su prije upotrebe kontrolirani na dvije referentne temperature, i to točki ledišta i vrelišta.

Priprema paketa za prešanje obuhvatila je izbor prije određenih ploča i papira za svaku kombinaciju oplemenjivanja, učvršćenje termoelemenata na gornjoj i donjoj strani iverica, postavljanje gornjeg i donjeg impregniranog papira, te njihovo osiguranje od međusobnog pomicanja u fazi ulaganja paketa u prešu.

Pozicija termoelemenata nakon učvršćenja na ploči iverici prikazana je na slici 3.

Ulaganje paketa u hidrauličnu prešu vršilo se ručno, i to na način da nije dolazilo do neposrednog kontakta između paketa i donjeg vrućeg lima sve do momenta početka zatvaranja preše.



Slika 3. Pozicije termoelemenata Ni-CrNi na ploči iverici (gornja strana) i mjernih mjesta za kontrolu debljine ploča (+)

Sprečavanje prijevremenog kontakta omogućilo se postavljanjem kliznih drvenih vodilica. Nakon polaganja paketa na vrući polirani lim, zatvaranje ploče uslijedilo je u intervalu od 5 — 7 sekundi. Ciklus prešanja vođen je automatski. Preša je grijana pomoću termoulja.

Oplemenjivanje ploča u svakoj kombinaciji izvršeno je prema uvjetima datim u tabeli 2. Stvarni podaci u apsolutnom iznosu za svaku kombinaciju prikazani su u tabeli 6.

Tabela 6.

Oznaka kombinacije opl.	Temperatura mjerena na polir. limu °C	Vrijeme prešanja s.	Specif. pritis. kp/cm ²	Oznaka papira	
				gornja strana	donja strana
1	2	3	4	5	6
1	140	40	10	SW-27	SW-15
2	180	40	10	SW-31	SW-35
3	140	150	10	SW-46	SW-18
4	180	150	10	SW-57	SW-53
5	140	40	25	SW-3	SW-28
6	180	40	25	SW-30	SW-5
7	140	150	25	SW-14	SW-13
8	180	150	25	SW-37	SW-16
9	140	40	10	TG-47	SG-8
10	180	40	10	TG-2	SG-56
11	140	150	10	TG-71	SG-21
12	180	150	10	TG-14	SG-69
13	140	40	25	TG-9	SG-72
14	180	40	25	TG-26	SG-3
15	140	150	25	TG-63	SG-28
16	180	150	25	TG-19	SG-66

Nakon oplemenjivanja, ploče su, radi sprečavanja naknadnog prekomjernog otvrđivanja, prethodno ohlađene na temperaturu 40 — 50 °C, a potom uskladištene u trajanju od 5 dana u slijedećim uvjetima:

- temperatura 19 — 22° C
- relativna vlaga 60 — 64%

Uvjeti uskladištenja kontrolirani su kontinuirano pomoću termohigrometra. Po završetku kondicioniranja, iz ploča su izrezane epruvete za određivanje kvalitativnih svojstava oplemenjene površine, kako je to već navedeno u točki 2.3.

4.0. REZULTATI POKUSA

U skladu s postavljenim planom pokusa, obrada rezultata izvršena je po metodi F. Yatesa, o kojoj je bilo riječi u točki 2.4. Budući da su za ocjene utjecaja četiri tehnološka faktora upotrijebljena dva mjerila kvalitete oplemenjene površine, to ćemo u nastavku analizirati posebno svako mjerilo.

Kod analize rezultata posebno se razmatra gornja i donja strana ploče. Naime, za pretpostaviti je da će postojati određene razlike, s obzirom da donja strana ploče ranije dolazi u kontakt s vrućom etažom preše. Zbog ograničenja u prostoru, ovdje ćemo detaljnije analizirati gornju stranu, a za donju stranu ploče navest će se komparativno samo zaključci.

4. 1. Stupanj otvrdnjivanja

Uz pomoć Spermanova koeficijenta korelacije ranga, izvršena je provjera prikladnosti izabranog mjerila. U tu svrhu komparirani su međusobno rezultati ispitivača A, B, C. Dobiveni rezultati pokazali su visok stupanj korelacije između 3 ispitivača. Time je dokazano da je subjektivni utjecaj ispitivača na ocjenu kvalitete uz pomoć ovog mjerila minimalan i da se praktično može zanemariti. S obzirom na to u nastavku su analizirani samo rezultati ispitivača A. Dobiveni rezultati (samo sume i prosječne vrijednosti) prikazani su u tabeli 7. Obrada rezultata (za svaku kombinaciju po 10 proba) obuhvatila je kontrolu statističke homogenosti podataka te utvrđivanje signifikantnosti razlika između pojedinih kombinacija. Uz pomoć F— testa [24, 29], utvrđeno je da se procjene varijanci između kombinacija i unutar kombinacija signifikantno razlikuju, odnosno da je vjerojatnost vrlo mala ($P = 0,01$), da su te razlike nastale slučajno. To istovremeno upozorava na značajan utjecaj izabranih faktora.

Daljnja obrada obuhvaća izračunavanje efekata djelovanja pojedinih faktora i njihovih interakcija prema metodi F. Yatesa [24]. Postupak izračunavanja vidljiv je također u tabeli 7. Vrijednost u koloni 4. spomenute tabele predstavlja upravo veličine utjecaja pojedinih faktora. Statistička obrada dobivenih rezultata prikazana je u tabeli 8. Uz pomoć F testa ili određivanjem graničnih vrijednosti za varijancu S^2 , može se, uz vjerojatnost $P = 0,01$, utvrditi signifikantnost utjecaja pojedinih faktora. Pragovi signifikantnosti za rezultate (S^2), u tabeli 8 iznose:

$$S^2 \text{ (djelovanje) }_{0,05} = F_{0,05} \cdot S_n^2 = 3,90 \cdot 0,13 = 0,51$$

$$S^2 \text{ (djelovanje) }_{0,01} = F_{0,01} \cdot S_n^2 = 6,82 \cdot 0,13 = 0,89$$

Koristeći se istim vrijednostima za sume kvadrata odstupanja (SQ), može se utvrditi veličina ukupno protumačenog dijela utjecaja faktora prema izrazu:

$$r^2 = \frac{\text{protumačeni dio SQ}}{\text{ukupni dio SQ}} = \frac{404,94 - 18,30}{404,95} = 0,958$$

$$r = 0,979$$

Na osnovi dobivenih vrijednosti za varijancu S^2 i varijablu F (tabela 8), te izračunanih pragova signifikantnosti, proizlazi da su utjecaji svih faktora, u slučaju porasta od donjeg ka gornjem nivou, vrlo značajni. Značajnim se pokazao i utjecaj interakcija dva, tri i četiri faktora, osim in-

Tabela 7.

Oznaka komb.	Stupanj otvrdnjav. X_i	Suma rezul. pokusa $\sum_{i=1}^{10} X_i$	Sume i razlike				Djelovanje faktora (zavisnost)
			1.	2.	3.	4.	
1	2	3	4	5	6	7	8
(1)	5,0	50	72	143	242	547	suma
a	2,2	22	71	99	305	197	A
b	5,0	50	63	155	86	53	B
ab	2,1	21	36	150	111	35	AB
c	5,0	50	85	57	28	49	C
ac	1,3	13	70	29	25	39	AC
bc	1,4	14	80	61	44	21	BC
abc	2,2	22	70	50	9	35	ABC
d	5,8	58	28	1	44	63	D
ad	2,7	27	29	27	5	25	AD
bd	5,0	50	37	15	28	3	BD
abd	2,0	20	8	10	11	53	ABD
cd	5,0	50	31	1	26	39	CD
acd	3,0	30	30	45	5	17	ACD
bcd	5,0	50	20	1	46	31	BCD
abcd	2,0	20	30	10	11	57	ABCD
Suma		547					

Tabela 8.

Varijacija	Suma kvadrata odstupanja $s Q$	Stupanj slobode k	S^2	F
A	242,56	1	242,56	1908,69
B	17,56	1	17,56	138,15
AB	7,66	1	7,66	60,25
C	15,01	1	15,01	118,08
AC	9,51	1	9,51	74,81
BC	2,76	1	2,76	21,69
ABC	7,66	1	7,66	60,25
D	24,81	1	24,81	195,20
AD	3,91	1	3,91	30,74
BD	0,06	1	0,06	0,44
ABD	17,56	1	17,56	138,15
CD	9,51	1	9,51	74,81
ACD	1,81	1	1,81	14,21
BCD	6,01	1	6,01	47,26
ABCD	20,31	1	20,31	159,79

OSTATAK

(greška pokusa)	18,29	144	0,31
UKUPNO	404,95	159	2,55

terakcije BD, što znači da između vremena prešanja (B) i vrste papira (D) ne postoji međusobna povezanost.

Po važnosti svog utjecaja na stupanj otvrdnjavanja, temperatura prešanja (A) predstavlja najvažniji faktor. Zatim slijedi vrsta papira (D),

vrijeme prešanja (B), interakcija ABD i spec. pritisak (C). Ostale interakcije vidljive su iz tebele 8.

Specifični pritisak (C) u porastu od donjeg ka gornjem nivou pokazuje također značajan utjecaj na stupanj otvrdnjivanja, ukoliko su ostali faktori zadržani na donjem nivou. Interesantno je primijetiti da interakcija između temperature i vremena prešanja (AB), te trostruka interakcija (ABC) pokazuju isto djelovanje, što praktično znači da nije bitan nivo za spec. pritisak (C), ako su temperatura i vrijeme prešanja na gornjem nivou.

Vrsta dekorativnog papira (D), odnosno njegove karakteristike, pokazuju također vrlo signifikantan utjecaj bez obzira na nivo djelovanja ostalih faktora (temperatura, vrijeme prešanja, spec. pritisak). Na sličan način mogu se prokomentirati i ostali rezultati u tabeli 8.

Ako se međusobno kompariraju vrijednosti dobivene za pojedine kombinacije u tabelama 6. i 7, može se zaključiti slijedeće:

— Ploče oplemenjene papirom SW pokazuju relativno povoljniji stupanj otvrdnjivanja u svim kombinacijama

— Povoljnije je temperaturu na etažama preše podesiti bliže gornjem nivou (180°C). Ova konstatacija vrijedi za obje vrste papira.

— Duže vrijeme prešanja (150 s) u kombinaciji s nižom temperaturom (140°C) i spec. pritiskom (10 kp/cm²) daju u pravilu površine loše kvalitete kod obje vrste papira.

Isti efekat postiže se kombinacijom višeg pritiska (25 kp/cm²), niže temperature (140°C) i kraćeg vremena prešanja (40 s).

— Viša temperatura (180°C) u kombinaciji s kraćim vremenom prešanja (40 s) i višim spec. pritiskom (25 kp/cm²) daje vrlo dobar stupanj otvrdnjivanja. Približno isti efekat postiže se i kombinacijom više temperature, dužeg vremena prešanja i nižeg pritiska. U oba slučaja, međutim, papirom SW postignuti su povoljniji rezultati.

Radom kod niže temperature (140°C) u kombinaciji s dužim vremenom prešanja (150 s) i višim pritiskom (25 kp/cm²) postiže se vrlo dobar stupanj otvrdnjivanja kod rada papirom SW, a vrlo slab papirom TG. To govori u prilog hipotezi da vrsta papira, odnosno njegove karakteristike, predstavljaju značajan utjecajni faktor. Očito je da dvije upotrijebljene vrste papira imaju različita optimalna područja za pojedine utjecajne faktore, o čemu u primjeni treba voditi računa.

Greška pokusa (ostatak neprotumačenog dijela) relativno je mala, što upućuje na zaključak da su izabrani faktori obuhvatili gotovo sve utjecaje na stupanj otvrdnjivanja gornje strane ploče. O tome svjedoči i vrlo visoki koeficijent korelacije ($r = 0,979$) između protumačenog i ukupnog dijela sume kvadrata odstupanja SQ.

Na isti način obrađeni su rezultati za donju stranu ploče. Statističkom obradom rezultata utvrđeno je da su utjecaji temperature (A), vremena prešanja (B) i vrste papira (D), u slučaju porasta

od donjeg ka gornjem nivou djelovanja, vrlo značajni (signifikantni). Utjecaj spec. pritiska (C) te dvostrukih interakcija vrijeme prešanja — spec. pritisak (BC), vrijeme prešanja — vrsta papira (BD) i spec. pritisak — vrsta papira (CD) nije se pokazao signifikantnim. To znači da faktori djeluju podjednako na gornjem i donjem nivou, odnosno nezavisno jedan od drugoga. Pretpostavljamo da je kod oplemenjivanja prisutan još neki faktor, koji nije obuhvaćen ovim planom pokusa. Njegova važnost može se ocijeniti iz ostatka neprotumačenog dijela utjecaja faktora, odnosno iz izračunanog koeficijenta korelacije ($r = 0,872$).

Ako međusobno kompariramo rezultate za pojedine kombinacije, možemo zaključiti da je stupanj otvrdnjivanja donje površine oplemenjene ploče za 0,2 — 0,8 stupnjeva slabiji nego na gornjoj površini. Ostali zaključci navedeni za gornju površinu ploče vrijede i ovdje.

4.2. Otpornost na habanje

Rezultati dobiveni nakon ispitivanja otpornosti na habanje na uređaju Taber Abraser, tip 174, prikazani su u tabeli 9, a predstavljaju težinske gubitke u mg/100 okretaja epruveta. Kao i kod stupnja otvrdnjivanja (4.1), obrada rezultata obuhvatila je kontrolu statističke homogenosti podataka, odnosno normaliteta raspodjele, te utvrđivanje signifikantnosti razlike između pojedinih kombinacija [29].

Efekti za glavna djelovanja pojedinih faktora i njihove međusobne interakcije izračunani su također po metodi F. Yatesa [24]. Tok proračuna vidljiv je iz tabele 9.

U koloni 4. spomenute tabele prikazani su efekti djelovanja za pojedine utjecajne faktore i njihove interakcije.

U tabeli 10 izračunane su sume kvadrata (SQ), varijanca S² i varijabla F. Na osnovu izračunanih graničnih vrijednosti za varijancu, može se ustanoviti koje su kombinacije, odnosno utjecajni faktori, statistički sigurni ($P = 0,01$).

Vrlo signifikantan utjecaj pokazuje temperatura (A), vrijeme prešanja (B) i vrsta papira (D), dok se utjecaj spec. pritiska pokazao nesignifikantan. Veličina utjecaja pojedinih interakcija može se ustanoviti ako se kao baza uzmu izračunane granične vrijednosti za varijancu S²

$$S^2_{(0,05)} = F_{0,05} \cdot S_u^2 = 3,93 \cdot 21,22 = 83,39$$

$$S^2_{(0,01)} = F_{0,01} \cdot S_u^2 = 6,87 \cdot 21,22 = 145,78$$

Prema tome, sve interakcije s vrijednošću varijance (S²) većom od izračunanih (na nivou pouzdanosti $P = 0,05$ i $P = 0,01$) imaju također signifikantan utjecaj na otpornost na habanje oplemenjene površine.

Ako se analiziraju rezultati u apsolutnom iznosu (tabela 9), proizlazi da su najpovoljnije rezultate (najmanje habanje) pokazale kombinacije abc, ad i ab.

Tabela 9.

Simbol komb.	Otpornost na habanje \bar{X}	Suma rezultata pokusa $\sum_{i=1}^8 x_i$	Sume i razlike				Efekat djelovanja faktora
			1	2	3	4	
			(1)	82,30	658,44	1372,40	
a	89,25	713,96	1350,58	2774,66	5729,58	410,21	A
b	87,84	702,68	1418,90	2843,79	84,56	315,57	B
ab	81,00	647,90	1355,76	2885,78	325,65	15,59	AB
c	89,42	715,40	1447,19	0,74	84,96	93,67	C
ac	87,94	703,50	1396,60	85,50	230,61	33,41	AC
bc	89,32	714,58	1532,90	222,55	171,80	170,75	BC
abc	80,15	641,18	1352,88	103,10	156,21	37,67	ABC
d	100,02	800,15	55,52	21,82	51,68	231,94	D
ad	80,88	647,04	54,78	63,14	41,99	241,09	AD
bd	91,63	733,02	11,90	50,59	86,04	145,65	BD
abd	82,95	663,58	73,40	180,02	119,45	15,59	ABD
cd	101,30	810,36	153,11	110,30	41,32	9,69	CD
acd	90,19	722,54	69,44	61,50	129,43	205,49	ACD
bcd	85,51	684,08	87,82	83,67	48,80	88,11	BCD
abcd	83,60	668,80	15,28	72,54	11,10	59,93	ABCD

Tabela 10.

Varijacija	Stupanj slobode k	Suma kvadrata $SQ = S^2$	F
A	1	1314,6269	61,95
B	1	778,0033	36,66
AB	1	1,8988	0,09
C	1	68,5475	3,23
AC	1	8,7205	0,41
BC	1	227,7778	10,73
ABC	1	11,0862	0,52
D	1	420,2822	19,79
AD	1	454,0968	21,42
BD	1	165,7338	7,80
ABD	1	1,8988	0,09
CD	1	0,7336	0,03
ACD	1	329,8317	15,53
BCD	1	60,6513	2,86
ABCD	1	23,8997	1,13
Ostatak (greške pokusa)	112	$2376,75/112 = 21,22$	
Ukupno:	127	$7058,68/127 = 55,58$	

Greška pokusa (ostatak) upućuje na zaključak da su u fazi oplemenjivanja bili prisutni još neki faktori, koji nisu obuhvaćeni planom pokusa.

Neprotumačeni dio utjecaja iznosi cca 18% (koef. korelacije $r = 0,816$).

Na osnovi rezultata dobivenih za donju površinu ploče, mogu se donijeti slični zaključci. Za razliku od gornje površine, ovdje se i utjecaj specifičnog pritiska (C) pokazao signifikantan. U odnosu na gornju stranu, neprotumačeni dio utjecaja je veći i iznosi 24% (koef. korelacije $r = 0,757$), što također upozorava na postojanje i drugih utjecajnih faktora, koji nisu obuhvaćeni ovim planom pokusa.

Komparacijom rezultata, za stupanj otvrdnjivanja (točka 4.1) i otpornost na habanje (točka 4.2), pokazuje se da dva upotrijebljena mjerila kvalitete oplemenjene površine ne mjere jednako dobro iste promjene u procesu oplemenjivanja, odnosno međusobno ne pokazuju pretpostavljeni visoki stupanj korelacije. Izračunani koeficijent korelacije iznosi $r = 0,336$. Prema [29] određena je i intervalna procjena za koeficijent korelacije osnovnog skupa koji se kreće u granicama $0,178 < \rho < 0,485$.

Na temelju izračunanog koeficijenta korelacije »r«, smijemo zaključiti da između dva upotrijebljena mjerila kvalitete oplemenjene površine postoji stohastička zavisnost.

5.0. ZAKLJUČAK

Na osnovi analize dobivenih rezultata može se zaključiti da najsignifikantniji utjecaj na kvalitet oplemenjene površine u kratkotaktnom postupku pokazuju: temperatura (A), vrijeme prešanja (B) i vrsta papira (D). Signifikantnost utjecaja izabranih tehnoloških faktora i njihovih interakcija prikazana je u tabeli 11.

Iz rezultata u tabeli proizlazi da se utjecaj spec. pritiska (C) ne bi mogao uzeti kao signifikantan. To praktično znači da za konačan kvalitet oplemenjene površine nije od bitnog značenja visina specifičnog pritiska između dva upotrijebljena nivoa, što je u skladu s mišljenjem Frohninga [14].

Utjecaj vrste dekorativnog papira (D) može se uvjetno uzeti kao signifikantan, iako se on mjenjenjem pomoću otpornosti na habanje na donjoj strani ploče pokazao kao nesignifikantan. U konkretnom slučaju, utjecaj faktora D je vrlo blizu granici signifikantnosti ($F = 0,05$).

Utjecajni faktori i interakcije	Mjerilo kvalitete oplem. površine			
	Stupanj otvrdnjivanja		Otpornost na habanje	
	gornja strana	donja strana	gornja strana	donja strana
A	++	++	++	++
B	++	++	++	++
C	++	---	---	-+
D	++	++	++	---
AB	++	++	---	++
AC	++	++	---	---
AD	++	-+	++	---
BC	++	---	++	---
BD	---	---	++	++
CD	++	---	---	-+

++ vrlo signifikantno ($P = 0,01$)

-+ signifikantno ($P = 0,05$)

--- nesignifikantno

U slučaju dvostrukih i višestrukih interakcija, upotrijebljena mjerila pokazuju za iste utjecajne faktore i uvjete rada različite stupnjeve međusobne ovisnosti. Dobar primjer za ovu napomenu je interakcija vrijeme prešanja — vrsta papira (BD), koja se, uz upotrebu mjerila — stupnja otvrdnjivanja smole, pokazuje kao nesignifikantna, a u slučaju otpornosti na habanje kao vrlo signifikantna. To još jednom upućuje na zaključak da dva upotrijebljena mjerila u osnovi mjere različite promjene u oplemenjenoj površini.

Dobiveni rezultati pokazuju da od ukupno 16 kombinacija najpovoljnije rezultate daju kombinacije ab, ac, bc i abc, kod kojih je upotrijebljen impregnirani papir SW. Povoljniji rezultati dobiveni papirom SW potvrđuju pretpostavku da vrsta papira, odnosno njegove osnovne fizikalno-kemijske karakteristike (stupanj kondenzacije i spec. nanos smole), značajno utječu na kvalitet oplemenjene površine. To istovremeno znači da je u primjeni, u cilju postizavanja optimalnih uvjeta, potrebno ostale tehnološke parametre (posebno temperaturu i vrijeme prešanja) uskladiti s karakteristikama papira.

U ovom ispitivanju svjesno je primijenjen plan pokusa s dva nivoa djelovanja koji omogućuje određivanje stvarne veličine utjecaja pojedinih tehnoloških parametara i njihovih interakcija, ali ne i određivanje preciznih optimalnih vrijednosti za pojedine parametre. Za tu svrhu posebno je primijeniti potpune ili frakcionirane planove pokusa s 3 ili 4 nivoa djelovanja. Dalje pokuse, uz primjenu faktorskih planova, trebalo bi provoditi u pogonskim uvjetima, u cilju utvrđivanja optimalnih vrijednosti pojedinih tehnoloških parametara, koji bi se mogli direktno primjenjivati u praksi.

(1) **Ašmarin, I. P., Vasiljev, M. M., Ambrosov, V. A.:** »Bnjistrinje metodni statističeskoj obrabotki i planirovanie eksperimentov« — Lenjingrad 1971.

(2) **Berlin, A. A., Basin, V. E.:** »Osnovi adhezii polimerov«. — Izdatel'stvo »Himia«, Moskva 1969.

(3) **Böhme, P. i Deutsch, K.:** »Neue Aspekte zur Laminatherstellung für die Oberflächenveredelung von Werkstoffen aus Holz«. — **Holztechnologie** 8(1967) 4 263 — 267.

(4) **Böhme, P. i Karger, S.:** »Zusammenfassung wichtiger Werkstoffkenngrößen zur Charakterisierung dekorativer Schichtpresstoffen für die Oberflächenbeschichtung von Werkstoffen aus Holz«. — **Holztechnologie** 10(1969) 3, 130 — 136.

(5) **Bühler, H.:** »Grafische Darstellung der Eigenschaften von verpressten Kunstharzfilmen«. — **Goldschmidt informiert** 4(1969) 9 21 — 23.

(6) **Dammer, S.:** »Hinweise zur Presstechnik bei der Oberflächenpressbeschichtung von Holzwerkstoffen«. — **Holzindustrie** (Leipzig) 17(1964) 6 171 — 172.; **OGH-Dok**, 15(1964)13

(7) **Deppe, H. J. i Ernst, K.:** »Technologie der Spanplatten, ein Ratgeber für die Praxis«. — **Holz-Zentralblatt** Verl. GmbH, Stuttgart, 1964, 283 S., Abb 128.

(8) **Durašević, A.:** »Metode i organizacija naučno-istraživačkog rada«. — Predavanje na postdiplomskom studiju Fakulteta strojarstva i brodogradnje, Skolska-godina 1968/69.

(9) **Ehrentreich, W.:** »Spezialbleche für Holz — und Kunststoffplatten (Probleme der Herstellung und des Einsatzes von Pressblechen)«. — **Holz — Zentralblatt** 94(1968)59 D. 861.

(10) **Enzensberger, W.:** »Der Einsatz von Einetagen — Kurztaktpressen für die Beschichtung von plattenförmigen Werkstoffen«. — **Holztechnologie** 13(1972)1 34 — 38.

(11) **Enzensberger, W.:** »Moderne Beschichtungsverfahren für Holzwerkstoffplatten«. — **Holz als Roh** 27(1969)12 441 — 463.

(12) **Enzensberger, W.:** »Zur Frage der Oberflächenvergütung von Holzspanplatten mit kunstharzimpregnierten Papier«. — **Holz a. Roh** u. Werkstoff, Berlin 19(1961) 394 — 398.

(13) **Ettinghausen, O.:** »Die dekorative Beschichtung von Holzwerkstoffen mit kunstharzimpregnierten Papieren«. — **Goldschmidt informiert** (1969)4 1 — 15.

(14) **Frohning, H.:** »Verarbeitung von dekorativen Kunstharzfilmen in Kurztaktpressen«. — **Goldschmidt informiert** 4(1969)9 18 — 19.

(15) **Heine, K. H.:** »Oberflächenvergütung mit Kunstharzimpregnierten Papieren im Kurztaktverfahren«. — **Holz-Zentralblatt** 51(1971) 713.

(16) **Hinselmann, D. i Dammer, S.:** »Laminierung von Holzfasernplatten und Holzspanplatten mit melaminharzimpregnierten Papieren im 2 — Stufen — Verfahren«. — **Holztechnologie** (1963)4 9 — 17.

(17) **Karger, S., Böhme, P.:** »Eigenschaften von OPV (Oberflächenpressvergüterter) Spanplatten (II)«. — **Holzindustrie** (1971)3 71 — 74.

(18) **Kehr, E.:** »Zur Verbesserung der Oberflächengüte von Spanplatten«. — **Holz a. Roh** u. **Werkst.** 24(1966)7 295 — 305.

- (19) **König, H. J., Schnee, K.:**
»Beschichten von Holzspanplatten mit Kunstharz-
imprägniertem Spezialpapier auf der Grundlage modifi-
zierter Melamin — Harnstoff — und Polyesterharze«.
— **Holztechnologie** 9(1968)2 81 — 84.
- (20) **Kollmann, F.:**
»Holzspanwerkstoffe« — Springer — Verlag, Berlin
1966.
- (21) **Kollmann, F. i Kufner, M.:**
»Prüfung und Bewährung oberflächenveredelter Span-
platten«. — **Holztechnologie**, 8(1967)1 17 — 23.
- (22) **Landmesser, V. i Neumüller, J.:**
»Anwendung der Statistischen Versuchsplanung in der
Holzforschung«. — **Holztechnologie**, 5(1964)4 269 — 275.
- (23) **Lange, W.:**
»Beschichtung von Holzspanplatten mit Kunstharz-
filmen in Etagen — Heisspressen«. — **Holz a. Roh u.**
Werkst., (1972)3 85 — 91.
- (24) **Linder, A.:**
»Planen und Auswerten von Versuchen«. (3. Auflage).
— Verlag Birkhauser, Basel/Stuttgart 1953.
- (25) **Mitgau, R.:**
»Oberflächenvergütung von Holzwerkstoffen mit
kunstharzprägnierten Papieren«. — Fachtagung:
Kunststoffbeschichtete Holzwerkstoffe, VDI — Fach-
gruppe Kunststofftechnik. Bosenheim, 1971.
- (26) **Müller, R.:**
»Phenol-Melamin — und Harnstoffharze«. — Fach-
tagung, Kunststoffbeschichtete Holzwerkstoffe, VDI —
Fachgruppe Kunststofftechnik, Rosenheim 1971.
- (27) **Nalimov, V. V.:**
»Teoria eksperimenta«. — Izd. »Nauka«, Moskva 1971.
- (28) **Neusser, H.:**
»Die Oberflächenqualität von Spanplatten, ihre Ursa-
chen und Prüfung«. — **Holzforschung u. Holzverwer-**
tung 15(1963)5.
- (29) **Pavlič, I.:**
»Statistička teorija i primjena«. — Panorama, Zagreb,
1965.
- (30) **Petrović, S.:**
»Površinsko oplemenjivanje iverica papirima impreg-
niranim umjetnim smolama«. — **»Drvena industrija**«,
(1973)1/2.
- (31) **Plath, L.:**
»Anforderungen an Spanplatten für die Beschichtung
mit Kunststoffen«. — **Holz a. Roh u. Werkst.** (1971)10
369 — 376.
- (32) **Smirnov, N. W. i Berkowski-Dunin, L. W.:**
»Mathematische Statistik in der Technik (kurzer Lehr-
gang)«. — VEB Deutscher Verlag, der Wissenschaften,
Berlin 1969.
- (33) **Snidikor, V. Dž. i Kohren, V. C.:**
»Statistički metodi«. — Vuk Karadžić, Beograd 1971.
- (34) **Storm, R.:**
»Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik
und statistische Qualitätskontrolle«. — VEB Fachbuch-
verlag, Leipzig.
- (35) **Scherfke, R., Kahr, E.:**
»Über die Herstellung und Eignung von Spanplatten
für die Oberflächenpressbeschichtung«. — **Holztech-**
nologie 9(1968)2 113 — 118.
- (36) **Zeppenfeld, F. i dr.:**
»Schnellmethode zur Prüfung von Dekorfolien auf
vollständige Aushärtung«. — **Holztechnologie** 9(1968)1
52 — 53.
- (37) **Zwicky, F.:**
»Entdecken, Erfinden, Erforschen«. — Knauer — Ver-
lag, München 1971.

NAPOMENA AUTORA:

1. Članak predstavlja skraćeni prikaz magistarske radnje, koju je autor javno obranio 11. II 1974. na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Nastojali smo da skraćenje, iako osjetno, ne utječe bitno na razumijevanje iznesene materije. Ukoliko bi se pokazala potreba za detaljnijim objašnjenjima o pojedinim pitanjima, koja su ovdje u nedovoljnom opsegu prikazana, redakcija upućuje čitaoca na autora ovog članka.

2. Na ovaj način autor želi zahvaliti prof. dr. ing. Dr. h. c. F. Kollmannu, Dr. Teichgräberu i suradnicima kod provedbe eksperimentalnog dijela u Institutu za istraživanje drva u Münchenu, te prof. dr. J. Hribaru i prof. Z. Smolčić, redovnim profesorima Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, za savjete i sugestije u obradi radnje.

