

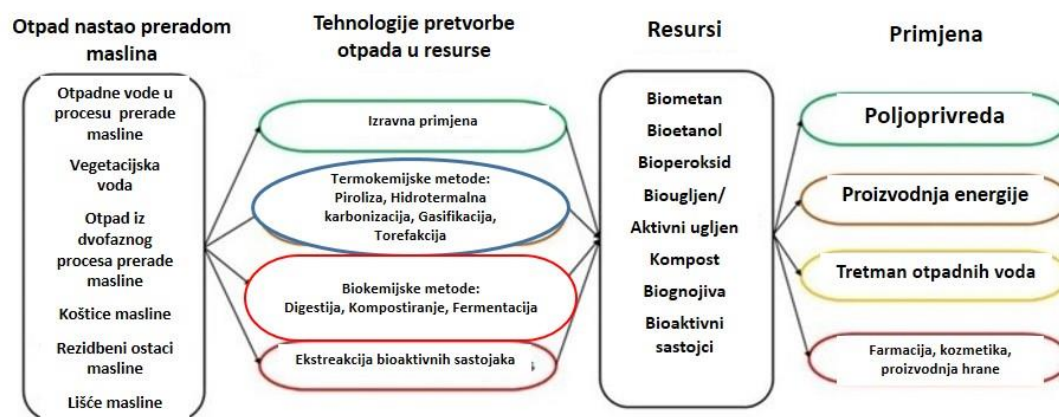
Strategije prilagodbe procesa proizvodnje hrane klimatskim promjenama: pretvaranje otpada od maslina u vrijedne resurse

Prilagodba procesa proizvodnje hrane klimatskim promjenama na temelju koncepta pretvorbe otpada u resurse uključuje pretvaranje otpada od hrane u bioenergiju, organska gnojiva i bioplastiku, uporabu mikrobne obrade za pretvorbu nusproizvoda i usvajanje održivih rješenja za pakiranje. Ostale strategije uključuju kompostiranje organskog otpada radi poboljšanja kvalitete tla, uporabu energije iz otpada anaerobnom digestijom, uporabu otpornih i nedovoljno iskorištenih usjeva i optimizaciju lanaca opskrbe digitalnim alatima radi smanjenja gubitaka hrane. Tim se pristupima promiče kružno gospodarstvo, jača sigurnost opskrbe hranom, smanjuje utjecaj na okoliš i potiče otpornost na klimatske promjene u sustavima hrane.

Poljoprivrednici prilagođavaju svoju praksu tim promjenama, no mnoga su rješenja i dalje ograničena na određene regije ili poljoprivredne sektore. Projektom CLIMED-FRUIT [1], koji financira EU, nastoji se riješiti taj problem prikupljanjem i razmjenom inovativne klimatski prilagodljive prakse iz raznih europskih poljoprivrednih skupina kako bi se povećala otpornost i promicala djelotvorna prilagodba klimatskim promjenama i njihovo ublažavanje. Ovaj članak predstavlja dio rezultata pokusa iz iskustava i istraživanja provedenih diljem Europe, prikupljenih u okviru projekta CLIMED-FRUIT.

Ponovna uporaba nusproizvoda i suproizvoda maslina

Proizvodnja maslinova ulja znatno je porasla zbog njegove koristi za zdravlje, što je dovelo do proizvodnje velikih količina otpada iz uljara (*olive mill waste*, OMW), koje stvaraju ozbiljne ekološke probleme. Ovisno o metodi ekstrakcije, taj otpad uključuje onečišćene otpadne vode i krute ostatke kao što su pokožica, koštice i komina masline. Komina masline, koja se sastoji od zdrobljene pokožice, pulpe i koštica te tekućeg ostatka, predstavlja znatan nusproizvod: na 100 kg maslina dobije se 35 kg komine i 100 litara tekućine [2]. Suvremenom dvofaznom metodom ekstrakcije, koja se smatra ekološki prihvatljivijom od trofaznog procesa, još uvijek se dobije otpad s visokim udjelom vlage od približno 65 – 70 % [3]. Gospodarenje tim otpadom trajni je izazov za proizvođače maslinova ulja, i s ekonomskog i s ekološkog stajališta. Međutim, usvajanje strategije „nultog otpada“ putem koncepta pretvorbe otpada u resurse može pretvoriti otpad iz uljara u vrijedne proizvode, podupirući kružno gospodarstvo u industriji maslinova ulja [4]. Otpad iz uljara, bogat organskim materijalom i bioaktivnim spojevima, sve se manje smatra otpadom, a sve više resursom za ponovnu uporabu. Tim se pristupom promiču održive prakse i mogu ostvariti znatne socioekonomske koristi, osobito u regijama s niskim prihodima, čime se pridonosi održivijim i ekološki prihvatljivijim postupcima proizvodnje maslinova ulja (slika 1).



Slika 1: Primjena otpada iz uljara prema konceptu pretvorbe otpada u resurse [4]

Otpad od prerade maslina: primjer biogoriva

Na mediteranske zemlje otpada 95 % svjetske proizvodnje maslinova ulja [5]. Proizvodnja maslinova ulja na mediteranskom području mijenja se zbog klimatskih promjena i pritiska okoliša. U proizvodnji maslinova ulja nastaju znatne količine otpada, osobito koštica i komine, koje su problematične za odlaganje, ali imaju i znatan potencijal u energetskej uporabi. Koštice i komina, čija je kalorijska vrijednost 17 – 20 MJ/kg odnosno 19 – 24 MJ/kg, mogu se upotrebljavati u kotlovima na biomasu ili pretvoriti u visokoučinkovite pelete i time predstavljaju obnovljivu alternativu fosilnim gorivima i smanjuju troškove energije u uljarama [6] [7]. Komina maslina može se sušenjem, prosijavanjem, mljevenjem i stlačivanjem pretvoriti u brikete i pelete goriva te postati biogorivo za proizvodnju maslinova ulja, npr. za grijanje vode tijekom mljevenja, i tako poboljšati energetske otporne kružne sustave prerade [8]. Sadržaj nečistoća (pulpa, pokožica i grančice) mijenja svojstva koštica maslina kao goriva. Veći udio nečistoća znači manju nasipnu gustoću, veću neto kaloričnu vrijednost i veći udio pepela, sitnih čestica manjih od 1 mm, ulja i dušika [9].

Cilj je projekta BIOmasud® plus [10] bio promicanje održivog tržišta mediteranskih čvrstih biogoriva za uporabu za grijanje stambenih prostora, s glavnim ciljem da se razviju

integrirana rješenja za poboljšanje kvalitete i održivosti mediteranskih čvrstih biogoriva. To je uključilo proširenje certifikacije BIOmasud® na nova biogoriva i države. Projektom BIOmasud® plus komercijalizirane su koštice maslina i ostatak maslina nakon istiskivanja maslinova ulja kao biogorivo u Španjolskoj, Grčkoj, Italiji i Turskoj. Ovo drugo bilo je najviše upotrebljavano biogorivo u španjolskoj industriji u 2015. godini. Za razliku od čvrstih biogoriva poput ogrjevnog drva i briketa, određivanje razreda kvalitete koštica maslina nije obuhvaćeno normom ISO 17225:2014. Španjolska je prihvatila izvornu nacionalnu normu (UNE 164003:2014) za određivanje razreda kvalitete koštica maslina za potrebe izgaranja. Osim toga, sedam španjolskih i pet talijanskih proizvođača koštica maslina certificirano je prema sustavu kvalitete BIOMASUD za mediteranska biogoriva. Ispituje se inovativna termokemijska (npr. piroliza, uplinjavanje) i biokemijska pretvorba (npr. bioetanol, bioplin) nusproizvoda maslina, no zasad je uglavnom u fazi istraživanja.

Zadruga proizvođača maslina *Bitonto Olive Producers Cooperative* [11] u južnoj Italiji zadružni je pogon s visokom razinom osviještenosti o utjecaju otpada iz uljara koje primjenjuju dvofazni proces na okoliš. Prerađuje 150 000 kvintala maslina po berbi. Otpad ima sljedeći sastav: 30 – 40 % komina bez koštice, 12 – 13 % koštice i 50 % otpadna voda iz uljare. Zadruga koristi 1 – 2 % od 12 000 kvintala (slika 2A) koštica maslina dobivenih po berbi koje pretvara u toplinsku energiju za tri unutarnja grijača vode (slika 2B). Ostatak koštica prodaje se privatnom kupcu, što predstavlja 5 % prometa. Nadalje, komina bez koštica i otpadne vode iz uljare isporučuju se tvrtki za preradu bioplina koja otpad anaerobnom digestijom pretvara u bioplin.

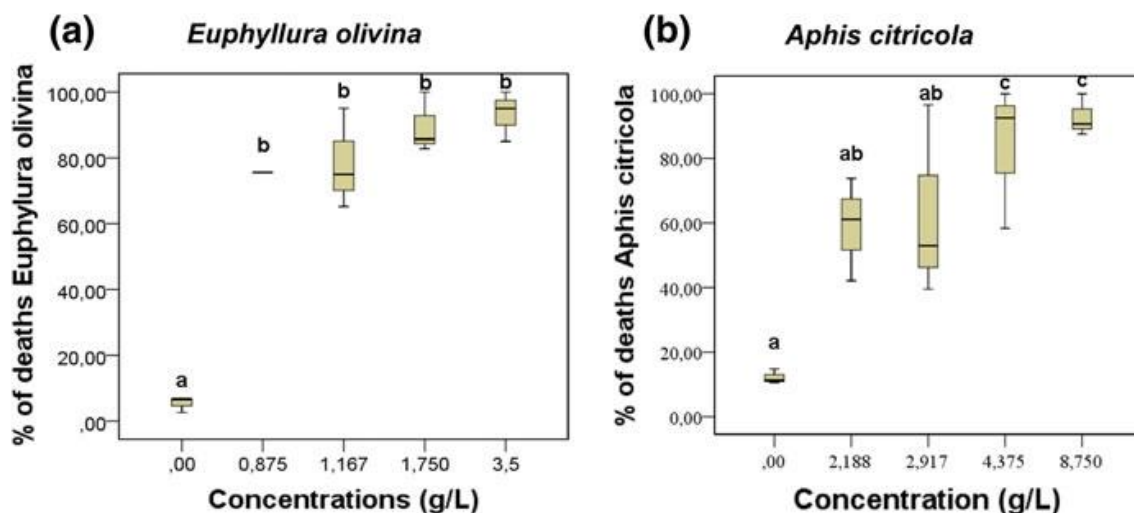


Slika 2: Koštice maslina koje proizvodi zadruga (A) i grijač vode koji se upotrebljava za grijanje vode u uljari (B)

Ostaci maslina za proizvodnju bioinsekticida za suzbijanje štetnika

Glavni je cilj projekta EU-a LIFEWaste4Green [12] bio ublažiti negativne učinke pesticida kemijskog podrijetla koji se trenutačno upotrebljavaju u zaštiti koštičavog voća, na okoliš i zdravlje ljudi.

Otpad iz uljara, nusproizvod proizvodnje maslinova ulja, predstavlja ozbiljan ekološki problem u zemljama proizvođačima maslinova ulja poput Maroka jer se često ispušta u ekosustave bez prethodne obrade. Otpad iz uljara poznat je po antimikrobnim i biocidnim svojstvima, što ga čini djelotvornim u suzbijanju štetnika na bilju. Zbog visokog sadržaja fenola sirovi otpad iz uljara istražuje se kao prirodni bioinsekticid protiv *Potosia opaca* u datuljama [13]. Rezultati pokusa pokazali su da je sirovi otpad iz uljara uzrokovao gubitak težine tretiranih ličinki usporediv s djelovanjem komercijalnog insekticida Cordus (50 % klorpirifos etil) u koncentracijama od 17 % i 15 % te stope smrtnosti gotovo jednake stopama pri uporabi komercijalnog insekticida Kemaban (48 % klorpirifos etil). Osim toga, ekstrakt otpada iz uljara imao je snažno insekticidno djelovanje protiv *Euphyllura olivina* i *Aphis citricola* (slika 3) pri primijenjenoj koncentraciji 2 g/l [14]. Biocidna aktivnost otpada iz uljara uglavnom se pripisuje visokom udjelu fenola.



Slika 3: Procjena toksičnosti različitih koncentracija ekstrakata otpada iz uljara nakon 24-satne izloženosti [14]

Pretvaranje otpada od maslina u hranu za životinje

Nusproizvodi maslina vrijedan su i nedovoljno iskorišten resurs za ishranu stoke, osobito u mediteranskim regijama u kojima proizvodnja maslinova ulja stvara velike količine otpada iz poljoprivrede. Nedavnim istraživanjima istaknuto je kako se ti nusproizvodi, npr. lišće masline, ostatak maslina nakon istiskivanja maslinova ulja (*olive cake*, OC), komina masline i otpadne koštice iz uljare (*olive mill stone waste*, OMSW), mogu sigurno i djelotvorno upotrebljavati u prehrani i preživača i monogastričnih životinja, npr. svinja, povećavajući održivost, a istodobno održavajući ili čak povećavajući iskoristivost životinja i kvalitetu proizvoda.

Primjerice, **lišćem masline** može se zadovoljiti do 50 % energetske potreba i potreba za aminokiselinama ovaca i koza na razini održavanja. Ako se primjereno dopunjava, može poslužiti kao komponenta krmne smjese u produktivnoj prehrani. Poljoprivrednicima se savjetuje da stoku hrane svježim lišćem maslina jer ono sušenjem ili siliranjem gubi dio prehrambene vrijednosti. Međutim, potreban je oprez zbog visokog udjela bakra (Cu), što može ograničiti njegovu uporabu, osobito u osjetljivim vrstama [15].

Čvrsti ostatak maslina nakon istiskivanja maslinova ulja (OC) još je jedan obećavajući sastojak hrane za životinje. Može se očuvati siliranjem ili ugradnjom u blokove s više hranjivih tvari (*multi-nutrient blocks*), čime postaje praktičnijim za uporabu na poljoprivrednim gospodarstvima. Nedavno istraživanje [16] pokazalo je da prehrana svinja Bísaro OC-om nije negativno utjecala na ključne parametre produktivnosti kao što su rast, prosječni dnevni unos hrane (ADFI), omjer konverzije hrane (FCR) ili probavljivost. U okviru dvaju ispitivanja ispitivane su različite vrste OC-a i udjeli u hrani. U prvom su svinje hranjene dehidriranim OC-om (*exhausted OC*, EOC) u udjelu 0 %, 5 %, 10 %, 15 % odnosno 20 % tijekom 15 dana. U drugom su svinje tijekom 82 dana imale ili kontrolnu prehranu ili prehranu koja je sadržavala 10 % sirovog OC-a, 10 % dvofaznog OC-a, 10 % EOC-a ili 10 % EOC-a s 1 % dodanog maslinova ulja. U oba je ispitivanja OC bio dobro prihvaćen i nisu opaženi negativni učinci. Naime, unos hrane porastao je s rastom udjela u hrani. Ti rezultati govore u prilog OC-u kao zdravstveno ispravnom i održivom sastojku hrane za životinje u umjerenim udjelima, koji poljoprivrednicima pomaže da smanje troškove hrane za životinje i iskoriste lokalne poljoprivredno-industrijske nusproizvode.

Kod preživača uključivanje OC-a u prehranu u udjelu do 15 – 20 % suhe tvari ne narušava probavu i rast. Što je još važnije, dopunom prehrane OC-om poboljšala se kvaliteta mlijeka i mesa jer su porasle jednostruko nezasićene masne kiseline (MUFA) i smanjile se zasićene masne kiseline (SFA). Te promjene povećavaju nutritivnu vrijednost proizvoda životinjskog podrijetla za potrošače smanjenjem rizika od bolesti povezanih s kolesterolom [17].

Komina masline i OMSW bogati su i vlaknima i energijom, ali njihova je uporaba ograničena zbog antinutritivnih spojeva kao što su polifenoli i tanini, osobito u sirovu obliku [18]. Međutim, nova istraživanja [19] [20] pokazala su da fermentacija u čvrstom stanju (SSF) s korisnim gljivicama kao što je *Pleurotus ostreatus* može detoksicirati OMSW, povećati njegov sadržaj proteina i masti te poboljšati probavljivost, osobito za perad. Miješanje OMSW-a s drugim nusproizvodima, npr. zobnim mekinjama, može dodatno povećati njegovu vrijednost kao hrane za životinje, nudeći poljoprivrednicima jeftinu, hranjivu alternativu koja ujedno podupire zdravlje životinja, zahvaljujući prisutnosti bioaktivnih spojeva kao što su β -glukani.

Ukratko, nusproizvodi maslina poljoprivrednicima nude održivo i isplativo rješenje za prehranu životinja. Uz odgovarajuću preradu i udjele u hrani mogu pridonijeti produktivnosti životinja, poboljšati kvalitetu proizvoda i pridonijeti kružnijim, ekološki prihvatljivijim poljoprivrednim sustavima.

Zaključak

Proizvodnja maslinova ulja stvara velike količine otpada, no njezini nusproizvodi, kao što su komina, koštice i lišće maslina te otpadne vode iz uljare, mogu biti vrijedni resursi ako se njima pravilno gospodari. Umjesto da ih tretiraju kao otpad, poljoprivrednici ih mogu upotrebljavati za proizvodnju biogoriva, prirodnih sredstava za zaštitu od štetnika, komposta ili čak stočne hrane. Tim se praksama ne smanjuju samo problemi sa zbrinjavanjem otpada i štete za okoliš već se nude i novi načini uštede troškova ili ostvarivanja prihoda. Primjerice, prehrana životinja nusproizvodima maslina može smanjiti troškove hrane, uz zadržavanje kvalitete proizvoda. Upotreba komine ili koštica masline kao goriva pomaže u smanjenju računa za energiju u uljarama. Čak se i otpadne vode mogu upotrijebiti kao prirodni insekticidi. Te se strategije već primjenjuju u sredozemnim regijama i podupiru se projektima EU-a. Njihovim usvajanjem poljoprivrednici pridonose održivijoj kružnoj poljoprivredi, pretvarajući otpad u prilike.

Bibliografija i izvori

- [1] CLIMED FRUIT project, <https://climed-fruit.eu/>
- [2] Akay, F., Kazan, A., Çeliktas, M.S., Yesil-Celiktas, O. (2015). A holistic engineering approach for utilization of olive pomace. *Journal of Supercritical Fluids*, 99, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.01.025>
- [3] Podgornik M, Bučar-Miklavčič M, Levart A, Salobir J, Rezar V, Butinar B. (2022). Chemical Characteristics of Two-Phase Olive-Mill Waste and Evaluation of Their Direct Soil Application in Humid Mediterranean Regions. *Agronomy*. 12(7):1621. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071621>
- [4] Enaime, G., Dababat, S., Wichern, M., Lübken, M. (2024). Olive mill wastes: from wastes to resources. *Environmental science and pollution research international*, 31(14), 20853–20880. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32468-x>
- [5] Fraga, H., Moriondo, M., Leolini, L., Santos, J.A. (2021). Mediterranean Olive Orchards under Climate Change: A Review of Future Impacts and Adaptation Strategies. *Agronomy*, 11(1): 56. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010056>
- [6] Pattara, C., Cappelletti, G.M., Cichelli, A. (2010). Recovery and use of olive stones: Commodity, environmental and economic assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14(5): 1484-1489. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.01.018>
- [7] Bennini, M.A., Koukouch, A., Bakhattar, I., Asbik, M., Boushaki, T., Sarh, B., Elorf, A., Cagnon, B., Bonnamy, S. (2019). Characterization and Combustion of Olive Pomace in a Fixed Bed Boiler: Effects of Particle Sizes. *International Journal of Heat and Technology* 37 (1): 229-238. <https://doi.org/10.18280/ijht.370128>
- [8] Brlek, T., Pezo, L., Voća, N., Vukmirović, Đ., Čolović, R., Kiš, D., Brkljača, J. (2016) The quality analyses of olive cake fuel pellets – mathematical approach. *Hemijska Industrija*, 70, 37–48. DOI: 10.2298/HEMIND140911008B
- [9] Mediavilla, I., Barro, R., Borjabad, E., Peña, D., Fernández, M. J. (2020). Quality of olive stone as a fuel: Influence of oil content on combustion process. *Renewable Energy*, 160, 374-384. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.001>
- [10] BIOMASUD plus project <https://cordis.europa.eu/project/id/691763/reporting>
- [11] Bitonto Olive Producers Cooperative <https://torreguidale.wixsite.com/torreguidale>

- [12] LIFE Waste 4 Green <https://waste4green.eu/en>
- [13] Meddich, A., Boutasknit, A., Anli, M., Ait Ahmed, M., El Abbassi, A., Boutaj, H., Boumezzough, A. (2021). Use of Olive Mill Wastewaters as Bio-Insecticides for the Control of *Potosia Opaca* in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.93537
- [14] Larif, M., Zarrouk, A., Soulaymani, A. et al. (2013). New innovation in order to recover the polyphenols of olive mill wastewater extracts for use as a biopesticide against the *Euphyllura olivina* and *Aphis citricola*. Res Chem Intermed 39, 4303–4313. <https://doi.org/10.1007/s11164-012-0947-5>
- [15] Habeeb, A.A.M., Gad, A.E., EL-Tarabany, A.A., Mustafa, M.M., Atta, M.A.A. (2017). Using of Olive Oil By-Products In Farm Animals Feeding. International Journal of Scientific Research in Science and Technology, 3(6), 57-68. <https://ijsrst.com/paper/1191.pdf>
- [16] Paié-Ribeiro J, Pinheiro V, Guedes C, Gomes MJ, Teixeira J, Teixeira A, Outor-Monteiro D. (2025). From Waste to Sustainable Animal Feed: Incorporation of Olive Oil By-Products into the Diet of Bísaro Breed Pigs. Sustainability 17(7), 3174. <https://doi.org/10.3390/su17073174>
- [17] Tzamaloukas, O., Neofytou, M.C., Simitzis, P.E. (2021). Application of Olive By-Products in Livestock with Emphasis on Small Ruminants: Implications on Rumen Function, Growth Performance, Milk and Meat Quality. Animals 11(2), 531. <https://doi.org/10.3390/ani11020531>
- [18] Salgado, J.M., Abrunhosa, L., Venancio, A., Domínguez, J.M., Belo, I., 2015. Enhancing the Bioconversion of Winery and Olive Mill Waste Mixtures into Lignocellulolytic Enzymes and Animal Feed by *Aspergillus uvarum* Using a Packed-Bed Bioreactor. J. Agric. Food Chem. 63 (42), 9306–9314. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02131>
- [19] Chebaibi, S., Leriche Grandchamp, M., Burge, G., Clement, T., Allais, F., Laziri, F. (2019). Improvement of protein content and decrease of anti-nutritional factors in olive cake by solid-state fermentation: A way to valorize this industrial by-product in animal feed. J. Biosci. Bioeng. 128 (3), 384–390. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.03.010>
- [20] Eliopoulos, C., Markou, G., Chorianopoulos, N., Haroutounian, S. A., Arapoglou, D. (2022). Transformation of mixtures of olive mill stone waste and oat bran or *Lathyrus clymenum* pericarps into high added value products using solid state fermentation. Waste management (New York, N.Y.), 149, 168–176. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.06.018>