



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



EIP projekt

KORUZNI OKLASEK KOT OBNOVLJIVI VIR ENERGIJE

PROTOKOL ZA UPORABO OKLASKA KOT NOVEGA GORIVA

1. JAVNI RAZPIS ZA PODUKREP 16.5:

Podpora za skupno ukrepanje za blažitev podnebnih sprememb ali prilagajanje nanje ter za skupne pristope k okoljskim projektom in stalnim okoljskim praksam



Avgust 2021



Kazalo vsebine

Protokol za uporabo oklaska kot novega goriva	3
1. Optimalna pridelava koruznih oklaskov	4
2. Optimalna predelava koruznih oklaskov	5
3. Uporaba oklaskov kot gorivo	8

Kazalo slik

Slika 1: Nepredelani koruzni oklaski	5
Slika 2: Čisti koruzni oklaski, brez primesi	7
Slika 3: Zgorevanje koruznih oklaskov	9



Protokol za uporabo oklaska kot novega goriva

Pripravili smo protokol za uporabo oklaska kot novega goriva, ki bo jasno vodilo za uporabnike kot navodila za uporabo koruznih oklaskov kot goriva.

Izkoriščanje energetskega potenciala obnovljivih virov energije (OVE) postaja vedno bolj pomembno. Na to še posebej vpliva cenovna nestabilnost in velika odvisnost od preskrbe s fosilnimi gorivi. Energija, pridobljena iz obnovljivih virov, je okolju prijazna, viri zanjo pa so lokalno in trajno razpoložljivi.

Koruzni oklasek je stranski produkt, ki nastane pri pridelavi koruze za zrnje. Je obnovljivi vir energije in alternativni vir goriva. Uporaba koruznih oklaskov je mogoča na večini biomasnih kurilnih naprav. Koruzni oklaski so uporabni tako pri majhnih, kot velikih kurilnih napravah. Imajo manjšo specifično težo, kar pomeni da za enako količino proizvedene toplotne energije potrebujemo večji volumen koruznih oklaskov, kot pa navadne lesne biomase. Specifično težo lahko povečamo z mletjem, oziroma z ustreznim granuliranjem oklaskov. Tako zmanjšamo prazne zračne prostore v nasipani gmoti. Prav tako moramo upoštevati način doziranja goriva na posamezno kurilno napravo. Pri ročnem in hidravličnem (pomični pod) doziranju po navadi ni pomembna velikost oklaskov. Pri doziranju s pomočjo polžev, pa je pomembno da so koruzni oklaski ustrezno granulirani.

Ob uporabi oklaskov obstaja tudi bojazen poškodovanja notranjih delov kurišča, saj oklaski vsebujejo klorovo kislino. Klorova kislina pri visokih temperaturah povzroča povečano rjavenje jeklenih litin. Ugotavljamo tudi, da je vsebnost klorove kisline v koruznih oklaskih znatno nižja, kot pa v ostali kmetijski biomasi (slama, seno, ...). Koruzne oklaske lahko uporabimo kot alternativni obnovljiv vir energije. S tem lahko prispevamo k znatni energetski neodvisnosti posameznih kmetijskih gospodarstev.



1. Optimalna pridelava koruznih oklaskov

Koruzni oklasek je stranski produkt pri proizvodnji koruze za zrnje. Po žetvi ostane na polju, kjer zaradi olesenele strukture počasi gnije in otežuje obdelavo. S pobiranjem in izkoriščanjem koruznih oklaskov si zagotovimo dodaten vir goriva, olajšamo obdelavo tal in zmanjšamo populacijo glodavcev na njivi. Če želimo oklaske uporabiti kot gorivo, je pomembno, da to načrtujemo že od začetka, da optimiziramo tehnologijo pridelave koruze za zrnje in za pridobivanje koruznih oklaskov. Le **optimalna tehnologija pridelave** koruznih oklaskov namreč **zagotavlja maksimalno količino kvalitetnih koruznih oklaskov**.

Tehnologija pridelovanja koruze za zrnje in tehnologija pridelovanja koruznih oklaskov je podobna. Izvajanje agrotehničnih ukrepov je enako (setev, škropljenje, dognojevanje idr.), pomembnejša razlika je v izbiri optimalnega hibrida koruze za setev.

Na podlagi rezultatov poskusov z dvanajstimi različnimi hibridi koruze v letu 2019 in na podlagi rezultatov poskusov s šestimi različnimi hibridi koruze v letu 2020, ki so bili posajeni na petih različnih lokacijah, priporočamo **za pridelovanje koruznih oklaskov hibrid P9757**. Povprečni pridelki koruznih oklaskov iz poskusov v letu 2020 so prikazani v spodnji tabeli.

Hibridi	Pridelek zrnja v kg/ha pri 14 % vlagi	Pridelek oklaskov v kg/ha pri 11 % vlagi
P9241	16.033,5	3.007,5
ARNAUTO	15.689,9	2.820,6
AJOWAN	16.463,5	2.722,4
TEXERO	15.928,5	2.830,0
P9757	16.800,5	3.122,8
AURELIO	15.506,6	2.674,3

Tabela 1: Povprečni pridelek zrnja in koruznih oklaskov šestih različnih hibridov posejanih na petih lokacijah

Če izberemo najustreznejši hibrid koruze za pridelovanje koruznih oklaskov **lahko pridelamo tudi več kot 3 tone pridelka suhih oklaskov na hektar**.



2. Optimalna predelava koruznih oklaskov

Ko koruzne oklaske ob spravilu zrnja koruze pobremo, sledi predelava. Proces predelave koruznih oklaskov je prav tako pomemben kot proces pridelave. Za uporabo oklaskov kot gorivo je pomembno, da imajo le-ti naslednje lastnosti:

- večji velikostni razred (optimalno prepolovljen oklasek),
- enakomerna velikostna in oblikovna struktura,
- majhen delež prašnih delcev,
- majhen delež nečistoč.

Vse našteje karakteristike dosežemo s predelavo koruznih oklaskov.



Slika 1: Nepredelani koruzni oklaski



- **Optimalna velikost**

Za večje kurilne sisteme so najbolj primerni koruzni oklaski čim bolj **enakomerne velikostne strukture**, ki vsebujejo čim manj prašnih delcev in so čim bolj čisti. Za kurjenje naj bodo oklaski čim bolj enakomerne velikostne in oblikovne strukture ter čim večji, ampak vsaj prepolovljeni. Pri oklaskih z višjo gostoto nasutja je vpihovanje zraka večje, kar je posledica manjših zračnih por v goreči gmoti.

Kot gorivo v biomasnih pečeh (kotlih) lahko uporabljamo oklaske takšne velikosti kot smo jih pripeljali iz njive. Načeloma pri tem ni težav za samo biomasno peč (kotel). Problemi pa se lahko pojavijo pri transportu oklaskov s polžastim transporterjem, ki je običajna tehnična rešitev za transport oklaskov (biomase) iz skladišča do peči. V transporterju se lahko zaradi velikosti oklaskov (velikih oklaskov) hitreje pojavijo tako imenovani mostovi, ki preprečujejo nadaljnji transport oklaskov do same peči.

Preizkusi v majhnih kotlih na sekance so pokazali, da je potrebno **velikost koruznih oklaskov zmanjšati**, da se olajša boljše zgorevanje in doziranje s pogosto uporabljenimi vijačnimi transporterji. Zaželeno **dolžina delcev naj bo 1-1,5 njihovega premera** (Martinov in sod. 2011).

V kolikor pa pripravljamo iz oklaskov **gorivo v obliki peletov ali briketov**, pa je potrebno pred peletiranjem z mlino **zdrobiti oklaske na drobne delce (npr. < 6 mm)**. Pri pripravi peletov je potrebno oklaske tudi kondicionirati in aditivirati. Oklaske je potrebno pred peletiranjem po potrebi ustrezno navlažiti. Aditive pa je potrebno dodajati neposredno pred peletiranjem.

- **Optimalna sušina**

Vsebnost vlage koruznih oklaskov vpliva na kvaliteto zgorevanja. Z oklaski, ki imajo vsebnost vlage okrog 15 % in višjo neto kurilno vrednost dosežemo višjo temperaturo kurišča, s tem pa posledično višji pretok termične energije. Zgorevanje oklaskov z višjo vsebnostjo vode zahteva večjo količino zraka. Pri oklaskih z višjo vlažnostjo in manjšo neto kurilno vrednostjo zasledimo višjo vsebnost kisika v dimnih plinih. Boljšo gorljivost imajo **bolj suhi oklaski (<15 % vsebnosti vode)**. Zgorevanje koruznih oklaskov višje kakovosti in z nižjo vsebnostjo vode



povzroča pri nižjih zunanjih temperaturah zelo visoke temperature kurišča, kar je pretežno posledica njihove suhosti. Zaradi tega močno naraste tudi temperatura vode na iztoku kotla. Pri nižjih zunanjih temperaturah je smotrno uporabljati manj kvalitetne in bolj vlažne oklaske.

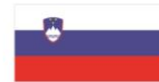
- **Optimalna čistost**

Za kurjenje so bolj primerni manj onesnaženi koruzni oklaski, saj imajo bolj ugodne termične karakteristike. Bolj čista struktura oklaskov povzroča nekoliko višjo temperaturo kurišča. Poraba goriva je manjša pri manj onesnaženih oklaskih. Boljšo gorljivost dosegamo tudi pri **manjšem deležu prašnih delcev**. Prašni delci znižujejo učinkovitost filtriranja dimnih plinov. Zaradi majhne mase del nezgorelega prahu iz koruznih oklaskov zaide v elektro filter, kjer pa z nabiranjem na njegovi površini moti proces filtracije. Pomembno je tudi, da koruzni oklaski ne vsebujejo ličja, blata in ostalih primesi.



Slika 2: Čisti koruzni oklaski, brez primesi

Za samo skladiščenje zbranih oklaskov je pomemben tudi delež ličja, ki je še ostal na oklasku. Za boljše skladiščenje brez plesni je potrebno imeti čim manj ličja med oklaski. Delež ličja med oklaski pa je lastnost sorte (hibrida) in pa načina spravila koruze za zrnje (aksialni kombajn ali navadni kombajn) ter delujočim sekalnikom za slamo (koruznico, oklasek in ličje).



3. Uporaba oklaskov kot gorivo

Ko smo koruzne oklaske predelali jih lahko uporabimo kot gorivo. Vendar pri uporabi koruznih oklaskov kot goriva velja nekaj posebnosti.

Glede na njene vplive na okolje je biomasa zelo sprejemljivo gorivo, ker ne vsebuje nobenih onesnaževal ali zelo majhno količino onesnaževalcev, kot so žveplo in težke kovine, ki jih običajno najdemo v fosilnih gorivih. Ti onesnaževalci se sproščajo v zraku kot produkti zgorevanja in s tem ogrožajo zdravje ljudi in okolja. Ključna prednost biomase v primerjavi s fosilnimi gorivi je njena obnovljivost (Tsai in Kuo 2014). Energijska biomasa ne le povečuje diverzifikacijo goriv, temveč tudi blaži onesnaževanje okolja, ker ima ta energija majhen potencial za ogljikov dioksid (CO₂) in emisije žveplovih oksidov v primerjavi s fosilnimi gorivi (Tsai 2014). Biomasa velja za ugoden vir energije glede vpliva na podnebne spremembe, saj ima nižji ogljični odtis v primerjavi s fosilnimi gorivi (Nakada in sod. 2014).

Vendar imajo rastlinski ostanki slabše zgorevalne lastnosti v primerjavi z lesnimi gorivi zaradi bistveno večje vsebnosti pepela in elementov, kot so N, K, S in Cl (Martinov in sod. 2011). Energijski potencial koruznih oklaskov v Srbiji ocenjujejo na približno 1,2 Mt ali približno 430 ktoe (Martinov in sod. 2008). Izmed tega je največji delež celotnega potenciala koruznih oklaskov, pridobljen na majhnih in srednje velikih kmetijah, kjer so koruzni oklaski izključno pobrani in po njihovem naravnem sušenju v kopicah ostanejo koruzni oklaski na voljo v kmetijskih prostorih. Ta pomemben potencial je v Srbiji skoraj v celoti izkoriščen za ogrevanje gospodinjstev, vendar pa večinoma v neučinkovitih tradicionalnih pečeh in kotlih.

Uporaba koruznih oklaskov je mogoča na večini biomasnih kurilnih naprav. Koruzni oklaski so uporabni tako pri majhnih, kot velikih kurilnih napravah. Če uporabljamo koruzne oklaske za kurjenje, jih moramo ustrezno mehansko obdelati. Če jih uporabljamo na pečeh za sekance, jih moramo predvsem zmleti na ustrezen granulat. Če pa jih uporabljamo na pečeh za polena, pa jih načeloma lahko kurimo kar neobdelane oziroma cele.

Koruzni oklaski imajo v primerjavi z drugimi ostanki pridelkov ugodnejše zgorevalne lastnosti (Ebeling in Jenkins 1985). S tem bi lahko to gorivo bolje konkuriralo lesnim gorivom, da bi zmanjšalo neželene učinke po zgorevanju. Vsebnost vlage v koruznih oklaskih po sušenju



in odstranitvi zrnja doseže vrednost približno 12 %, tj. približno 2 % nižje od vrednosti zrnja (Martinov in sod. 2011). Vsebnost pepela znaša v povprečju 1,4 % (Ebeling in Jenkins 1985), kar je nižje kot pri drugi kmetijski biomasi, npr. koruzna slama ima vsebnost pepela 6,7 % in pšenična slama 5,7 %, vendar višja kot za lesno biomaso s povprečno vsebnostjo pepela med 0,9 in 1,2 (Hartmann 2016). Bruto kurilna vrednost (GCV) koruznih oklaskov je od 18,3 do 18,8 MJ kg⁻¹ (Ebeling in Jenkins 1985), medtem ko je neto kurilna vrednost (NCV) z 11,5-odstotno vsebnostjo vlage okoli 15,7 MJ kg⁻¹ (Miranda in sod. 2018).



Slika 3: Zgorevanje koruznih oklaskov

Djatkov in sod. (2021) so raziskovali uporabo koruznih oklaskov kot goriva v majhnih ogrevalnih napravah v Srbiji. Preiskovali so donosnost treh oblik koruznih oklaskov: celih, zdrobljenih in peletov. Tako so primerjali možnost gradnje in predelave ogrevalnega sistema, ki uporablja koruzne oklaske, z lesnimi in fosilnimi gorivi. Opravljena ocena donosnosti kaže, da so **donosni le celi koruzni oklaski za uporabo na malih ogrevalnih napravah v Srbiji**. To velja za uporabo peletov koruznega oklaska v primerjavi z lesnimi peleti tudi pri konstrukcijskih možnostih, vendar je donosnost zelo občutljiva na zvišanje nabavne cene.



REPUBLIKA SLOVENIJA
**MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO**



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



Danes skoraj vsi sodobni semenski centri uporabljajo koruzni oklasek kot alternativni vir energije. **Kakovost tega vira energije je odvisna od njegove granulacije in suhosti;** izbrani koruzni oklaski ne smejo vsebovati vlage (mora biti <15 %) in ne smejo biti v obliki prahu podobnim delcem (priporočljive mere koruznih oklaskov se gibljejo od 3 do 30 mm) (Zlatanović in sod. 2011).

Ob uporabi oklaskov obstaja tudi bojazen poškodovanja notranjih delov kurišča, saj oklaski vsebujejo klorovo kislino. Klorova kislina pri visokih temperaturah povzroča povečano rjavenje jeklenih litin. Ugotavljamo tudi, da je vsebnost klorove kisline v koruznih oklaskih znatno nižja, kot pa v ostali kmetijski biomasi (slama, seno, ...). **Koruzne oklaske lahko uporabimo kot alternativni obnovljiv vir energije.** S tem lahko prispevamo k znatni energetske neodvisnosti posameznih kmetijskih gospodarstev.



Literatura

- Djatkov DM in sod. 2021. Profitability of corn cob utilization as a fuel in small residential heating appliances. *Thermal Science* 2021 Volume 25, Issue 4 Part A, Pages: 2471-2482 <https://doi.org/10.2298/TSCI200508221D>
- Ebeling, J.M., Jenkins, B.M., Physical and chemical properties of biomass fuels. *ASAE*, 28 (1985), 3, pp. 898-902.
- Hartmann, H. 2016. Grundlagen der thermo – chemischen Umwandlung biogener Festbrennstoffe in: *Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren* (Eds. M. Kaltschmitt, et al.), Springer-Verlag, Berlin, 2016, pp. 579-814.
- Martinov M. in sod. 2011. Program za ocenu ekonomskih pokazatelja za energetsku primenu biomase (Calculator for profitability assessment of biomass utilization for energy generation srp.), Faculty of Technical Sciences., Novi Sad, Serbia, <http://www.psemr.vojvodina.gov.rs/index.php/studije/item/11-studije-na-temu-potencijalabiomase-i-razlicitih-mogucnosti-primene>
- Martinov M., Tesic, M. 2008. Cereal/soybean straw and other crop residues utilization as fin Serbia–status and prospects, in: *Cereals straw and agricultural residues for bioenergy in European Union New Member States and Candidate Countries*,(Eds. N. Scarlat, et al.), EC, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Novi Sad, Serbia, pp. 45-56.
- Miranda, M.T., et al. 2018. Analysis of pelletizing from corn cob waste, *Journal of Environmental Management*, 228, pp. 303-311.
- Nakada, S. in sod. 2014. *Global Bioenergy Supply and Demand Projections: A working paper for REmap 2030*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, United Arab Emirates.
- Tsai, W. T., and Kuo, K. C. 2014. Governmental policy and benefit analysis for biomass energy: The case study of Taiwan. *Energy Sour. Part B Econ. Plann. Policy* 9: 9–16.
- Tsai, W. T. 2014. Potential analysis of common crop residues for bioenergy sources in Taiwan. *Energy Sour. Part B Econ. Plann. Policy* 9:32–38.
- Zlatanovic, I., Gligorevic, K., Radojicic, D., Drazic, M., Oljaca, M., Dumanovic, Z., Misovic, M., Manic, N., and Rudonja, N. 2011. Energy efficiency analysis of corn seed



REPUBLIKA SLOVENIJA
**MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO**

 PROGRAM
RAZVOJA
PODEŽELJA



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje

drying process in Maize Research Institute “ZemunPolje” - Zemun. Agric. Tech. 36:87–

96.