

## RE-forMS

rammed earth for modelling and standardization  
in seismically active areas



**HRZZ**

Hrvatska zaklada  
za znanost

### Izvešće o usjevima: provedene agrotehničke operacije i mjere, rezultati kemijske analize i ispitivanja mehaničkih svojstava

Naziv projekta:	Nabijena zemlja za modeliranje i normizaciju u potresno aktivnim područjima
Akronim:	RE-forMS
Šifra projekta:	UIP-2020-02-7363
Ustanova s kojom je sklopljen ugovor o financiranju:	Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Partnerske ustanove:	Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
Voditelj:	doc. dr. sc. Ivan Kraus
Izveštajno razdoblje:	1. razdoblje
Oznaka izvještaja:	D3
Sadržaj:	Izvešće o stanju usjeva i provedenim agrotehničkim operacijama i mjerama nad usjevima u promatranom razdoblju te rezultatima ispitivanja mehaničkih svojstava na pet ratarskih kultura i kemijske analize konoplje.
Autori izvještaja:	doc. dr. sc. Paulina Krolo, doc. dr. sc. Dario Iljkić, dr. sc. Ivana Varga, Ana Perić
Datum:	5. 1. 2022.

Ovaj je materijal sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom UIP-2020-02-7363. Sadržaj ili preporuke navedene u ovom materijalu odnose se na autora i ne odražavaju nužno stajališta Hrvatske zaklade za znanost.



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
**Fakultet agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
**Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek**  
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
**Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek**



Sveučilište  
u Rijeci  
**Građevinski  
fakultet**

## Sažetak:

Istražen je utjecaj biljne vrste i mineralne gnojidbe na svojstva stabljike i koncentraciju kemijskih elemenata u svrhu odabira najoptimalnije ratarske kulture za ojačavanje zidova od nabijene zemlje. Korištene su sljedeće kulture: pšenica, ječam, zob, raž, i industrijska konoplja. Industrijska konoplja je posijana u svibnju pri čemu su primijenjena tri tretmana različite formulacije mineralnih gnojiva.

Vremenske prilike u 2021. godini su bile relativno nepovoljne za rast biljke, tako da je stabljika, ovisno o tretmanu i ponavljanju bila prosječno između 56,4 i 88,4 cm. Mjerenjem debljine stabljike dobiveni promjer je varirao između 2,31 do 4,35 mm, dok je debljina epiderme bila između 171 do 412  $\mu\text{m}$ . Osim morfoloških mjerenja određena je i koncentracija makroelemenata u stabljici industrijske konoplje.

Na vlaknima industrijske konoplje provedeno je ispitivanje vlačne čvrstoće. Kako bi se izdvojilo vlakno, stabljike industrijske konoplje su močene u vodi, nakon čega su sušene, a vlakno je izdvojeno pomoću drvene nožne stupe i dodatno pročišćeno.

Preliminarnim ispitivanjem ispitana je vlačna čvrstoća vlakana svih pet ratarskih kultura: pšenice, zobi, ječma, raži i industrijske konoplje. Između pet grupa vlakana, gotovo sve kulture imaju približno jednaku vlačnu čvrstoću vlakana. Tri grupe vlakana industrijske konoplje uzgojene ove godine, tretirane s tri različite gnojidbe, ispitane su na isti način. Pri tom je rezultat vlačne čvrstoće konoplje tretirane s gnojibom br. 3 najniži, dok je za druge dvije grupe vlakana industrijske konoplje rezultat gotovo isti.

**Ključne riječi:** industrijska konoplja, žitarice, kemijski sastav, morfološka mjerenja, analiza vlakana, vlačna čvrstoća vlakana

*Ovaj materijal sufinancirala je Hrvatska zaklada za znanost projektom UIP-2020-02-7363. Sadržaj ili preporuke navedene u ovom materijalu odnose se na autora i ne odražavaju nužno stajališta Hrvatske zaklade za znanost.*

*Imajte na umu da je izvođenje testova zahtijevalo znatan napor istraživačkog tima RE-forMS, djelatnika Građevinskog i arhitektonskog fakulteta Osijek i partnerskih institucija. Ako ostvarite vrijedne rezultate iz ovih podataka, molimo navedite referencu na relevantne publikacije.*

*Popis svih publikacija proizašlih iz okvira aktivnosti provedenih na projektu RE-forMS moguće je vidjeti na sljedećoj internetskoj stranici:*

<https://www.croris.hr/projekti/projekt/5837>

*U slučaju bilo kakvih nedoumica i/ili ako u izvještaju nedostaju određene informacije koje bi vam mogle biti od koristi prilikom primjene dostupnih podataka proizašlih iz projekta RE-forMS, molimo kontaktirati voditelja projekta RE-forMS: dr. sc. Ivan Kraus, [ikraus@gfos.hr](mailto:ikraus@gfos.hr).*

**Abstract:**

The influence of plant species and mineral fertilization on stem properties and concentration of chemical elements was tested to select the most optimal field crop for strengthening the walls of rammed earth. The following crops were used: wheat, barley, oats, rye, and industrial hemp. Industrial hemp was sown in May using three treatments of different mineral fertilizer formulations.

The weather conditions in 2021 were relatively unfavourable for the growth of the plant, so that the stem, depending on the treatment and recurrence, averaged between 56.4 and 88.4 cm. By measuring the thickness of the stem, the diameter obtained varied between 2.31 to 4.35 mm, while the thickness of the epidermis was between 171 and 412  $\mu\text{m}$ . In addition to morphological measurements, the concentration of macroelements in the stalk of industrial hemp was determined.

Tensile strength testing was performed on industrial hemp fibres. To separate the fibre, the stems of industrial hemp were soaked in water, after which they were dried, and the fibre was separated using a wooden foot pillar and further purified.

Preliminary testing examined the tensile strength of the fibres of all five field crops: wheat, oat, barley, rye, and industrial hemp. Among the five groups of fibres, almost all cultures have approximately the same tensile strength of the fibres, three groups of industrial hemp fibres grown this year, treated with three different fertilizers, were tested in the same way. The tensile strength of hemp treated with fertilizer no. 3 was the lowest, while for the other two groups of industrial hemp fibres the result is almost the same.

**Key words:** industrial hemp, cereals, chemical composition, morphological measurements, fibre analysis, tensile strength of fibres

*This material was co-financed by the Croatian Science Foundation under the project UIP-2020-02-7363. The content or recommendations in this material are those of the author and do not necessarily reflect the views of the Croatian Science Foundation.*

*Please note that conducting the tests required a significant effort from the RE-forMS research team, the staff of the Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek and the partner institutions. If you derive valuable results from this data, please cite the relevant publications.*

*The list of all publications resulting from the activities within the RE-forMS project can be found on the following website:*

<https://www.croris.hr/projekti/projekt/5837>

*If you have any doubts and/or if certain information is missing from the report that could be useful to you in applying the available data from the RE-forMS project, please contact the RE-forMS project leader: Dr. sc. Ivan Kraus, [ikraus@gfos.hr](mailto:ikraus@gfos.hr).*

## Sadržaj

1. Uvod.....	5
2. Industrijska konoplja.....	5
2.1 Provedba poljskog pokusa i agroekološki uvjeti uzgoja.....	7
2.2 Morfološka mjerenja stabljike.....	11
2.2.1. Prikupljanje uzoraka i određivanje sklopa.....	11
2.2.2 Određivanje promjera stabljike industrijske konoplje.....	12
2.2.3 Određivanje debljine vanjske stjenke stabljike industrijske konoplje.....	13
2.2.4 Određivanje visine stabljike industrijske konoplje.....	15
2.2.5 Kemijski sastav biljke.....	18
2.2.6 Analiza vlakana.....	19
2.2.7 Izdvajanje vlakna iz stabljike industrijske konoplje.....	20
3. Žitarice.....	25
4. Ispitivanje vlačne čvrstoće vlakana.....	26
4.1. Materijal i priprema uzoraka.....	26
4.2. Postava ispitivanja i mjerne opreme.....	28
4.3. Rezultati ispitivanja.....	29
5. Zaključak.....	36
Literatura.....	37

## 1. Uvod

U sklopu ciljeva projekta (O8) u 1. Izvještajnom razdoblju istraživana je utjecaj biljne vrste i mineralne gnojidbe na svojstva stabljike i koncentraciju kemijskih elemenata u svrhu odabira najoptimalnije ratarske kulture za ojačavanje zidova od nabijene zemlje. Korištene su sljedeće kulture: pšenica (*Triticum species*), ječam (*Hordeum vulgare* L.), zob (*Avena sativa* L.), raž (*Secale cereale* L.) i industrijska konoplja (*Canabis sativa* L.). S obzirom na trajanje vegetacije navedenih kultura u 1. Izvještajnom razdoblju konoplja je započela i završila svoj prirodni životni ciklus dok su strne žitarice svoj samo započele, odnosno obavljena je sjetva. Prema Radnom planu (D3) u ovom razdoblju je nabavljen potreban repromaterijal (sjeme, mineralna gnojiva i zaštitna sredstva), postavljen i proveden poljski pokus s konopljom, uzeti potrebni uzorci i napravljene analize.

## 2. Industrijska konoplja

Uzgoj i prerada industrijske konoplje i lana ima dugu tradiciju proizvodnje u Hrvatskoj, a bio je karakterističan za ravničarske krajeve. Budući da stabljika industrijske konoplje ima 25 – 30 % vlakna (Butorac, 2009.; Pospišil, 2013.), konoplja se uzgajala kao sirovina za dobivanje vlakna čija je dužina iznosila od 20-200 cm. Pri izdvajanju vlakna dobije se dugo vlakno (kudjelja) i kratko vlakno (kučina), a drveni dio stabljike koji zaostaje se naziva pozder. Konopljino vlakno se tradicionalno koristilo za jedra, vreće, mreže, različite predmete za svakodnevnu upotrebu (platno, ručnici, stolnjaci, posteljine i dr.). Drveni dio stabljike koji ostaje nakon izdvajanja vlakna – pozder, koristio se kao ogrijevni materijal u kućanstvima, kudjeljarama, u industriji papira, u građevini kao toplinski i zvučni izolacijski materijal, a u kombinaciji sa cementom je vrlo otporan na vlagu (Jurić, 1951.; Kišgeci, 1994).

Sredinom 19. stoljeća intenzivira se proizvodnja konoplje u istočnoj Hrvatskoj s ciljem izdvajanja vlakna iz stabljike. U tom vremenu proizvodnja industrijske konoplje, ali i predivog lana imala je veliku gospodarsku važnost budući da su seljaci sami proizvodili gotovo sav tekstil za svoje potrebe.

Tijekom 20. stoljeća u Slavoniji i Baranji je proizvodnja i prerada industrijske konoplje bila zastupljena na mnogim obiteljskim gospodarstvima, a gotovo svaka veća sredina je imala kudjeljaru ili stanicu za otkup stabljike. Mendekić (1936.) navodi kako ulaganja u samu proizvodnju na polju i preradu stabljike nisu bila velika, a proizvođači su je mogli dobro unovčiti zbog velike potražnje primjerice u proizvodnji užadi, debelih konopa, plahta, u ratnom i ribolovnom brodarstvu, kao izolacijski materijal i dr.

Posljednjih godina u Hrvatskoj sjeme industrijske konoplje ima veliki značaj u proizvodnji. Sjeme se proizvodi zbog visokog sadržaja ulja (25 – 38%) i bjelančevina (18 – 23%), a nakon prešanja ostaju pogače koje su vrlo dobro hranivo za stoku (Mendekić, 1936.; Butorac, 2009.; Pospišil, 2013.; Klir i sur., 2019.). Ulje danas ima svoju primjenu u prehrambene i terapijske svrhe (CBD ulje), ali može se koristiti i u proizvodnji boja i firnisa. Ukoliko se ne uzgaja za sjeme, industrijska konoplja ima potencijal za proizvodnju i na onečišćenim tlima (fitoremedijacija), ali na težim tlima kisele pH reakcije (Galić i sur., 2019.; Radočaj i sur., 2020.). Postoje tri najvažnije vrste iz roda *Cannabis* koje imaju potencijal u medicinskoj upotrebi. To su indijska konoplja *Cannabis indica* L. – indijska konoplja, *Cannabis sativa* – industrijska konoplja L. i *Cannabis ruderalis* L., koja divlje raste u srednjoj i istočnoj Europi i Rusiji (Strzelczyk et al., 2021). Međutim, samo dvije biljne vrste imaju ekonomski značaj a to su

*Cannabis sativa* (industrijska ili tehnička konoplja) i *Cannabis indica* (medicinska konoplja ili marihuana). Iako je više od 100 različitih kanabionida izolirano iz ovih biljaka (Sanchez et al., 2020) sadržaj delta(9)-tetrahidrokanabinola (THC) i kanabidiola (CBD) predstavljaju najveći značaj pri čemu se biljke s više THC-a koriste u medicinske svrhe i obrnuto (Zuk-Golaszewska i Golaszewski, 2018; Varga et al., 2021). Prednosti medicinskog kanabisa su dobro poznate (Benbassat i Taragin, 2000.; Robo i sur., 2018.; Aston i sur., 2019.), dok industrijska konoplja neprestano pokazuje svoje prednosti i mogućnosti korištenja. Od industrijske konoplje se proizvodi cijeli niz proizvoda od prehrambenih do kozmetičkih.

Upotreba industrijske konoplje je danas široko raširena uglavnom u agroindustriji i građevinskom sektoru, zatim u proizvodnji tekstila, papira i drugim sektorima (Gutiérrez i sur., 2006.; Vieira i sur., 2010.; Bouloc, 2013.; Ingraio i sur., 2015.; Fike, 2016.). Zahtjevi za građevinskom izolacijom su u stalnom porastu, ne samo u pogledu tehničkih svojstava upotrijebljenog materijala već i u pogledu očuvanja okoliša i upotrebom prirodnih materijala. Primjerice, svoje mjesto konoplja je pronašla i pri izgradnji stambenih prostora, u obliku konopljinog betona, pri čemu se mješaju konopljina vlakana s vapnom, pri čemu se dobiva energentski učinkovit, izolacijski i stabilni materijal, koji prirodno regulira vlažnost u prostoriji (Bouloc, 2013.).

Obnavljanje proizvodnje industrijske konoplje u Hrvatskoj je započelo 2012. godine. Naime, te godine je na snagu stupio Pravilnik o uvjetima za uzgoj konoplje, načinu prijave uzgoja maka te uvjetima za posjedovanje opojnih droga u veterinarstvu (NN 18/2012.), kojim je reguliran uzgoj industrijske konoplje samo u svrhu proizvodnje sjemena, tj. hrane za ljude i životinje i to samo sorte sa Zajedničke sortne liste Europske unije (46 sorti), sa sadržajem delta-9-tetrahidrokanabinola (THC-a) u suhoj tvari do 0,2%. Tek je u travnju 2019. godine izmijenjen Zakon o suzbijanju zlorabe droga (NN 39/2019.), koji danas omogućava uzgoj konoplje ne samo za sjeme (hranidba životinja, razmnožavanje i prerada), već je dopušteno uzgajati konoplju u svrhu proizvodnje vlakana, tj. cijele biljke u industrijske svrhe u građevinskoj, tekstilnoj, prehrambenoj i kozmetičkoj industriji, industriji papira, autoindustriji te u proizvodnji biogoriva. Danas je proizvodnja tkanina od ekoloških materijala u porastu gotovo svuda u svijetu, a industrijska konoplja kao sirovina ovdje ima veliki značaj. Osim navedenog, biljka može biti i ekološki prihvatljiv nadomjestak za plastiku (Wretfors i sur., 2009.; Mougín, 2013.). Veliki potencijal ima i sama biomasa biljke u proizvodnji biogoriva (Kovačić i sur., 2017.; Matošević i sur., 2019.; Bilandžija i sur., 2020.).

Danas se u Hrvatskoj prinosi sjemena industrijske konoplje kreću se oko 500 do 1500 kg po jedinici površine (Pospišil, 2013.). Uzgojem i preradom sjemena konoplje se bavi sve veći broj proizvođača (Tablica 2.1.). Prema AGRONET – u (2021.) u 2020. godini za konvencionalni uzgoj industrijske konoplje u Hrvatskoj potpore je tražilo ukupno 158 poljoprivrednih gospodarstava i to za 2046,7 hektara površina te 65 ekoloških proizvođača za 1464,94 hektara površina. Proizvodnja industrijske konoplje u Hrvatskoj ima uzlazan trend, a s obzirom na višestruku mogućnost korištenja biljke, proizvođači su zainteresirani i za druge načine iskorištenja biljke (ne samo sjemena), kako bi povećali rentabilnost proizvodnje i osigurali dodatni prihod na gospodarstvu.

Tablica 2.1 Površine industrijske konoplje u Hrvatskoj 2012. - 2019.

Godina/Year	Površina (ha) / Area (ha)	Broj izdanih dozvola/ Number of permissions
2012.	107	12
2013.	176	31
2014.	727	109
2015.	1 661	181
2016.	1 934	149
2017.	1020	85
2018.	967	71
2019.	3 553	233*

*\*2019. broj proizvođača u evidenciji - ukinut sustav davanja dozvola*

Izvor: Ministarstvo poljoprivrede prema podacima Udruge KrONOPLJA, 2019.

## 2.1 Provedba poljskog pokusa i agroekološki uvjeti uzgoja

Na površinama pokušališta Tenja Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek (45.5139, 18.7856) postavljen je poljski pokus. Predkultura je bio kukuruz, a osnovna obrada je napravljena na dubinu 25-30 cm tijekom studenog 2020. U proljeće 2021. zatvorena je zimska brazda nakon čega se pristupilo daljnoj dopunskoj obradi tla u svrhu stvaranja optimalnog sjetvenog sloja.

Neposredno prije sjetve obavljena je predsjetvena gnojidba s različitim kalijevim gnojivima kako bi utvrdili utječe li formulacija kalijevog gnojiva na morfološka svojstva stabljike te kemijski sastav i vlakna u stabljici industrijske konoplje.

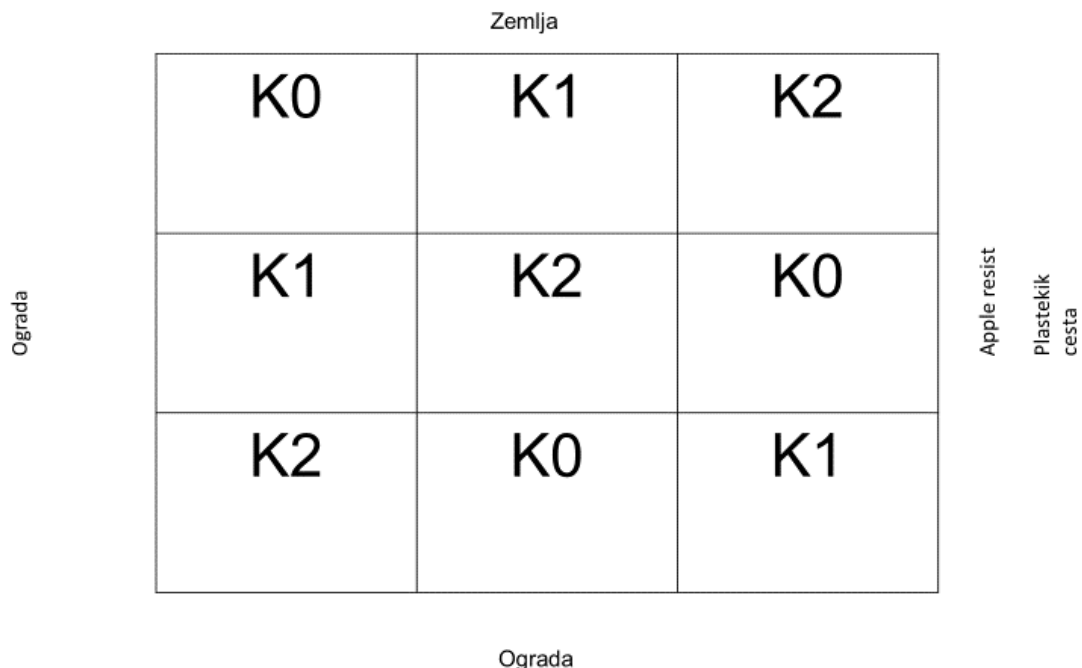
Varijante gnojidbe su bile sljedeće:

K0 – bez predsjetvene gnojidbe

K1 –100 kg/ha kaliji klorida (KCl)

K2 – 100 kg/ha kaliji sulfata (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Gnojidba je provedena prema shemi (Slika 2.1.) u tri ponavljanja prema potpuno slučajnom dizajnu pokusa (RCBD):



Slika 2.1 Shematski prikaz provedene gnojidbe kalijem prije sjetve industrijske konoplje

Sorta Finola (University of Kuopio and Palkkila Farm, Finska) posijana je 17. svibnja 2021. godine pomoću pneumatske sijačice na međuredni razmak od 12,5 cm i dubinu 4 cm (Slika 2.2).



Slika 2.2 Predsjetvena priprema tla i sjetva industrijske konoplje na Fakultetskom pokušalištu „Tenja“, 17. svibnja 2021. godine

Nicanje industrijske konoplje je bilo zadovoljavajuće i u početnim fazama rasta biljke su se dobro razvijale (Slika 2.3. a i b).





Slika 2.3 Redovi industrijske konoplje (a) i izgled mladih biljčica (b)

Tijekom vegetacije u ranim fazama razvoja korova u dva navrata obavljeno je mehaničko suzbijanje korova (Slika 2.4.).



Slika 2.4 Usjev industrijske konoplje nakon uklanjanja korova

S obzirom da je proizvodnja na otvorenom pod izuzetno velikim utjecajem vremenskih prilika u Tablici 2.2. je prikazana količina oborina i prosječne temperature zraka tijekom vegetacije industrijske konoplje za meteorološku postaju Osijek.

Tablica 2.2 Mjesečne količine oborina i prosječne temperature zraka tijekom vegetacije 2021. godine i višegodišnje prosječne vrijednosti (VGP) 1961.-1990. za meteorološku postaju Osijek (Državni hidrometeorološki zavod)

Mjesec/	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	
Godina	Oborine (mm)						Ukupno
2021.	61	59	18	97	74	21	330
VGP	54	59	88	65	59	45	370
Odstupanje %	+13	0	-80	+52	+25	-53	
	Temperature (°C)						Prosjek
2021.	9,4	15,4	23,0	24,6	21,6	17,5	18,6
VGP	11,2	16,5	19,5	21,1	20,3	16,6	17,5
Odstupanje %	-16	-7	+18	+17	+6	+5	

Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda u 2021. godini tijekom vegetacije industrijske konoplje temperature zraka su bile nešto više u odnosu na višegodišnji prosjek uz manju količinu oborina što ne ide u prilog optimalnom razvoju stabljike industrijske konoplje (Tablica 2.2) Posebno treba istaknuti temperature u lipnju koje su bile 18% više od višegodišnjeg prosjeka, što je uz nedostatak oborina u lipnju 2021. godine (svega 18 mm) dovelo do ubrzanoga prelaska u generativnu fazu rasta i oplodnje, stoga su biljke ostale relativno niske u odnosu na genetski potencijal sorte Finola (Slika 2.5).



Slika 2.5 Izgled usjeva industrijske konoplje u lipnju 2021. godine



## 2.2 Morfološka mjerenja stabljike

### 2.2.1. Prikupljanje uzoraka i određivanje sklopa

Žetva biljaka industrijske konoplje sorte Finola za određivanje morfoloških parametara obavljena je 27. srpnja 2021. godine sa svih gnojidbenih tretmana (Slika 2.6.). Stabljika ženskih biljaka je u to vrijeme bila još zelene boje i osjemenjena. Ženske biljke industrijske konoplje bile su zlatno smeđe boje. Prije ubiranja biljaka određen je ostvaren broj biljaka po jedinici površine (Tablica 2.3).

Tablica 2.3 Broj biljaka po jedinici površine ovisno o gnojdbi s kalijem

Oznaka	Repeticija	Broj biljaka/m <sup>2</sup>	Broj biljaka/ha
K0	I	40	40 000
K0	II	29	29 000
K0	III	18	18 000
Prosjek		29	29 000
K1	I	47	47 000
K1	II	33	33 000
K1	III	30	30 000
Prosjek		37	36 666
K2	I	34	34 000
K2	II	37	37 000
K2	III	20	20 000
Prosjek		30	30 333



Slika 2.6 Usjev industrijske konoplje sorte Finola tijekom uzimanja uzoraka biljaka, 27. srpnja 2021. godine

Na prikupljenim uzorcima određena je visina stabljike (cm), promjer stabljike (mm) i debljine stijenke stabljike (mikromilimetar) u laboratorijima Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

### 2.2.2 Određivanje promjera stabljike industrijske konoplje

Debljina stabljike industrijske konoplje opada prema vrhu stabljike. Zbog nejednakog profila i veće ili manje izbradanosti stabljike ne može se odrediti jedno mjesto za mjerenje debljine stabljike, već se debljina stabljike određuje za svaki internodij posebno, a iz prosjeka svih debljina internodija dobije se debljina stabljike.

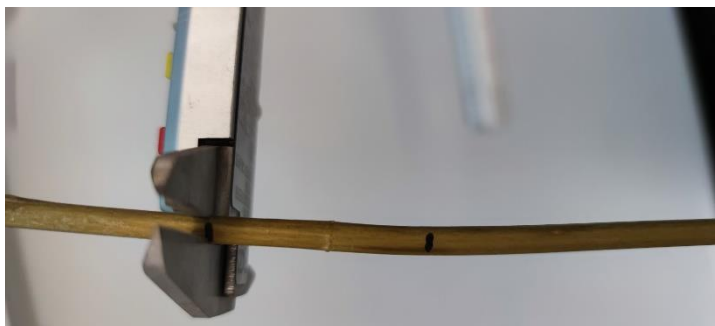
Za određivanje debljine stabljike industrijske konoplje je sa svakog gnojidbenog tretmana prikupljeno po 10 biljaka industrijske konoplje. Nakon uzimanja uzoraka, s gnojidbenih tretmana konoplje, uzorci su prevezeni u Centar za standardizaciju uzoraka Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Prema Pasković (1966.) debljina stabljike se mjeri za svaki internodij posebno i to 2 cm iznad donjeg i 2 cm ispod gornjeg internodija (Slika 2.7). Na oba mjesta mjerenje se izvodi dva puta, tako da se kod svakog internodija izvrše 4 mjerenja. Iz prosjeka debljina svih internodija izračunata je prosječna debljina stabljike.



Slika 2.7 Stabljika industrijske konoplje s oznakama za mjerenja promjera stabljike (2 cm od nodija)

Mjerenje debljine stabljike izvedeno je pomoću preciznog digitalnog pomičnog mjerila (Slika 2.8).



Slika 2.8 Mjerenje promjera stabljike industrijske konoplje pomoću digitalnog pomičnog mjerila

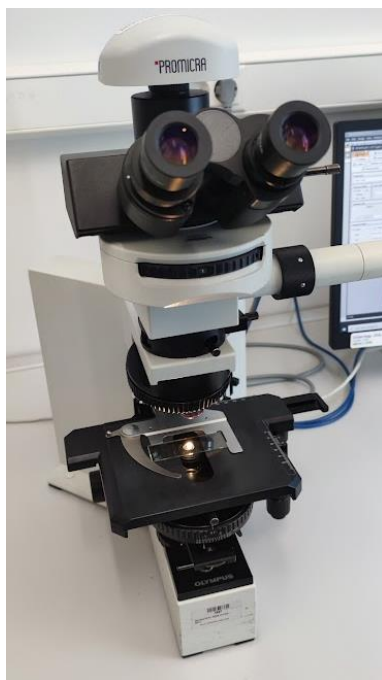
Mjerenjem debljine stabljike dobiveni promjer je varirao između 2,31 do 4,35 mm (Tablica 2.4).

Tablica 2.4 Promjer stabljike industrijske konoplje

Oznaka	Repeticija	Promjer stabljike (mm)
K0	I	3,40
K0	II	3,77
K0	III	3,18
Prosjek		3,45
K1	I	2,41
K1	II	3,33
K1	III	4,02
Prosjek		3,25
K2	I	4,35
K2	II	3,78
K2	III	2,31
Prosjek		3,48

### 2.2.3 Određivanje debljine vanjske stjenke stabljike industrijske konoplje

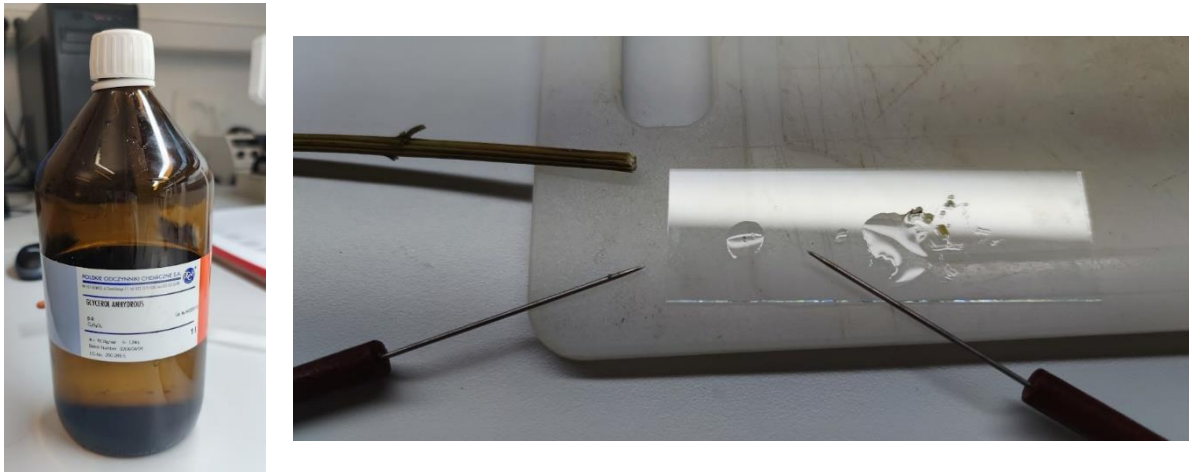
Mjerenje debljine vanjske stjenke stabljike obavljeno je u Centralnom laboratoriju za fitomedcinu Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Određivanje debljine stijenke kod konoplje je napravljeno pomoću elektronskog mikroskopa Olympus SZX9 s digitalnom kamerom C4040 (Slika 2.9) i pripadajućim softverom (Šestar ID: 1617).



Slika 2.9 Elektronski mikroskop Olympus SZX9 s digitalnom kamerom C4040

Za mjerenje debljine vanjske stjenka (epiderme) stabljike iz svakog uzorka, tj. svakog gnojidbenog tretmana odabrane su po 3 prosječne biljke po ponavljanju te je ukupno za precizne analize uzeto po 9 biljaka. Stabljika industrijske konoplje u svom poprečnom presjeku nije svuda jednaka – u hipokotilnom dijelu je skoro okrugla, u donjoj trećini šesterokutna, a u gornjoj trećini i do vrha poprečni presjek je jako naboran (Pasković, 1966.).

Iz navedenog razloga za određivanje debljine vanjske stjenke (epiderme) stabljike uzeti su uzorci iz srednjeg dijela biljaka. S obzirom da je stabljika konoplje kruta, nije se moglo pomoću skalpela i žileta odrezati cijeli promjer stabljike već se na predmetno stakalce stavio dio vanjske stjenke.



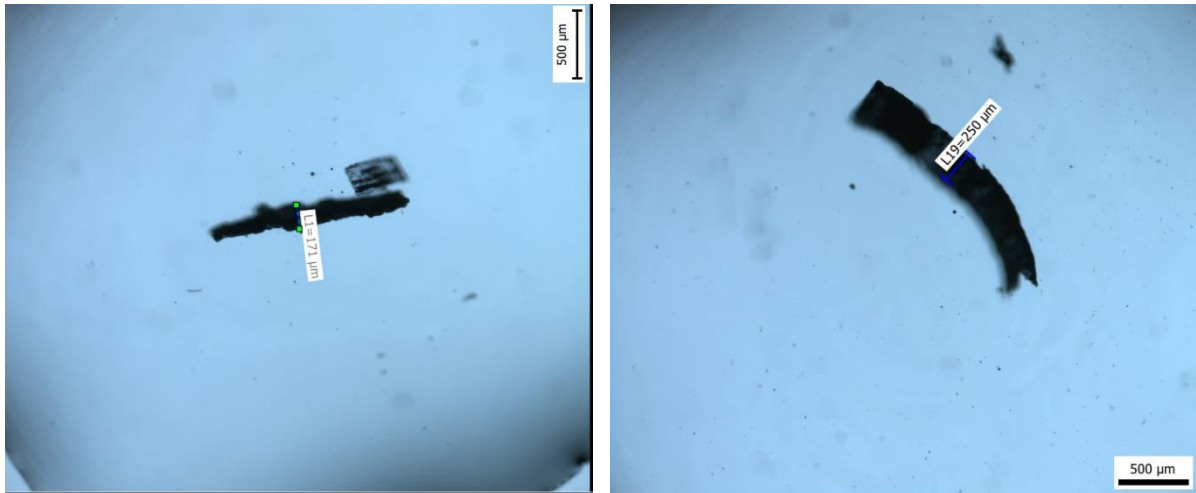
Slika 2.10 Bezvodni glicerol korišten za mikroskopsko određivanje debljine vanjske stjenke stabljike (epiderme) (lijevo) i priprema i postavljanje uzoraka na predmetno stakalce u kapljicu bezvodnog glicerola (desno)

Zbog lakšeg postavljanja dijela stjenke stabljike na predmetno stakalce, pomoću kapaljke postavljena je kapljica bezvodnog glicerola ( $C_3H_8O_3$ ) (Slika 2.10). Na taj način je uzorak mogao biti lakše postavljen okomito u odnosu na objektiv, kako bi se mogao precizno izmjeriti.

Mjerenje je provedeno pomoću računalnog programa (Slika 2.11). Prema provedenom mjerenju debljine vanjske stjenke stabljike industrijske konoplje, debljina stabljike se kretala od 171 do 412  $\mu\text{m}$  (Tablica 2.5).

Tablica 2.5 Prikaz debljine vanjske stjenke stabljike industrijske konoplje

Oznaka	Repeticija	Debljina stjenke (mikromilimetrar, $\mu\text{m}$ )
K0	I	171
K0	II	178
K0	III	321
Prosjek		223,3
K1	I	250
K1	II	191
K1	III	194
Prosjek		211,7
K2	I	314
K2	II	237
K2	III	412
Prosjek		321,0



Slika 2.11 Primjer mjerenje debljina vanjske stjenke stabljike industrijske konoplje

#### 2.2.4 Određivanje visine stabljike industrijske konoplje

Za određivanje visine stabljike industrijske konoplje je sa svakog gnojidbenog tretmana odnosno svakog ponavljanja prikupljeno po 10 biljaka industrijske konoplje. Uzorci su potom prevezeni u Centar za standardizaciju uzoraka Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek na daljnju obradu.

Visina stabljike je određena jednostavnim mjerenjem pomoću metra (Tablica 2.6, 2.7 i 2.8) Kod mjerenja visine stabljike određena je ukupna visina stabljike sa predjelom cvati i izražena u centimetrima.

Tablica 2.6 Visina stabljike industrijske konoplje na tretmanu K0

<b>K0 1</b>	<b>Visina biljke (cm)</b>
	88
	91
	69
	77
	56
	95
	111
	105
	113
	79
Prosjek	88,4
<b>K0 2</b>	<b>Visina biljke (cm)</b>
	39
	81
	55
	78
	58
	51
	34
	52
	65
	51
Prosjek	56,4
<b>K0 3</b>	<b>Visina biljke (cm)</b>
	83
	55
	58
	79
	51
	64
	78
	76
	67
	77
Prosjek	68,8



Tablica 2.7 Visina stabljike industrijske konoplje na tretmanu K1

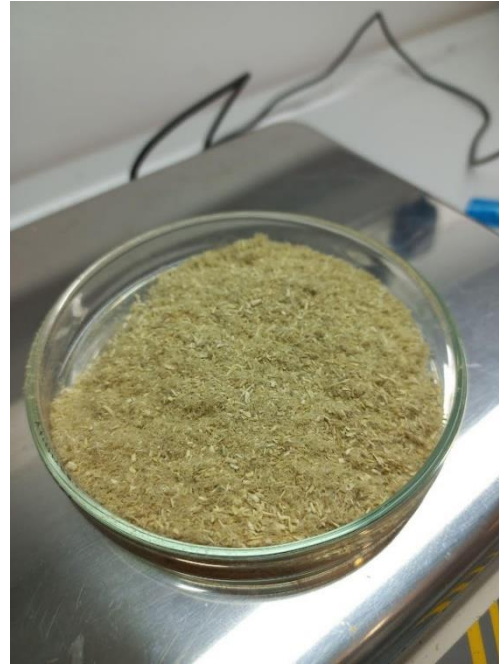
<b>K1 1</b>	<b>Visina biljke (cm)</b>
	61
	63
	72
	65
	59
	45
	63
	74
	75
	72
Prosjek	64,9
<b>K1 2</b>	<b>Visina biljke (cm)</b>
	70
	78
	54
	74
	67
	89
	42
	80
	75
	73
Prosjek	70,2
<b>K1 3</b>	<b>Visina biljke (cm)</b>
	132
	74
	73
	95
	73
	82
	78
	71
	83
	66
Prosjek	70,2

Tablica 2.8 Visina stabljike industrijske konoplje na tretmanu K2

<b>K2 1</b>	<b>Visina biljke (cm)</b>
	76
	77
	83
	90
	78
	71
	74
	75
	46
	60
Prosjek	73,0
<b>K2 2</b>	<b>Visina biljke (cm)</b>
	83
	72
	73
	82
	46
	86
	57
	82
	88
	62
Prosjek	73,1
<b>K2 3</b>	<b>Visina biljke (cm)</b>
	85
	67
	69
	65
	62
	78
	57
	55
	77
	56
Prosjek	67,1

### 2.2.5 Kemijski sastav biljke

Za određivanje kemijskih elemenata N, P, K i Ca uzorci stabljike industrijske konoplje sušeni su u sušioniku na 105 °C 24 sata do konstantne mase. Nakon sušenja stabljike su samljevene (Slika 2.12), pomoću laboratorijskog mlina s noževima (Retsch GmbH Germany, Šestar ID: 1523).



Slika 2.12 Usitnjavanje stabljike industrijske konoplje na mlinu (lijevo) i samljeveni uzorak (desno)

Analiza makro elemenata u stabljici, N, P, K i Ca provedena je nakon razaranja stabljike na bloku za razaranje uz pomoć smjese kiselina (sumporna i perklorna kiselina) i vodikovog peroksida, a zatim je njihova koncentracija određena pomoću atomske apsorpcijske spektroskopije, : ICP-OES PerkinElmer Optima 2100 DV. Dušik je determiniran pomoću Kjeldahl aparature (Büchi B-324) za određivanje koncentracije dušika. Elementarna analiza napravljena (Tablica 2.9) je u Centralnom laboratoriju Zavoda za agroekologiju i zaštitu okoliša u Osijeku Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Tablica 2.9 Rezultati analize kemijskog sastava stabljike konoplje

Lab. broj	Oznaka	Repeticija	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)
39400	K	I	1,027	690	11385	7749
39401	K	II	0,803	701	11438	8069
39402	K	III	0,815	726	11772	8255
Prosjek			0,882	706	11531	8024
39403	K1	I	0,747	597	12192	6853
39404	K1	II	0,746	601	12385	7027
39405	K1	III	0,801	650	12637	7640
Prosjek			0,764	616	12404	7173
39406	K2	I	0,701	782	13687	7801
39407	K2	II	0,736	829	13948	8575
39408	K2	III	0,748	847	14062	8793
Prosjek			0,728	819	13899	8390

### 2.2.6 Analiza vlakana

Analiza vlakna uključivala je analizu celuloze, hemiceluloze i lignina u stabljici industrijske konoplje. Za potrebe ove analize, uzorci stabljike su samljeveni na mlinu za mljevenje biljnog materijala na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek i odneseni na Prehrambeno-tehnološki fakultet u Osijeku i to u Laboratoriju Zavoda za procesno inženjerstvo, gdje se uslužno odredila analiza vlakna.

Određivanje vlakana obavljeno je metodom prema Van Soest-u (Goering i Van Soest, 1970). Hemiceluloza je određena prema Van Soest-u kao razlika između NDF-a (neutral detergent fiber/kisela detergentska vlakana) i ADF-a (acid detergent fiber/neutralnih detergentskih vlakana). Zbog povećanog obima posla analize vlakna nisu bile dostupne u vrijeme pisanja ovog Izvješća te će biti dostavljene naknadno.

### 2.2.7 Izdvajanje vlakna iz stabljike industrijske konoplje

Žetva konoplje za izdvajanje vlakna iz stabljike obavljena je 24. kolovoza 2021. godine. Općenito, nakon košnje, rukovijeti (snopovi) stabljike su se stavljali u vodu na močenje kako bi se potaklo na maceraciju. Nekada su se snopovi stabljike potapali u obližnje rijeke, riječne rukavce, bare ili jezera, no zbog onečišćenja okoliša i pomora ribe, to je zabranjeno.

Za potrebe provedbe projekta močenje je provedeno na tri načina, kako bi utvrdili koji postupak močenja je najjednostavniji. Sve metode korištene za močenje spadaju u biološke metode za dobivanje vlakna (Pasković, 1966.).

U ovom razdoblju istraživanja močenje stabljike konoplje je provedeno na tri načina:

1. močenje u hladnoj vodi u koritu 21. dan (Slika 2.13)
2. močenje u toploj vodi na sobnoj temperaturi 22 °C (Slika 2.14)
3. močenje u komori na konstantnoj temperaturi 33 °C (Slika 2.15)

Premda se u literaturi navode različiti podaci o dužini močenja stabljike industrijske konoplje za izdvajanje vlakna, prema subjektivnoj procjeni maceracija je bila gotova kada se vlakno lako odvajalo s korom od stabljike.

Za močenje stabljike u hladnoj vodi stabljike su povezane u snopove i poslagane u metalno korito. Stabljike su močene u bunarskoj vodi i ostavljene na vanjskom prostoru. Pri ovom postupku stabljika se nije morala rezati jer su u korito stale cijele stabljike. Nakon 14.-og dana svakodnevno je provjeravano stanje stabljika, tj. tijekom maceracije, da bi nakon 21. dana snopovi bili izvađeni iz vode, prosušeni na zraku i odneseni u zatvorenu prostoriju na dodatno sušenje na sobnoj temperaturi. Nakon što su stabljike bile dobro osušene, vlakno se izdvajalo fizički pomoću drvene stupe (Slika 19).



Slika 2.13 Pripremljeni snopovi stabljike u koritu za močenje u hladnoj vodi

Močenje stabljike na sobnoj temperaturi provedeno je u Laboratoriju za analizu ratarskih usjeva Fakulteta agrobiotehničkih znanosti, gdje je sobna temperatura iznosila konstantnih 22 °C. Za taj postupak stabljike su bile sjeckane na dužinu plastičnog korita (40 – 50 cm) koje je

korišteno za močenje (Slika 15.). Stabljike su bile močene 7 dana, a nakon toga izvađene (Slika 16.) na celulozne ubruse kako bi se prosušile te prebačene u sušionik, gdje su sušene na 70 °C 24 sata. Nakon sušenja stabljike su odmah prenesene na drvenu stupu (Slika 19.), za izdvajanje vlakna jer se iz „toplih“ stabljika vlakno lakše izdvaja.



Slika 2.14 Močenje stabljike konoplje u toploj vodi



Slika 2.15 Vađenje stabljika iz korita

Močenje stabljika u komori Memmert (Slika 2.16) je provedeno u Laboratoriju za analizu ratarskih usjeva Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Za močenje korištena je inkubator komora Memmert (Slika 2.16). Stabljike su se rezale na dužinu prilagođenu širini aluminijskih posuda i širini komore (50 – 60 cm). Staklene bočice napunjene vodom služile su kao uteg koji drži stabljike potopljene (Slika 2.16). Temperaturu je potrebno održavati na 33 °C. Budući da dio vode pri ovom postupku isparava, bilo je potrebno svakodnevno nadopunjavati ugrijanom vodom (27 -28 °C). Takav postupak traje 72 sata. Na ovaj način se nemože staviti velika količina stabljika na močenje, ali je postupak relativno kratak te se u budućnosti može koristiti za izdvajanje manje količine vlakna u kratkom vremenu. Nakon močenja dijelovi stabljike su također stavljeni na celulozne maramice (2.17), a potom u sušionik na 70 °C 24 sata. Nakon sušenja stabljike, pomoću drvene stupe izdvojeno je vlakno (Slika 2.18).





Slika 2.16 Prikaz močenja stabljika industrijske konoplje u aluminijskim posudama u inkubator komori



Slika 2.17 Mokre stabljike izvađene iz inkubator komore na celulozne ubruse

Nakon močenja i sušenja stabljike sva tri načina, vlakno je izdvojeno pomoću obnovljene drvene nožne stupe (Slika 2.18) koja se u prošlosti koristila za izdvajanje vlakna (Slika 2.19).

Sam postupak je vrlo jednostavan, a sastoji se od uzastopnog udaranja drvenom nožnom stupom po stabljici konoplje dok ne nastupi izdvajanje vlakana.



Slika 2.18 Drvena nožna stupa



Slika 2.19 Stabljike industrijske konoplje na drvenoj stupi

Zbog sitne prašine i veće količine „otpada“, odnosno drvenog dijela stabljike – pozdera, odvajanje vlakna iz stabljika konoplje se moralo provoditi na otvorenom. Odvajanje vlakna



pomoću drvene stupe je nešto zahtjevniji fizički posao, stoga je važno da stabljika bude što tanja i da je maceracija pravilno provedena. Ipak, budući da je nakon izdvajanja vlakna i pozdera veći dio pozdera ostao na vlaknu, vlakna su se dodatno ručno pročišćavala. Studenti Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek (Slika 2.20) su jedan dio praktične nastave iskoristili za dodatno pročišćavanje pozdera od vlakna, što je za njih bilo vrijedno iskustvo jer se prije nisu nikada susreli sa sirovim vlaknom industrijske konoplje.



Slika 2.20 Ručno pročišćavanje pozdera od vlakna

Pročišćeno vlakno (Slika 2.21) pakirano je u pvc vrećice i pripremljeno za daljnja istraživanja na Građevinskom i arhitektonskom fakultetu Osijek.



Slika 2.21 Pročišćeno vlakno industrijske konoplje



### 3. Žitarice

S obzirom da žitarice pripadaju u skupinu ozimih kultura i njihova vegetacija traje otprilike 8,5 mjeseci u 1. Izvještajnom razdoblju obavljena je samo sjetva dok će sve ostale aktivnosti u sklopu ovog projekta biti napravljene u 2. izvještajnom razdoblju.

Poslije berbe kukuruza, kao predkulture, obavljena je osnovna gnojidba i oranje na dubinu 25-30 cm, a nakon toga predsetvena priprema tla. Početkom studenog 2021. na površinama pokušališta Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek obavljena je sjetva pšenice (sorta Kraljica, Poljoprivredni institut Osijek), ječma (sorta Barun, Poljoprivredni institut Osijek), raži (sorta Elego, RWA) i zobi (sorta Marta, Bc institut Zagreb) na ukupnoj površini od 36000 m<sup>2</sup>.

Žitarice su posijane žitnom sijačicom IMT 23 uz pomoć traktora John Deere 510 R na međuredni razmak 12,5 cm i dubinu 3-4 cm. Sve agrotehničke operacije su napravljene prema pravilima struke (Slika 3.1)



Slika 3.1 Agrotehničke operacije

S obzirom da su nakon sjetve nastupile niže temperature zraka nicanje je bilo nešto usporenije, ali ništa neuobičajeno za ove kulture čije su minimalne temperature za klijanje i nicanje oko 2 °C.

Pregledom usjeva tijekom prosinca 2021. i početkom siječnja 2022. ustanovljeno je da se žitarice nalaze u fazi 2-3 lista što je uobičajeno za ovaj dio godine i da su u relativno normalnoj kondiciji (Slika 3.3), bez vidljivog oštećenja od nedostatka hranjiva ili napada bolest.



Slika 3.2 Faze razvoja – početak nicanja (lijevo) i faza 2 lista (desno)



Slika 3.3 Faza 2-3 lista (prezimljavanje usjeva)

## 4. Ispitivanje vlačne čvrstoće vlakana

Ispitivanja vlačne čvrstoće vlakana ratarskih kultura provedena su u Laboratoriju za konstrukcije na Građevinskom fakultetu u Rijeci. Ispitivanjima je obuhvaćeno pet ratarskih kultura: pšenica, raž, zob, ječam i industrijska konoplja, pri čemu su za pšenicu, raž, zob i ječam provedena preliminarna ispitivanja, a za industrijsku konoplju su provedena ispitivanja na usjevu iz 2021. godine.

### 4.1. Materijal i priprema uzoraka

Prvi dio uzoraka (pšenice, raži, zobi, ječma i industrijske konoplje) za preliminarna ispitivanja vlačne čvrstoće preuzeti su dana 21.10.2021. godine. Drugi dio uzoraka vlakana industrijske konoplje preuzet je 7.12. 2021. godine. Dostavljeno po tri uzorka iz svakog tretmana gnojidbe kalijem (označene kao grupa uzoraka K0=1, K1=2 i K2=3).

Uzorkovanje vlakana ratarskih kultura za laboratorijska ispitivanja provedena su na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku.

Uzorci vlakana ratarskih kultura za preliminarna ispitivanja vlačne čvrstoće označeni su slovom i brojkom (npr. W1). Slovo definira vrstu ratarske kulture kako je prikazano u Tablici 1, a broj definira broj uzorka.

Uzorci industrijske konoplje (usjev iz 2021. godine) označeni su oznakom IH1-1, gdje slovo IH definira vrstu ratarske kulture (Tablica 4.1), prvi broj definira grupu uzoraka koji ide od 1 do 3 ovisno o gnojidbi, a druga brojčana oznaka definira broj uzorka.

Uzorci za preliminarna ispitivanja vlačne čvrstoće prikazani su na Slici 4.1. Preliminarno ispitivanje industrijske konoplje provedeno je na snopu od 5 vlakana u jednom uzorku (Slika 4.1e). Na Slici 4.2 prikazane su tri grupe uzoraka industrijske konoplje.

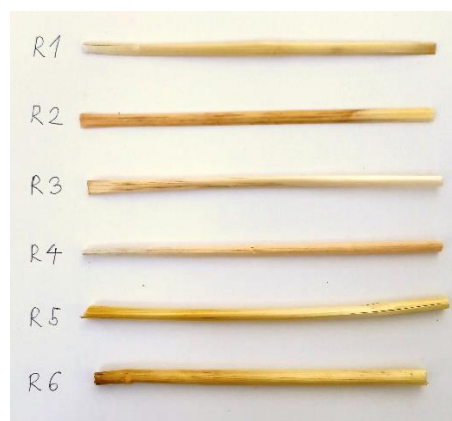
Tablica 4.1 Oznake uzoraka za ispitivanja

Vrsta ratarske kulture	Oznaka uzorka
Pšenica (eng. <b>W</b> heat)	W
Raž (eng. <b>R</b> ye)	R
Zob (eng. <b>O</b> at)	O
Ječam (eng. <b>B</b> arely)	B
Industrijska konoplja (eng. industrial <b>h</b> emp)	IH





(a)



(b)



(c)



(d)



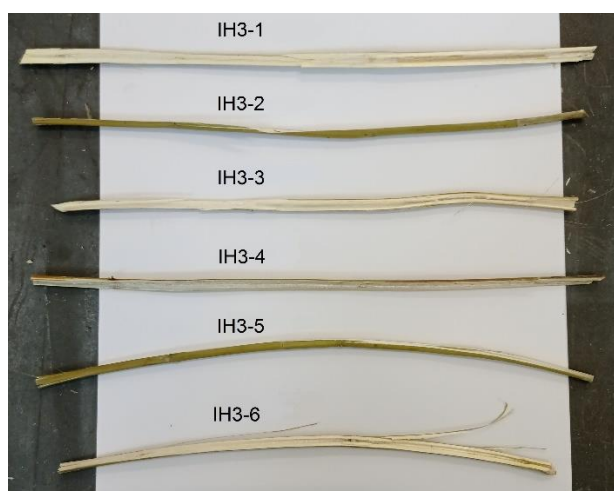
(e)

Slika 4.1 Uzorci (a) pšenice - W, (b) raži - R, (c) zobi - O, (d) ječma - B i (e) industrijske konoplje - IH za preliminarno ispitivanje



(a)

(b)



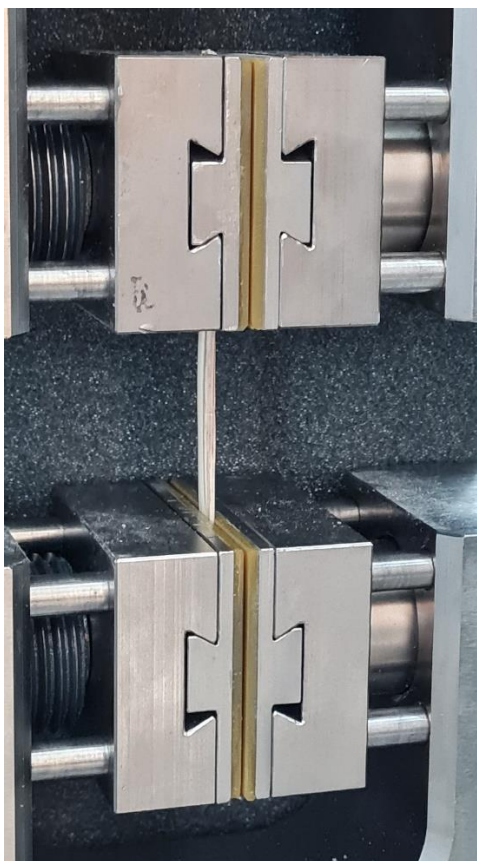
(c)

Slika 4.2 Uzorci industrijske konoplje za (a) prvu grupu uzoraka IH1, (b) drugu grupu uzoraka IH2 i (c) treću grupu uzoraka IH3

#### 4.2. Postava ispitivanja i mjerne opreme

Preliminarna ispitivanja uzoraka ratarskih kultura na jednoosni vlak provedena su 6. i 7. prosinca 2021. godine. Ispitivanja tri grupe uzoraka industrijske konoplje provedena su 22. prosinca 2021. godine.

Uzorci su ispitani na univerzalnom tlačno-vlačnom stroju (kidalici) Zwick/Roell Z600, uz pomoć mehaničkih čeljusti kapaciteta 10 kN i korištenjem mjerne doze kapaciteta 50 kN (Slika 4.3).



Slika 4.3 Postava uzorka u mehaničkim čeljustima ispitnog stroja

Ispitivanje vlakana provedeno je prema sljedećoj proceduri:

- Vlak u uzorku nanošen je kontrolom pomaka pomične grede
- Brzina opterećenja iznosi 0,5 mm/min
- Ispitivanje je provedeno do sloma uzorka, odnosno do pada čvrstoće za 80%

### **4.3. Rezultati ispitivanja**

Kao rezultat ispitivanja uzoraka vlakana na jednoosni vlak dani su sljedeći rezultati:

- Najveća izmjerena sila izražena u N
- Modul elastičnosti izražen u MPa
- Vlačna čvrstoća izražena u MPa
- Srednja vlačna čvrstoća za svaku ratarsku kulturu u MPa
- Dijagrami odnosa naprezanja [MPa] i pomaka [mm]
- Oblici sloma uzoraka vlakana

U Tablici 4.2 dani su rezultati preliminarnih ispitivanja ratarskih kultura na jednoosni vlak, dok su u Tablici 4.3 dani rezultati ispitivanja triju grupa vlakana industrijske konoplje, podijeljene prema gnojdbama prilikom uzgoja.

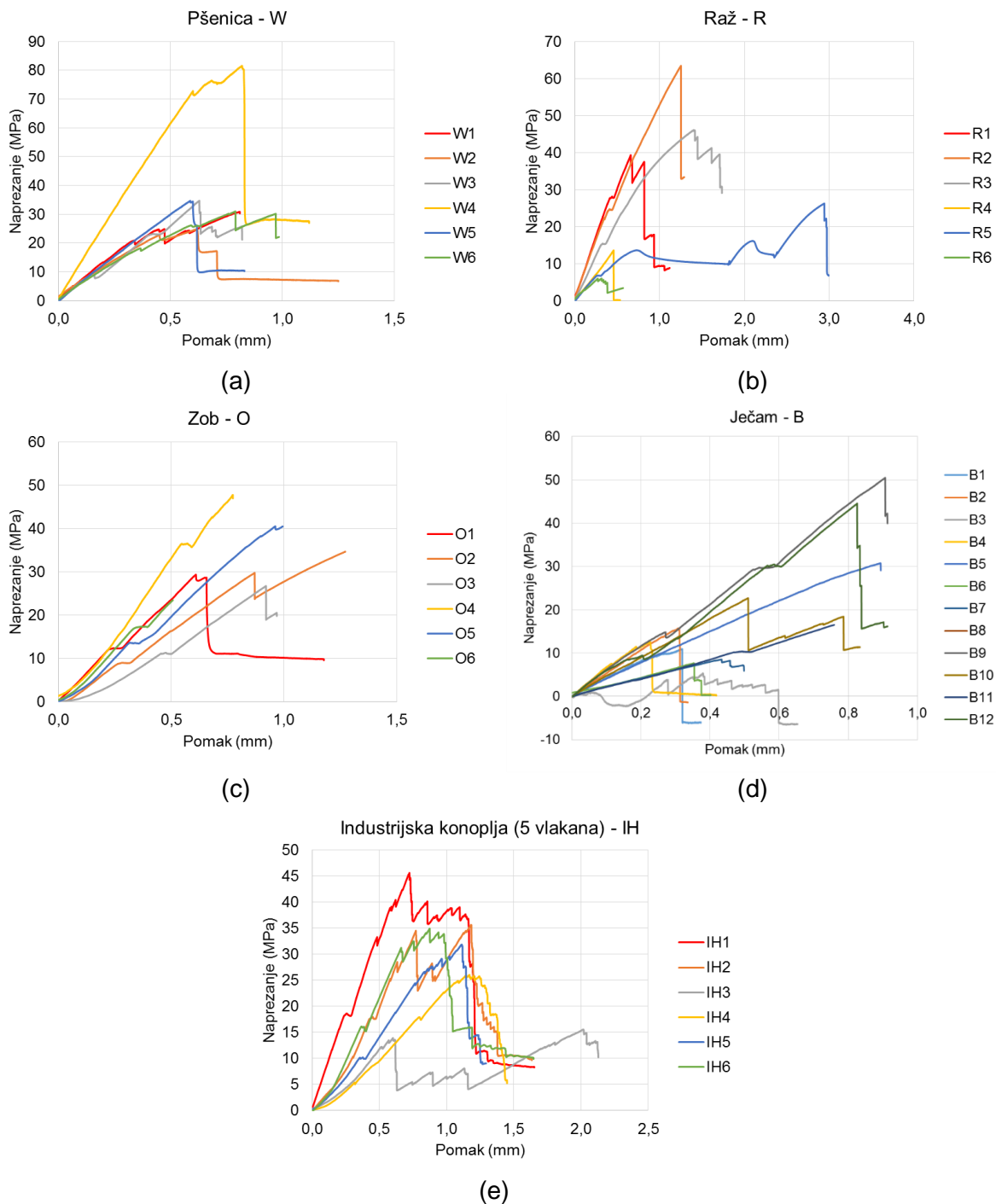
Tablica 4.2 Vlačna čvrstoća vlakana ratarskih kultura

Oznaka uzorka	Max $F_c$ (N)	Srednja površina presjeka A (mm <sup>2</sup> )	Čvrstoća $= \frac{F_c}{A}$ (MPa)	Srednja čvrstoća (MPa)	Modul elastičnosti (MPa)	Srednji modul elastičnosti (MPa)
<b>Pšenica – W</b>						
W1	51,27	1,66	30,88	39,61	69,32	71,95
W2	72,86	2,94	24,78		66,38	
W3	124,97	3,60	34,71		48,15	
W4	87,28	1,07	81,57		129,11	
W5	68,69	1,98	34,69		63,08	
W6	113,81	3,67	31,01		55,66	
<b>Raž – R</b>						
R1	120,00	3,05	39,35	33,50	70,37	44,36
R2	206,25	3,25	63,46		65,65	
R3	238,87	5,18	41,11		48,95	
R4	42,93	3,16	13,59		28,66	
R5*	330,28	12,58	26,25		20,37	
R6	70,98	11,86	5,98		32,19	
* rezultat izuzet iz izračuna srednje čvrstoće, uzorak proklizao u čeljustima						
<b>Zob – O</b>						
O1	177,48	6,05	29,33	33,72	53,50	41,15
O2	317,65	9,17	34,64		29,44	
O3	204,60	7,66	26,71		21,80	
O4	114,11	2,39	47,47		56,67	
O5	272,98	6,74	40,50		42,19	
O6	111,45	4,76	23,41		43,32	
<b>Ječam – B</b>						
B1	12,38	1,13	10,96	23,66	43,93	44,17
B2	30,65	1,95	15,72		53,59	
B3	6,04	1,12	5,39		6,78	
B4	16,83	1,33	12,66		68,36	
B5	73,25	2,38	30,78		39,00	
B6	28,43	4,14	6,87		25,95	
B7	61,02	7,15	8,53		22,29	
B8	132,18	2,25	58,75		109,88	
B9	136,81	2,71	50,43		50,13	
B10	56,08	2,47	22,71		45,92	
B11	131,82	7,98	16,52		20,06	
B12	122,94	2,76	44,54		44,17	
<b>Industrijska konoplja (5 vlakana) – IH</b>						
IH1	206,16	4,52	45,61	31,59	78,04	35,87
IH2	183,52	5,15	35,63		33,93	
IH3	87,56	5,64	15,52		17,33	
IH4	241,75	9,29	26,02		18,61	
IH5	306,31	9,62	31,84		28,22	
IH6	284,18	8,14	34,91		39,07	

Tablica 4.3 Vlačna čvrstoća vlakana industrijske konoplje

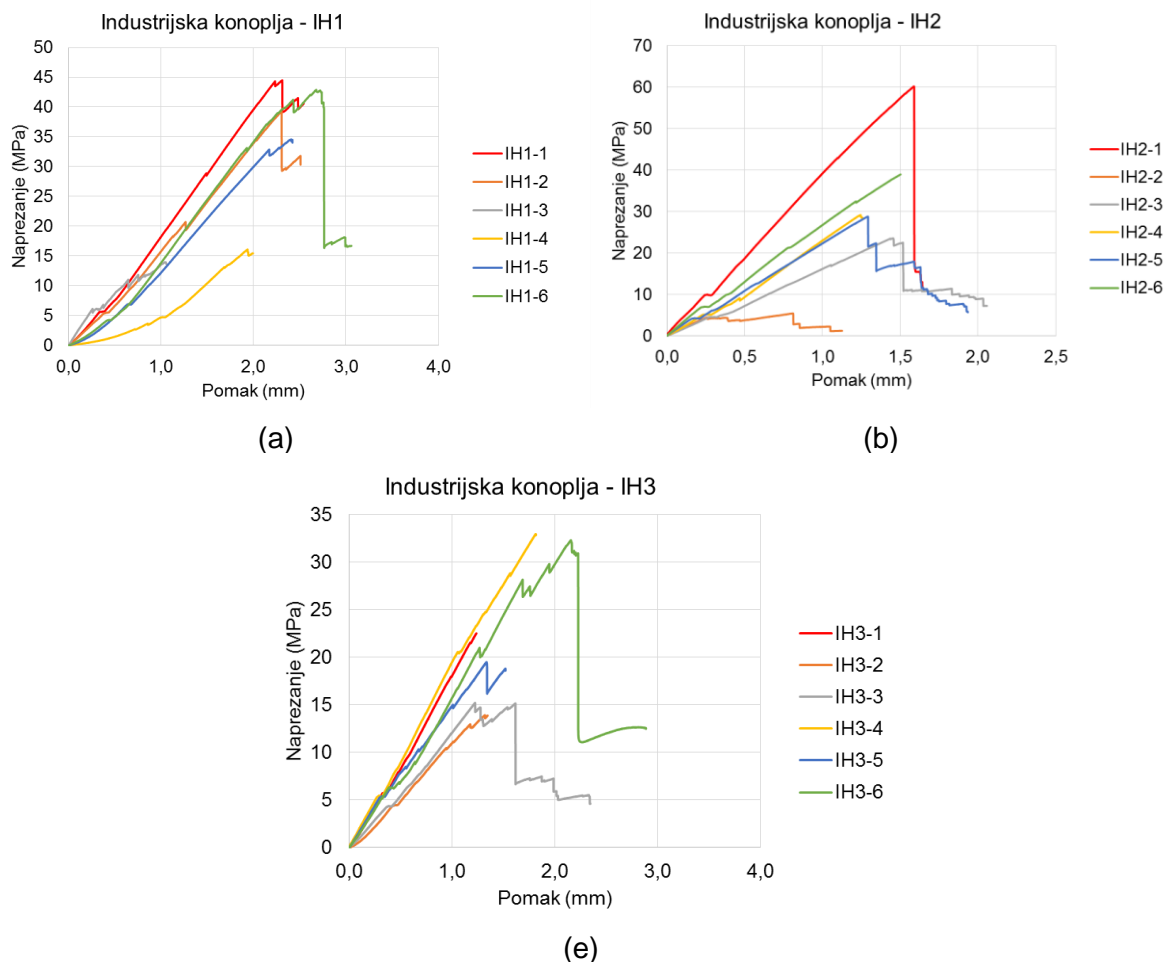
Oznaka uzorka	Max $F_c$ (N)	Srednja površina presjeka A (mm <sup>2</sup> )	Čvrstoća $= \frac{F_c}{A}$ (MPa)	Srednja čvrstoća (MPa)	Modul elastičnosti (MPa)	Srednji modul elastičnosti (MPa)
<b>Industrijska konoplja – IH1</b>						
IH1-1	464,60	14,53	44,50	31,90	17,17	14,25
IH1-2	568,59	14,46	39,32		14,78	
IH1-3	180,99	12,96	13,97		23,83	
IH1-4	290,80	18,05	16,11		4,57	
IH1-5	421,89	12,20	34,58		11,66	
IH1-6	773,51	18,03	42,90		13,50	
<b>Industrijska konoplja – IH2</b>						
IH2-1	545,14	9,05	60,24	31,06	37,37	23,04
IH2-2	71,03	12,98	5,47		21,31	
IH2-3	451,63	19,14	23,60		14,44	
IH2-4	464,12	15,88	29,23		18,39	
IH2-5	564,02	19,56	28,84		21,05	
IH2-6	433,67	11,12	39,00		25,70	
<b>Industrijska konoplja – IH3</b>						
IH3-1	339,26	15,06	22,53	22,74	16,05	14,03
IH3-2	261,26	18,78	13,91		10,25	
IH3-3	283,05	18,60	15,22		10,46	
IH3-4	512,21	15,53	32,98		17,95	
IH3-5	295,11	15,13	19,50		15,46	
IH3-6	451,60	13,97	32,22		13,99	

Dijagrami odnosa naprezanja [MPa] i pomaka [mm] dobiveni preliminarnim ispitivanjem vlakana ratarskih kultura na jednoosni vlak prikazani su na Slici 4.4, dok su dijagrami odnosa naprezanja [MPa] i pomaka [mm] dobiveni ispitivanjem industrijske konoplje za tri gnojidbe prikazane na Slici 4.5.



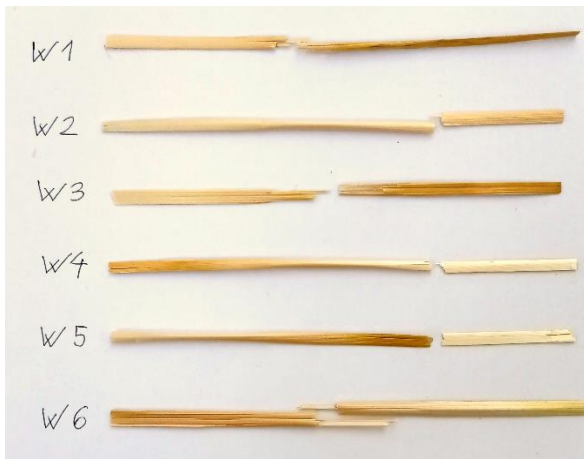
Slika 4.4 Dijagrami odnosa naprežanja [MPa] i pomaka [mm] za uzorke (a) pšenice – W, (b) raži – R, (c) zobi – O, (d) ječma – B i (e) industrijske konoplje - IH





Slika 4.5 Dijagrami odnosa naprezanja [MPa] i pomaka [mm] za uzorke industrijske konoplje (a) IH2, (b) IH2 i (c) IH3

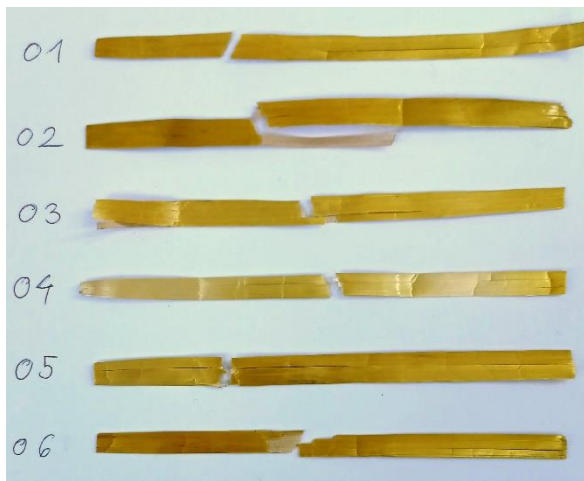
Oblik sloma vlakana prikazani su na Slici 4.6 za uzorke ratarskih kultura dobivenih preliminarnim ispitivanjima, a na Slici 4.7 su prikazani oblici sloma uzoraka industrijske konoplje.



(a)



(b)



(c)

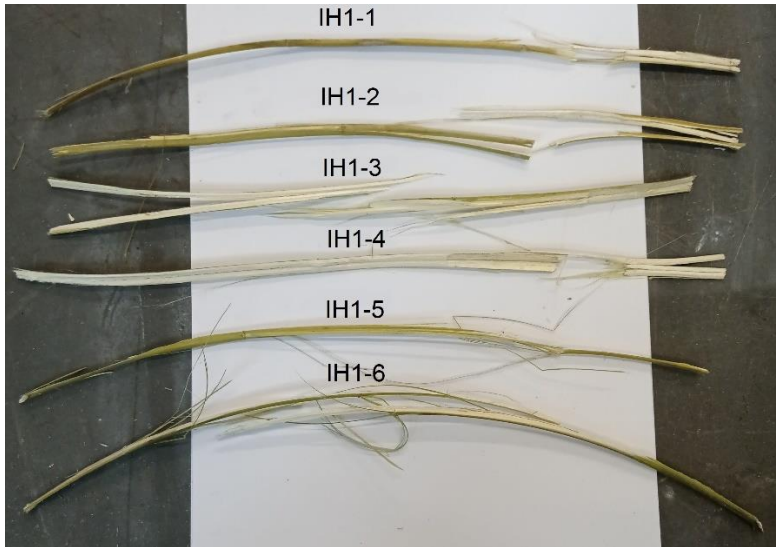


(d)

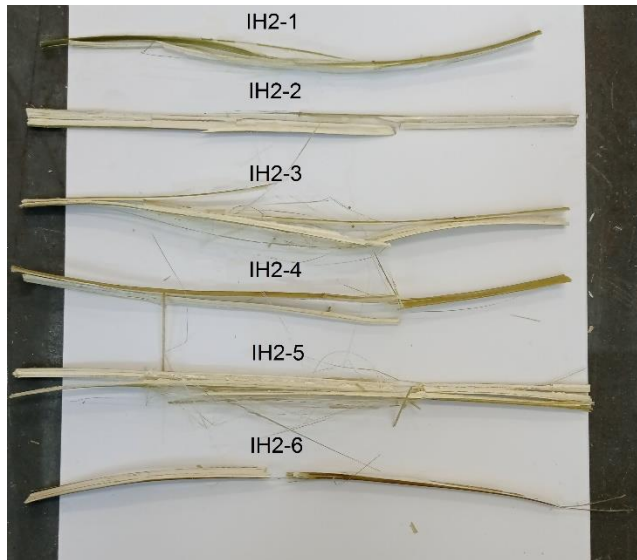


(e)

Slika 4.6 Oblik sloma uzoraka (a) pšenice – W, (b) raži – R, (c) zobi – O, (d) ječma – B i (e) industrijske konoplje - IH



(a)



(b)



(c)

Slika 4.7 Oblik sloma uzoraka industrijske konoplje (a) IH2, (b) IH2 i (c) IH3

## 5. Zaključak

U prvoj godini istraživanja proveden je poljski pokus na pokušalištu Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, uzeti uzorci biljaka i napravljene analize. Industrijska konoplja (sorta Finola) je posijana 17. svibnja 2021. godine pri čemu su primijenjena tri tretmana različite formulacije mineralnih gnojiva.

Vremenske prilike u 2021. godini su bile relativno nepovoljne za rast biljke, tako da je stabljika, ovisno o tretmanu i ponavljanju bila prosječno između 56,4 i 88,4 cm. Mjerenjem debljine stabljike dobiveni promjer je varirao između 2,31 do 4,35 mm, dok je debljina epiderme bila između 171 do 412  $\mu\text{m}$ .

Osim morfoloških mjerenja određena je i koncentracija makroelemenata u stabljici industrijske konoplje. Prosječna vrijednosti sadržaja dušika je iznosila 0,791%, kalija 12611 mg/kg, kalcija 7862 mg/kg i fosfora 713,6 mg/kg. Analiza vlakana (celuloze, hemiceluloze i pektina) do trenutka predaje Izvještaja nisu bile napravljene te će iste biti prikazane naknadno.

Kako bi se izdvojilo vlakno, stabljike industrijske konoplje su močene u vodi, nakon čega su sušene, a vlakno je izdvojeno pomoću drvene nožne stupe i dodatno pročišćeno.

S obzirom na prirodni ciklus ispitivanih ratarskih kultura u navedenom razdoblju u jesenskoj sjetvi posijane su planirane ozime žitarice (pšenica, ječam, raž i zob) na površinama pokušališta i trenutno se nalaze u fazi 2-3 lista što je uobičajeno tijekom zimskog razdoblja. Sve daljnje aktivnosti vezano za žitarice će se događati tijekom 2. Izvještajnog razdoblja.

Preliminarnim ispitivanjem ispitana je vlačna čvrstoća vlakana svih pet ratarskih kultura: pšenice, zobi, ječma, raži i industrijske konoplje. Između pet grupa vlakana, gotovo sve kulture imaju približno jednaku vlačnu čvrstoću vlakana, oko 30 MPa. Najveću vlačnu čvrstoću vlakana, gotovo 40 MPa imaju vlakna pšenice, dok najnižu vlačnu čvrstoću vlakana, oko 23 MPa imaju vlakna ječma. Uz to, vidljiv je i veliki rasap rezultata vlačne čvrstoće, što je i za očekivati, s obzirom na nasumično biranje stabljika i dijelova stabljika iz kojih će se izvući vlakna za ispitivanje. Tri grupe vlakana industrijske konoplje uzgojene ove godine, tretirane s tri različite gnojidbe, ispitane su na isti način. Pri tom je rezultat vlačne čvrstoće konoblje tretirane s gnojidbom br. 3 najniži te iznosi oko 23 MPa, dok je za druge dvije grupe vlakana industrijske konoplje rezultat gotovo isti i iznosi 31 MPa.

## Literatura

- AGRONET (2021). Tražene kulture na Jedinstvenom zahtjevu 2015. – 2020. <https://www.aprrr.hr/agronet/> (Pristupljeno 3. 12. 2021.)
- Aston, E. R., Farris, S. G., Metrik, J., & Rosen, R. K. (2019). Vaporization of marijuana among recreational users: A qualitative study. *Journal of studies on alcohol and drugs*, 80(1), 56-62.
- Benbassat, J., & Taragin, M. (2000). Hospital readmissions as a measure of quality of health care: advantages and limitations. *Archives of internal medicine*, 160(8), 1074-1081.
- Bilandžija, N., Fabijanić, G., Sito, S., Grubor, M., Krononc, Z., Čopec, K., Kovačec, I. (2020). Harvest systems of *Miscanthus x giganteus* biomass: A Review. *Journal of Central European Agriculture*, 21(1), 159-167. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.1.2511>
- Bouloc, P. (Ed.). (2013). *Hemp: industrial production and uses*. CABI.
- Butorac, J. (2009). *Predivo bilje*. Kugler d.d. Zagreb
- Fike, J. (2016). Industrial hemp: renewed opportunities for an ancient crop. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 35(5-6), 406-424.
- Galić, M., Perčin, A., Zgorelec, Ž., Kisić, I. (2019). Evaluation of heavy metals accumulation potential of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of Central European Agriculture*, 20(2), 700-711. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.2.2201>
- Goering HK, Van Soest PJ. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Washington, U.S. Agricultural Research Service.
- Gutiérrez, A., Rodríguez, I. M., & del Río, J. C. (2006). Chemical characterization of lignin and lipid fractions in industrial hemp bast fibers used for manufacturing high-quality paper pulps. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(6), 2138-2144.
- Ingrao, C., Giudice, A. L., Bacenetti, J., Tricase, C., Dotelli, G., Fiala, M., ... & Mbohwa, C. (2015). Energy and environmental assessment of industrial hemp for building applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 29-42.
- Jurić, M. (1951). *Lanarstvo i kudjeljarstvo I. dio*. Tehnička knjiga, Zagreb.
- Kilaru, A., Chapman, K. D. (2020). The endocannabinoid system. *Essays in Biochemistry*, 64(3), 485-499. <https://doi.org/10.1042/EBC20190086>
- Kišgeci, J. (1994). *Konoplji hvala*. Nolit Beograd, Novosadsko izdavačko-trgovinsko poduzeće, Novi Sad
- Klir, Ž., Novoselec, J. & Antunović, Z. (2019). An overview on the use of hemp (*Cannabis sativa* L.) in animal nutrition. *Poljoprivreda*, 25 (2), 52-61. <https://doi.org/10.18047/poljo.25.2.8>
- Kovačić, Đ., Kralik, D., Rupčić, S., Jovičić, D., Spajić, R., Tišma, M. (2017). Soybean Straw, corn stover and sunflower stalk as possible substrates for biogas production in Croatia: a review. *Chemical and biochemical engineering quarterly*, 31(3), 187-198.
- Matošević, D., Kralik, D., Rapčan, I. & Jovičić, D. (2019). The influence of digestate concentration during cultivation on the quality of biogas obtained from the anaerobic digestion of duckweed (*Spirodela polyrhiza*). *Poljoprivreda*, 25 (2), 71-78. <https://doi.org/10.18047/poljo.25.2.10>

- Mechoulam, R., & Parker, L. A. (2013). The endocannabinoid system and the brain. *Annual review of psychology*, 64, 21-47. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143739
- Mendekić, V. (1936). Uzgoj konoplje. Tisak „Tipografije“ d.d., Zagreb.
- Mougin, G. (2013). Hemp and plastic. In: Bouloc, P., Allegret, S., Arnaud, L. (eds.). *Hemp: industrial production and uses*. CAB International. 209-221. 10.1079/9781845937935.0000
- NN 18/2012. Pravilnik o uvjetima za uzgoj konoplje, načinu prijave uzgoja maka te uvjetima za posjedovanje opojnih droga u veterinarstvu. *Narodne novine* 18/2012.: <http://www.propisi.hr/print.php?id=6447> (Pristupljeno 10. 1. 2021.)
- NN 39/2019. Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o suzbijanju zlouporabe droga. *Narodne novine* 39/2019. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2019\\_04\\_39\\_799.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2019_04_39_799.html) (Pristupljeno 10. 1. 2021.)
- Pasković, F. (1966). *Predivo bilje, konoplja, lan i pamuk*. Nakladni Zavod Znanje, Zagreb.
- Radočaj, D., Velić, N., Jurišić, M., Merdić, E. (2020). The remediation of agricultural land contaminated by heavy metals. *Poljoprivreda*, 26 (2), 30-42. <https://doi.org/10.18047/poljo.26.2.4>
- Robo, I., Čuni, O., Gina, E., Heta, S., & Mavriqi, L. (2018). Marijuana Usage, the Effects in Oral Health. *International Journal of Dental Medicine*, 4(1), 1.
- Sanchez, L., Baltensperger, D., Kourouski, D. (2020). Raman-based differentiation of hemp, cannabidiol-rich hemp, and cannabis. *Analytical chemistry*, 92 (11): 7733-7737 DOI10.1021/acs.analchem.0c00828
- Sraka, M., Škevin, D., Obranović, M., Butorac, J., Magdić, I. (2019). Agroecological conditions of industrial hemp production in the western Pannonian agricultural subregion and fatty acids composition of hemp seed oil. *Journal of Central European Agriculture*, 20 (3), 809-822. DOI: /10.5513/JCEA01/20.3.2529
- Strzelczyk, M., Lochynska, M., Chudy, M. (2021). Systematics and botanical characteristics of industrial hemp *Cannabis sativa* L. *Journal of Natural Fibers*, DOI10.1080/15440478.2021.1889443 Early Access MAR 2021
- Varga, I., Varga, D., Antunović, M. (2021). The potential of *Cannabis* sp. in pain medicine: A perspective. *Hrana u zdravlju i bolesti, znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*, 10 (2), 104-111.
- Vieira, R. D. S., Canaveira, P., Da Simões, A., & Domingos, T. (2010). Industrial hemp or eucalyptus paper?. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(4), 368.
- Wretfors, C., Cho, S. W., Hedenqvist, M. S., Marttila, S., Nimmermark, S., Johansson, E. (2009). Use of industrial hemp fibers to reinforce wheat gluten plastics. *Journal of Polymers and the Environment*, 17(4), 259. <https://doi.org/10.1007/s10924-009-0147-6>
- Zuk-Golaszewska, K., Golaszewski, J. (2018). *Cannabis sativa* L. - cultivation and quality of raw material. *Journal of Elementology*, 23 (3): 971-984 DOI10.5601/jelem.2017.22.3.1500.