

Kreiranje ciljnih karakteristika drvno-plastičnih kompozita (WPC)

ALEKSANDAR D. DRPIĆ, Institut IMS a.d, Beograd
ORCID: 0000-0003-2594-9928

Pregledni rad
UDC: 678.5
DOI: 10.5937/tehnika2406651D

Drvno-plastični kompoziti (WPC) predstavljaju savremene materijale sa ekspanzijom primene. U pogledu odnosa kvalitet/troškovi, WPC su se pokazali kao izuzetno kvalitetni na tržištu u odnosu na druge materijale istih ili sličnih namena. U kreiranju ciljnih karakteristika WPC proizvoda polazi se od vrste komponenata, njihove interakcije i primenjene matrice. U ovom radu akcenat je bio na mehaničkim i fizičkim karakteristikama, koje zbog značaja često predstavljaju osnov istraživanja. Dat je uvid u aktuelno stanje – korišćenje WPC proizvoda, pregled odabranih uticaja važnih za proces kreiranja ciljnih karakteristika WPC, odabrani savremeni primeri kreiranja ciljnih karakteristika, kao i primer studije osnovnih fizičkih karakteristika WPC na grupi proizvoda (sinergija parametara).

Ključne reči: drvno plastični kompozit (WPC), ciljne karakteristike, mehaničke karakteristike, fizičke karakteristike, grupa proizvoda, sinergija parametara

1. UVOD

Drvno-plastični kompoziti (WPC) kao alternative konvencionalnim panelima na bazi drveta (WPB) predstavljaju klasu drvno-kompozitnih materijala koja ima veoma rastući trend razvoja. Njihova široka primena u različitim granama privrede dovela je do potrebe za istraživanjem različitih pristupa u kreiranju njihovih karakteristika.

Najopštije, WPC se najčešće sastoji od drveta, termoplastike i aditiva. Složena struktura ovakvog kompozita predstavlja složenu osnovu za kreiranje odgovarajućih ciljnih karakteristika. Komponente za proizvodnju WPC mogu da potiču iz resursa reciklaže. Sami WPC se mogu reciklirati i smatraju se ekološki prihvatljivim proizvodima.

Korišćenje recikliranih materijala na bazi drveta za proizvodnju drvno-plastičnih kompozita je održivo u pogledu ekološke prihvatljivosti i doprinosi poboljšanju cirkularne ekonomije, a istraživanje ciljnih karakteristika treba da doprinese da se zahtevi planirane upotrebe mogu zadovoljiti primenom odgovarajućeg proizvoda u odgovarajućim uslovima. Fizičkomehaničke karakteristike pri tome imaju ključnu ulogu.

2. OSNOVE KREIRANJA CILJNIH KARAKTERISTIKA WPC

Strukturu kompozita čini kontinualna faza tj. matrica, u koju je ugrađena jedna ili više diskontinualnih faza – na bazi aktivnih punilaca ili ojačanja [1]. Diskontinualna faza ima funkciju poboljšanja mehaničkih svojstava i njome se mogu modifikovati i neka druga svojstva kompozita, kao na primer, toplotna, akustička, električna, magnetna i optička svojstva. Pravilnim izborom komponenata i podešavanjem njihovog relativnog masenog odnosa u strukturi kompozitnog materijala mogu se dobiti materijali željene gustine, čvrstoće, tvrdoće, krutosti, otpornosti na koroziju i habanje, sposobnosti termičke i akustičke izolacije i sl. [1]. Diskontinualna faza može biti u obliku sfere (čestice), cilindra (vlakna, štapići), pločastog sloja (laminat), nepravilnih pločica (luspice), ili nepravilnih čestica (punilac). Tip polimerne matrice utiče na strukturu kompozita u smislu određivanja fizičko-mehaničkih, hemijskih, dinamičkih, termičkih, električnih i drugih funkcionalnih svojstava. U zavisnosti od matrice, kompozitni materijali se mogu klasifikovati kao sintetički kompoziti (keramički, metalni, polimerni, ugljenični), ili prirodni kompoziti sa matricom od lignina (drvo) ili kolagena (biokompoziti). [2, 3]. WPC u tom smislu pripada grupi prirodnih kompozita.

Kreiranje ciljnih karakteristika WPC predmet je brojnih savremenih istraživačkih i razvojnih projekata. U zavisnosti od resursa i procesne opreme koja se koristi, WPC mogu imati širok spektar karakteristika.

Adresa autora: Aleksandar Drpić, Institut IMS ad, Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43
e-mail: aleksandar.drpic@institutims.rs
Rad primljen: 21.10.2024.
Rad prihvaćen: 05.12.2024.

Sirovine koje se koriste u proizvodnji WPC su pretežno piljevina, drvena vlakna, drveno brašno, kao i plastična matrica u obliku polietilena (PE), poli (vinil hloriga) (PVC), polipropilena (PP), polistirena (PS) i akrilonitril-butadien-stirena (ABS) [4, 5]. Sitne čestice neorganskih minerala imaju značajan uticaj na mehanička svojstva WPC, tj. neorganski minerali pri maloj veličini čestica mogu da popune prazninu između WPC matrice i čestica drvnog brašna, i na taj način značajno poboljšaju čvrstoću na savijanje WPC [6]. Istraživanja su pokazala da se dodavanjem odgovarajuće količine nano-SiO₂, kao i CNT (zasebno u WPC kompozit), mogu poboljšati savojna čvrstoća i zatezna čvrstoća WPC kompozita do određene mere.

Nano bor nitrid i nanoceluloza mogu značajno poboljšati čvrstoću i otpornost pri udaru [7]. Aditivi mogu poboljšati proces proizvodnje, poboljšati UV zaštitu i dati otpornost biološkom raspadanju [8]. Agensi vezivanja su potrebni da bi se poboljšala međusobna adhezija između polarne komponente drveta i nepolarne površine polimera [9].

Za poboljšanje svojstava WPC mogu se koristiti i usporivači gorenja (retardanti gorenja) i kompatibilizatori. Zelena transformacija građevinske industrije zavisi od ekološke prihvatljivosti građevinskih materijala [10]. Kako bi se smanjio ugljenični otisak, kao sirovine za proizvodnju ekološki prihvatljivog WPC koriste se otpadno drvo i reciklirana plastika [11].

2.1 Uticaj drvne komponente i polimerne matrice na mehaničke karakteristike WPC

Prirodna vlaknasta struktura drveta ima odlične mehaničke karakteristike, koje prati niska gustina. Na primer, izolovano vlakno omorike pokazuje napon zatezanja od 530 MPa i modul elastičnosti od 10.100 MPa [12]. Drvo u WPC nije prisutno u svojoj prirodnoj vlaknastoj strukturi, već u obliku ostataka prerađevina iz pilana, ostataka nakon seče drveta, piljevine, pa je potrebna dodatna obrada. Za obradu se mogu koristiti tehnologije mehaničkog razbijanja, kao što su: čekić, mlinovi za preradu i rafinerijski agregati. Zbog mehaničkog i termičkog tretmana tokom obrade, struktura drveta je značajno izmenjena, a njegove karakteristike nisu iste kao u čistom, neprerađenom drvetu.

Zbog dobre dostupnosti i lakog unosa pri konvencionalnim procesima proizvodnje plastike, u proizvodnji WPC često se koristi drveno brašno [13]. Čestice drvnog brašna (veličine 100-500 µm) imaju široki raspon odnosa dužine i prečnika (odnos proporcije ili odnos L/D) [14]. Drvena vlakna se razlikuju od čestica u tome što imaju veći odnos dužine i širine. Drveno brašno je bolji punilac, poboljšavajući krutost, ali ne i čvrstoću proizvoda.

Radi zaštite drvnih vlakna od raspadanja celuloznih lanaca, temperatura obrade polimera ne bi trebalo da prelazi 200°C. Polimeri koji zadovoljavaju ovaj uslov su PE (HDPE, LDPE), PVC, PP, PVC, ABS i PS [15]. HDPE (polietilen velike gustine) ima dobru otpornost na dejstvo hemikalija i pogodan je za pakovanje deterdženata, margarina i mleka. PE je jeftin, ima izuzetnu tvrdoću i žilavost, ali nisku temperaturu upotrebe proizvoda u čiji sastav ulazi. Danas se PE koristi kao polimerna matrica za fabrikovanje eksternih komponenata u građevinarstvu. Upotrebljavaju se svi tipovi polietilena, nezavisno od gustine (polietilen male gustine - LDPE, polietilen srednje gustine - MDPE, polietilen velike gustine - HDPE). LDPE se koristi kod zaptivanja zbog svoje niske tačke topljenja. HDPE ima dobar odnos čvrstoće i gustine, kao i izuzetnu specifičnu čvrstoću. Tvrdi je od LDPE. HDPE ima dobru otpornost na dejstvo rastvarača. PP (polipropilen) ima slična svojstva kao PE (polietilen), ali ima veću otpornost na toplotu i nešto bolja mehanička svojstva. PVC ima odličnu hemijsku otpornost i stabilnost, kao i dobre elektroizolacione karakteristike. Najčešće se koristi u industriji armatura i cevi. Međutim, PVC stvara toksične emisije pri visokim temperaturama. PP se zbog svoje visoke tačke topljenja najčešće koristi za pakovanja koja su izložena visokim temperaturama. Koristi se i za pakovanje jogurta, boca za lekove i kečap, spoljašnje kućište akumulatora automobila. ABS ima odličnu otpornost na abraziju i hemikalije, odličnu čvrstoću i krutost, lako se proizvodi i mašinski obrađuje, a ima i optimalnu dimenzionalnu stabilnost. Dobra mehanička i fizička svojstva PS, kao što su mala gustina, velika krutost i izuzetna toplotna izolacija, čine ga dobrim izborom kod pakovanja hrane i lekova. Ostale plastike, kao što su PBS, PC, PES, PET, PF, PHBV, PLA, PPC i UPE, primenjene kao matrice u izradi WPC kao rezultat su dale poboljšanje mehaničkih i termofizičkih karakteristika WPC.

Da bi se utvrdila opravdanost korišćenja otpadne plastike i otpadnog drveta u proizvodnji WPC, sprovedena su brojna eksperimentalna istraživanja. Piljevina drveta *Cedrela odorata* korišćena je za proizvodnju WPC sa matricama HDPE, PET i PP [16]. Kada se koristi u proizvodnji WPC, sav plastični otpad se više puta pere i suši kako bi se osigurao adekvatan nivo čistoće. Osušena plastika se zatim usitnjava u mlinu u čestice veličine između 3 i 7 mm.

Hyvärinen i saradnici (2019) su ispitivali uticaj dodavanja građevinskog otpada kao čvrstog punioca na mehaničke i fizičke karakteristike PP/WF WPC [17]. Upotreba ovog punioca u visokim koncentracijama utiče nepovoljno na većinu mehaničkih svojstava WPC, kao što je zatezna čvrstoća, savojna čvrstoća i tvrdoća, gde je poboljšana otpornost na udar

merena po Šarpijevom testu. Upotreba ovog punioca smanjila je debljinsko bubrenje i apsorpciju vode WPC.

Upotreba otpadnih materijala u industriji WPC nije ograničena samo na otpadnu plastiku ili drvenu piljevinu, već se mogu koristiti i drugi otpadni materijali kao punioci ili agensi za vezivanje. Otpadno motorno ulje iz automobila korišćeno je kao agens za vezivanje u proizvodnji LDPE/ piljevine WPC [18]. Čvrstoća na savijanje proizvedenog WPC dostigla je visoku vrednost od 13,69 MPa, što ga čini pogodnim za primenu kod spoljašnjih ograda.

3. PRIMERI KREIRANJA CILJNIH KARAKTERISTIKA WPC

Odabrani su karakteristični primeri kreiranja ciljanih karakteristika WPC, na osnovu novijih istraživanja.

3.1 *In situ* polimerizacija poli (vinil acetatom)

Acosta i saradnici (2021) su radili karakterizaciju kompozita na bazi drveta (WPC) *in situ* polimerizacijom poli (vinil acetatom) u juvenilno i zrelo drvo bora [19]. Za impregnaciju drveta monomerom vinil acetata koristili su vakuum-kompresiju, a kao inicijator je korišćen benzoil peroksid (1,5 wt%). Polimerizacija *in situ* je dala poboljšane mehaničke karakteristike i povećanu toplotnu stabilnost, što se pripisuje impregnisanom poli (vinil acetatu) (posebno na površini drveta).

3.2 Nano silicijum kao ojačavajući hibridni punilac

Nano silicijum se može koristiti kao ojačavajući punilac za drvo-plastične kompozite. Međutim, teško je postići finu disperziju nano silicijuma u drvo-plastičnim kompozitima. Ma i saradnici (2020) su kombinovali alkalni tretman i so-gel metodu kako bi se modifikovalo drvo brašno (WF) *in situ* za pripremu WF/silicijum hibrida, nakon čega je hibrid korišćen kao ojačavajući punilac za drvo-plastične kompozite na bazi polipropilena [20]. U poređenju sa drvo-plastičnim kompozitima pomešanim sa komercijalnim silicijumom, kompoziti punjeni hibridnim puniocem imaju bolje mehaničke performanse i toplotnu stabilnost.

3.3 Graft kopolimer polietilena i međufazne interakcije u rpe/wf kompozitima

Hong i saradnici (2019) su izradili drvo-plastične kompozite visokih performansi i poboljšanih međufaznih interakcija dodavanjem graft kopolimera kao modifikatora međufaze i kuvanjem drvnog brašna (WF), i utvrdili su značajno poboljšanje sa aspekta mehaničkih i reoloških svojstava recikliranog polietilena (rPE)/WF [21]. Kuvanje WF povećava

praznine u ćelijama i omogućava infiltraciju rPE u praznine.

3.4 kompatibilizatori – mpoe i ommt

Za ojačavanje lignoceluloznog materijala - otpada kineske jele (Cunninghamia lanceolata), Elamin i saradnici (2020) su koristili i polietilen niske gustine kao matricu pri izradi kompozita [22]. Maleat polietilen okten elastomer (MPOE), oktadecil organski modifikovani montmorilonit (OMMT) i njihove kombinacije korišćene su kao kompatibilizatori.

Rezultati pokazuju značajno povećanje zatezne čvrstoće (za oko 41,5%) kada se mešavina MPOE i OMMT koristi kao kompatibilizator. Osim toga, dodavanje MPOE je dovelo do poboljšanja otpornosti na udar za oko 27%. Korišćenje oba kompatibilizatora je efikasno za poboljšanje mehaničkih karakteristika WPC.

3.5 Kenaf vlakna kao ojačivači

Taufiq i saradnici (2018) su ispitivali drvo-plastične kompozite proizvedene od reciklirane mešavine polipropilena/polietilena (r-PP/PE) ojačane kenaf vlaknima [23]. Utvrđeno je da je maksimalna čvrstoća na savijanje kompozita bila postignuta pri sadržaju kenaf vlakana od 30 wt%, dok je maksimalni modul elastičnosti bio postignut pri sadržaju kenaf vlakana od 60 wt%. Dodavanje kenaf vlakana smanjilo je stepen kristaliničnosti r-PP/PE, pri čemu se poboljšanje može uočiti nakon zagrevanja i hlađenja.

3.6 Vlakna drveta masline (OWF) kao ojačivači

Bouhamed i saradnici (2020) su ispitivali drvo-polimerne kompozite (WPC) na bazi polipropilena (PP) ojačane vlaknima drveta masline (OWF) [24]. Proučavan je uticaj sadržaja drvnog brašna i hemijske obrade vlakana amino-silanom na mehaničke karakteristike WPC. Kao rezultat, pokazalo se da povećanje količine vlakana i dodavanje amino-silana, kao agensa vezivanja, poboljšava krutost kompozitnih materijala.

3.7 Tretman drvnih vlakana taninskom kiselinom (ta)

Lin i saradnici (2020) su koristili drvena vlakna kao nosače za imobilizaciju TA nakon čega je usledila apsorpcija Fe^{2+} iz vodenog rastvora [25]. Zatim su vlakna sa TA-Fe kompleksom pomešana sa difenilmetan di-izocijanatom (MDI) kako bi se pripremio visoko funkcionalni kompozit. Dobijeni kompoziti su imali poboljšanu higroskopnost, veću krutost (oko 5100 MPa) i odličnu dimenzionalnu stabilnost. Ovi kompoziti su imali sadržaj vlage oko 8,5% (pri izloženosti relativnoj vlažnosti od 85% tokom 250 h), i pokazali su debljinsko bubrenje od 5,8% nakon potapanja u vodu tokom 24 h.

4. STUDIJA OSNOVNIH FIZIČKIH KARAKTERISTIKA DRVNO-PLASTIČNIH KOMPOZITA (WPC) - KREIRANJE CILJNIH KARAKTERISTIKA – SINERGIJA PARAMETARA

Rahman i saradnici (2018) su ispitivali uticaj veličine drvnih čestica na pojedina svojstva drvo-plastičnih kompozita [26]. WPC debljine 6 mm proizveden je iz Albizije richardiana drvnih čestica kao ojačavajućeg materijala i recikliranog polietilen tereftalata (PET) kao agensa vezivanja, korišćenjem postupka ravnog presovanja. Za pripremu WPC su

korišćene dve različite veličine drvnih čestica: 0,5 mm do 1,0 mm (oznaka A) i 1,01 mm do 2,0 mm (oznaka B). Ispitivani su apsorpcija vode (WA) i debljinsko bubrenje (TS) kod WPC nakon 24 sata potapanja u vodu na tri različite temperature, 25, 50 i 75°C. WA i TS su proporcionalno povećani sa povećanjem temperature potapanja od 25 do 75°C. Najveći modul elastičnosti MOE (2570 N/mm²) je konstatovan kod WPC proizvedenih u odnosu 50:50 (odnos drvene čestice: PET).

U tabeli 1 dat je prikaz grupe proizvoda, sa podacima o gustinama.

Tabela 1. Formulacije kompozita na bazi drvo-polietilen tereftalata (PET) sa podacima o gustinama ρ [kg/m³] [63]

Formulacija	WPC kompozicija zasnovana na wt%		
	Sadržaj čestica [%]	PET sadržaj [%]	ρ [kg/m ³]
A-40	40	60	1100
A-50	50	50	990
A-60	60	40	960
A-70	70	30	849
B-40	40	60	1047
B-50	50	40	930
B-60	60	50	900
B-70	70	30	801

4.1 Gustina WPC

Gustina WPC je merena prema ASTM D1037 standardu [64]. Gustina WPC kod formulacija malih čestica (A-tip) kretala od 849 kg/m³ do 1.100 kg/m³, dok se gustina kod formulacija velikih čestica (B-tip) kretala od 801 kg/m³ do 1.047 kg/m³ [63]. Takođe su konstatovali da se gustina za WPC čestica A- i B-tipa smanjuje sa povećanjem količine čestica u formulacijama od 40 do 70%. WPC tipa A-40 su pokazali veću gustinu (1.100 kg/m³), dok su WPC tipa B-70 pokazali najmanju gustinu (801 kg/m³) u poređenju sa ostalim formulacijama. Za povećan sadržaj čestica od 40 do 70%, gustina WPC se smanji za oko 23%. Uočeno je smanjenje gustine za 6% kod formulacija velikih čestica (B-tip) u poređenju sa formulacijama malih čestica (A-tip). Veća površina finih čestica omogućava ravnomerno raspršivanje adheziva, što rezultira većom gustinom WPC.

4.2 Sadržaj vlage WPC

Sadržaj vlage u uzorcima WPC meren je sušenjem u sušnici na temperaturi 103±2°C tokom 24 h. Sadržaj vlage u proizvedenim WPC kretao se u opsegu između 0,79% do 2,24%. B-70 WPC je pokazao veći sadržaj vlage (2,24%), dok je A-70 pokazao sadržaj vlage od 2,01%. S druge strane, WPC tipa A-40 su pokazali najniži sadržaj vlage među svim kompozitima. Kao i čestice drveta, PET je hidrofobne prirode i ima

tendenciju da ometa prodor vlage u kompozite. Porast sadržaja vlage kod formulacija velikih čestica (B-tip) može biti rezultat većeg broj pora koje mogu stvoriti otvore za kretanje vlage u kompozitima. Sa povećanjem količine plastike u matrici smanjuje se sadržaj vlage u WPC. Prema standardu ANSI [27], prosečni sadržaj vlage kompozita ne sme prelaziti 10%. Dakle, sadržaj vlage u kompozitima je bio značajno niži od zahtevanog standarda i sadržaj vlage WPC zavisi od količine i vrste plastike koja ulazi u njen sastav.

4.3 Apsorpcija vode (WA) i debljinsko bubrenje (TS) WPC

Da bi se izmerili WA i TS, izraženi u %, osušeni uzorci WPC uronjeni su u vodu u trajanju od 24 sata, pri temperaturama 25, 50 i 75°C. Sa povećanjem količine čestica i temperature potapanja povećava se WA i TS kod oba tipa čestica (A i B). Najmanja vrednost WA (oko 10%) izmerena je na uzorcima tipa B-40 pri temperaturi potapanja od 25°C, a najveća vrednost (oko 40%) kod uzoraka tipa A-70 pri temperaturi potapanja od 75°C.

Najmanja vrednost TS (oko 3%) izmerena je na uzorcima tipa B-40 pri temperaturi potapanja od 25°C, a najveća vrednost (oko 12%) kod uzoraka tipa A-70 pri temperaturi potapanja od 75°C. Odnos drvo: plastika 70:30 pokazao je veći WA i TS u poređenju

sa drugim odnosima mešanja za kompozite tipa A i kompozite tipa B. Hidrofilna priroda drveta bi mogla biti odgovorna za ove rezultate.

WPC napravljeni od formulacija velikih čestica (B-tip) pokazali su niže WA i TS od WPC napravljenih od formulacija malih čestica (A-tip). Takođe je bilo evidentno da veći WA dovodi do povećanja TS kod WPC. Nakon 24 sata potapanja u vodu, WPC koji su napravljeni od formulacija velikih čestica (B-tip) su pokazali 4-27% niži WA nego WPC napravljen od formulacija manjih čestica (A-tip). Temperature potapanja su imale značajan uticaj na WA i TS kod WPC. Sa porastom temperature od 25 do 75°C, WA i TS kompozita su porasli u većem procentu.

5. ZAKLJUČCI

Postoje značajne razlike u mehaničkim svojstvima WPC kompozita u zavisnosti od udela komponenata od kojih su sastavljeni. Veći sadržaj drvnih vlakana povećava tvrdoću WPC, dok povećanje udela plastične matrice povećava žilavost kompozitnog materijala. S obzirom na ciljnu mehaničku karakteristiku, utvrđuje se odgovarajući relativni odnos masenih udela. Nedostaci se koriguju: dodavanjem čestica neorganskih materijala, izborom aditiva i agenasa. Novija istraživanja su pokazala da kompoziti sastavljeni od različitih vrsta drvnih vlakana imaju bolja mehanička svojstva u poređenju sa kompozitima sastavljenim od jedne vrste vlakana. Savremena istraživanja *in situ* polimerizacije, primene nano silicijuma kao ojačavajućeg hibridnog punioca, korišćenje graft kopolimera, primena MPOE i OMMT kompatibilizatora, primena kenaf vlakana kao ojačivača, dodavanja OWF vlakana kao ojačivača, tretmani drvnih vlakana taninskom kiselinom, kao i primena različitih recikliranih materijala i otpadnih materijala predstavljaju pravce istraživanja.

S obzirom na složenost strukture drvo-plastičnog kompozita (WPC), sinergijski pristup sa više parametara – ispitivanje grupe proizvoda u različitim uslovima – može da bude neophodan za kreiranje bilo koje ciljne karakteristike WPC. Na taj način su detaljno istražene fizičke karakteristike WPC proizvoda manjih i većih čestica sa matricom na bazi drvopolietilen tereftalata (PET), pri različitim masenim sadržajima drvne i plastične komponente i u različitim uslovima, tj. utvrđene su relevantne promene osnovnih fizičkih karakteristika WPC: promene gustine, promene sadržaja vlage, promene apsorpcije vode, promene debljinskog bubrenja.

LITERATURA

- [1] Shi C, Mo YL. High-Performance Construction Materials: Science and Applications. In: *Engineering Materials for Technological Needs* Vol. 1. Editor, Chung, DDL. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2004.
- [2] Mallick P. K. *Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC CRC Press, 2008.
- [3] Lowe A. *Composite Materials* (Lecture notes), Department of Engineering, Australian National University, Canberra, 2001.
- [4] Ratanawilai T, Taneerat K. Alternative polymeric matrices for wood-plastic composites: Effects on mechanical properties and resistance to natural weathering. *Construction and Building Materials*. 172, 349–357, 2018.
- [5] Ramesh R. S, Sadashivappa K, Sharanaprabhu L. Physical and Mechanical Properties: Hot pressed Phenol Formaldehyde based Wood Plastic Composite. *Materials Today Proceedings*. 5, 25331–25340, 2018.
- [6] Meng L, Liu M, Li C, Meng L. Research progress of inorganic mineral reinforced wood plastic composite. *Miner. Chem. Processing*, 50, 32–36, 2021, doi: 10.16283/j.cnki.hgkwyjg.2021.09.008.
- [7] Hu F, Li H, Wu Z, Yu L, Cao R, Xu H. Research status of nano-reinforced wood-plastic composites. *World For. Res.*, 35, 63–68, doi: 10.13348-/j.cnki-sjlyjy.2021.0055.y, 2022.
- [8] Oksman K, Sain M. (eds). *Wood-polymer-composites*. Woodhead Publishing and Maney Publishing, Boca Raton, 2008.
- [9] Lu JZ, Wu Q, McNabb HJr. Chemical coupling in wood fiber and polymer composites: A review of coupling agents and treatments. *Wood and Fiber Science* 32(1):88–104, 2000.
- [10] Dauletbek A, Li H, Xiong Z, Lorenzo R. A review of mechanical behavior of structural laminated bamboo lumber. *Sustainable Structures*, 1, (1):4, 2021.
- [11] Liu K, Jayaraman D, Shi Y, Harries K, Yang J, Jin W, Shi Y, Wu J, Jacome P, Trujillo D. Bamboo: A Very Sustainable Construction Material—2021 International Online Seminar summary report. *Sustainable Structures*, 2, (1):15, 2022.
- [12] Burgert I, Frühmann K, Keckes J, Fratzl P, Stanzl-Tschegg SE. Microtensile testing of wood fibers combined with video extensometry for efficient strain detection, *Holzforschung* 57(6):14, 2003.
- [13] Schwarzkopf MJ, Burnard MD. Wood-Plastic Composites - Performance and environmental impacts. In: Kutnar A, Muthu SS (eds) *Environmental Impacts of Traditional and Innovative Forest-based Bioproducts*, Springer Singapore, Singapore, pp 19–43, 2016.

- [14]Elsheikh A. H, Shehabeldeen T. A, Zhou J, E Showaib, Elaziz MA. Prediction of laser cutting parameters for polymethylmethacrylate sheets using random vector functional link network integrated with equilibrium optimizer, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32, 1377–1388, 2021b.
- [15]Martinez Lopez Y, Paes JB, Gustave D, Gonçalves FG, Méndez FC, Theodoro Nantet AC. Production of wood-plastic composites using cedrela odorata sawdust waste and recycled thermoplastics mixture from post-consumer products - A sustainable approach for cleaner production in Cuba, *Journal of Cleaner Production*, 244, 118723, 2020.
- [16]Hyvärinen M, Ronkanen M, Kärki T. The effect of the use of construction and demolition waste on the mechanical and moisture properties of a wood-plastic composite, *Composite Structures* 210, 321-326, 2019.
- [17]Animpong MAB, Oduro WO, Koranteng J, Ampomah-Benefo K, Boafo-Mensah G, Kisiedu Akufo-Kumi K, Tottiméh GO, Amoah JY. Coupling effect of waste automotive engine oil in the preparation of wood reinforced LDPE plastic composites for panels, *South African Journal of Chemical Engineering* 24, 55-61, 2017.
- [18]Acosta A, Gallio E, Zanatta P, Schulz H, Delucis RA, Gatto D. Juvenile and Mature Pinewoods Treated by in situ Polymerization with Poly (vinyl acetate). *Fibers and Polymers* 22, 745–750, 2021.
- [19]Ma Y, He H, Huang B, Jing H, Zhao Z. In situ fabrication of wood flour/nano silica hybrid and its application in polypropylene-based wood-plastic composites. *Polymer Composites* 41 (2), 573–584, 2020.
- [20]Hong H, Guo Q, Zhang H, He H. Effect of interfacial modifiers and wood flour treatment on the rheological properties of recycled polyethylene/wood flour composites. *Progress in Rubber Plastics and Recycling Technology* 36 (6), 2019;
- [21]Elamin M. A. M, Li S. X, Osman Z. A, Otitoju T. A. Preparation and characterization of wood-plastic composite by utilizing a hybrid compatibilizer system, *Industrial Crops and Products* 154, 112659, 2020.
- [22]Taufiq M. J, Mansor M. R, Mustafa Z. Characterisation of wood plastic composite manufactured from kenaf fibre reinforced recycled-unused plastic blend, *Composite Structures* 189 (19), 510-515, 2018.
- [23]Bouhamed N, Souissi S, Marechal P, Amar MB, Lenoir O, Leger R, Bergeret A. Ultrasound evaluation of the mechanical properties as an investigation tool for the wood-polymer composites including olive wood flour, *Mechanics of Materials* 148, 103445, 2020.
- [24]Lin Q, Wu J, Yu Y, Huang Y, Yu W. Immobilization of ferric tannate on wood fibers to functionalize wood fibers/diphenylmethane di-isocyanate composites, *Industrial Crops and Products* 154, 112753, 2020.
- [25]Siddikur Rahman K, Islam MN, Ratul SB, Dana NH, Musa SM, Hannan OM. Properties of flat-pressed wood plastic composites as a function of particle size and mixing ratio, *Journal of Wood Science* 64, 279-286, 2018.
- [26]ASTM D 1037. Standard test methods for evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials static tests of timbers. ASTM, Philadelphia, 1999.
- [27]ANSI A 208. American National Standard: particle-board. CPA, Gaithersburg, p 11, 1999.

SUMMARY

CREATING TARGET CHARACTERISTICS OF WOOD-PLASTIC COMPOSITES (WPC)

Wood-plastic composites (WPC) represent modern materials with expanding applications. In terms of the quality/cost ratio, WPC has proven to be of exceptional quality on the market compared to other materials of the same or similar purposes. In creating the target characteristics of WPC products, the starting point is the type of components, their interaction and the applied matrix. In this work, the emphasis was on mechanical and physical characteristics, which due to their importance often represent the basis of research. An insight into the current situation is given - the use of WPC products, an overview of selected influences important for the process of creating the target characteristics of WPC, selected modern examples of the creation of target characteristics, as well as an example of a study of the basic physical characteristics of WPC on a group of products (synergy of parameters).

Key Words: Wood-plastic composite (WPC), target characteristics, mechanical characteristics, physical characteristics, product group, synergy of parameters