

# Biometrijska procjena komponenti prinosa različitih sorti pšenice

---

**Strahonja, Anđela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:275890>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-23**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Andela Strahonja

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer: Biljna proizvodnja

**BIOMETRIJSKA PROCJENA KOMPONENTI PRINOSA  
RAZLIČITIH SORTI PŠENICE**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2022.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Andela Strahonja

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer: Biljna proizvodnja

**Biometrijska procjena komponenti prinosa različitih sorti pšenice**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof.dr.sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. Prof.dr.sc. Dražen Horvat, mentor
3. Prof.dr.sc. Đuro Banaj, član

Osijek, 2022.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	2
2.1 STATISTIČKA ZNANOST.....	2
2.1.1. Osnovni pojmovi u statistici.....	3
2.2. ETAPE STATISTIČKOGA RADA.....	5
2.2.1. Statističko promatranje.....	5
2.2.2. Sređivanje podataka.....	6
2.2.3. Znanstveno utemeljena obrada podataka.....	6
2.3. ANALIZA VARIJANCE.....	7
2.3.1. F-test ili grupni test.....	9
3. MATERIJALI I METODE.....	11
3.1. PLANIRANJE I PROVEDBA POKUSA.....	13
3.1.1. Osnovni principi i karakteristike pokusa.....	14
3.1.2. Ponavljanje.....	14
3.1.3. Slučajan izbor i raspored članova pokusa.....	16
3.2. Ostali pokusni čimbenici.....	16
4. REZULTATI.....	18
4.1. POKUSNA METODOLOGIJA.....	18
4.1.1. Analiza varijance broja zrna pšenice po klasu.....	18
4.1.2. Analiza varijance dužine vlati pšenice.....	23
4.1.3. Analiza varijance dužine klasa pšenice.....	26
5. RASPRAVA.....	30
6. ZAKLJUČAK.....	31
7. LITERATURA.....	32
8. SAŽETAK.....	33
9. SUMMARY.....	34
10. POPIS TABLICA.....	35
11. POPIS SLIKA.....	36
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	37
BASIC DOCUMENTATION CARD.....	38

## 1. UVOD

Riječ biometrika nastala je krajem 19. stoljeća, a njoj je prehodila biostatistika koja je bila u upotrebi od 1936. godine. Biometriku čine brojna biološka ispitivanja i mjerenja. Biometrika je statistička znanost koja je primjenjena na biološke podatke odnosno ona je statistika primjenjena u poljoprivredi, biologiji, biomedicniskim znanostima i zdravstvu, šumarstvu te drugim biotehničkim znanostima. Moderna biometrika koristi razne statističke programe i računalne metode, računalne simulacije, statističke i matematičke metode, te suvremene eksperimentalne metode skupljanja podataka.

Statistika je ujedno znanstvena disciplina i metoda, a bavi se proučavanjem masovnih pojava u prirodi i društvu, te prikupljanjem, sređivanjem i prezentiranjem statističkih podataka u obliku grafikona, tablica ili izvješća. Ona je znanost koja se bavi obradom rezultata u korist znanstvenih i praktičnih istraživanja, koja proučava masovne pojave, promjene u razvoju ljudskog društva, nacionalnog gospodarstva i dr.

U ovome radu, biometrijska procjena komponenti prinosa četiri različite sorte pšenice (Bologna, Falado, Maja i El Nino), obrađena je jednom od najvažnijih parametrijskih statističkih metoda - analizom varijance.

## 2. PREGLED LITERATURE

Literatura koja je korištena tijekom izrade diplomskog rada odnosi se statističke znanosti, odnosno na Biometriku u poljoprivredi. Glavni izvor znanja i teorije pronašla sam u knjizi „Biometrika u poljoprivredi“ (D. Horvat, Marija Ivezić, 2005.). Korisne informacije kao i opis, u radu korištenih statističkih metoda (pored dostupne literature), pronašla sam u brojnim izvorima - pretražujući internet.

### 2.1 STATISTIČKA ZNANOST

Statistika je empirijska znanstvena disciplina koja proučava masovne pojave u prirodi i društvu, bavi se prikupljanjem, sređivanjem i prezentiranjem statističkih podataka u obliku grafikona, tablica ili izvješća. Ona je znanost koja se bavi i obradom rezultata pokusa u korist znanstvenih i praktičnih istraživanja, koja proučava masovne pojave, promjene u razvoju ljudskog društva, nacionalnog gospodarstva i dr. Kada kažemo da proučava masovne pojave mislimo na određenu skupinu koja sadržava velik broj istovrsnih jedinica s jednim ili više zajedničkih svojstava. Dakle, statistička inferencija odnosno zaključivanje značajan je čimbenik pri donošenju odluka te unapređenju znanosti.

Statističke metode nam pomažu pri donošenju poslovnih odluka i donošenju valjanih zaključaka, pa s obzirom da je u osnovi statističkih metoda pretežno statistička teorija, statistika je ujedno i znanstvena disciplina i metoda. Od velikog je značaja za razvoj suvremenog društva, te kao vrlo bitan čimbenik u znanstvenim istraživanjima su promatranja i pokusi.

Horvat i Ivezić (2005.) navode da je statistička teorija u osnovi deduktivna što znači da se temelji na skupu pretpostavki te doprinosi kvaliteti i optimizaciji induktivnog procesa promatranja, stoga metoda se često oslanja na statističke podatke iz uzorka koji daju samo djelomične rezultate. Biometričke metode pružaju elemente za induktivne zaključke, dakle populacije su beskonačne ili kao takve uopće ne postoje. Vasilj (2000.) govori kako je i induktivno i deduktivno zaključivanje neizbježno u znanstveno-istraživačkom radu. U svojoj praktičnoj primjeni, kao vrlo značajan čimbenik za unapređenje poljoprivredne struke, statistička je inferencija. Ona omogućava izvođenje dvije vrste zaključaka na osnovi pokusa, ocjena i testova. Statističkim

metodama provjeravaju se hipoteze kroz primjenu statističkih testova i ocjena brojnih parametara. Zato se pokusi koji su provedeni u poljoprivrednim istraživanjima nazivaju i komparativni pokusi.

Uspješnost koraka u računanju nekog pokusa ovisi o dobro postavljenoj hipotezi. Hipotezu postavljamo u svrhu definiranja pokusnog problema na koji se traži odgovor. Kao rezultat biometrijskog istraživanja, da bi biometrijski model mogao dati odgovor na postavljeni problem, odnosno valjane rezultate, problem mora biti jasno postavljen. Hipoteza se formulira temeljem rezultata istraživanja, poznavanja ispitivane pojave i statističke teorije.

Horvat i Ivezić (2005.) govore kako je biometriku moguće promatrati i kao primjenjenu statističku znanost jer ju čine brojna biološka mjerenja i ispitivanja. Svako svojstvo jedinice promatranja odnosno žive jedinice u nekoj populaciji podložno je promjenama, a one su rezultat unutarnjih i vanjskih životnih čimbenika. U biometriji se primjenjuju statističke i matematičke metode pri ispitivanju biljnih i životinjskih organizama, te međuzavisnosti određenih svojstava. Pojave se često izražavaju brojevima, što omogućava primjenu matematike kako bi se što preciznije sagledala svojstva. Od posebnoga je značaja što se u biološkim ispitivanjima biometrijske metode zasnivaju na kvalitativnim pristupima rješavanju problema jer pruža uvid u prirodu pojave. Kombinatorika, varijacijska statistika i račun vjerojatnosti su temelji na kojima je izgrađena biometrija.

### 2.1.1. Osnovni pojmovi u statistici

Osnovni skup je skup jednorodnih jedinica na kojima se promatra neka pojava. Većinom je to određena ratarska kultura odnosno biljna populacija. Osnovni skup mora biti homogen tj. ujednačen, a jedinice koje čine taj skup trebaju biti slične odnosno barem se razlikovati samo u pogledu obilježja promatranja koja se ispituju.

Horvat i Ivezić (2005.) navode da je statističko promatranje organizirano prikupljanje statističkih podataka. Bitno je za promatranje općih i zajedničkih čimbenika populacije. Tim promatranjem se razlučuju tipična obilježja, odnosi i veze među ispitivanim pojavama, a na osnovi djelomičnoga ili reprezentativnog broja elemenata određenog skupa.

Jedinice promatranja osnovni su sastavni dijelovi osnovnog skupa. One moraju biti jednorodne, osim u obilježjima promatranja. Jedinice promatranja mogu biti: objekti, osobe, pojave, biljke, životinje, poslovni subjekti i drugo, sa zajedničkim svojstvima ili svojstvom.

Obilježja promatranja su svojstva jedinica promatranja po kojima se one međusobno razlikuju. Ako je jedinica promatranja biljka pšenice, njezino obilježje bilo bi: visina biljke, masa vlati, dužina klasa, masa klasa, broj zrna po klasu i drugo. Najvažnija podjela obilježja je na brojčana odnosno numerička i opisna odnosno atributivna. Brojčana se iskazuju brojevima i mogu se matematički obrađivati, te su diskretne i kontinuirane varijable. Na primjer dužina vlati ili klasa pšenice i broj zrna po klasu. Ona se dijele na prekidna, mogu biti iskazana samo cijelim brojevima i neprekidna, mogu imati bilo koju vrijednost.

Opisna obilježja se ne mogu iskazati brojevima nego se izražava riječima, kao na primjer oblik ili visina metlice, boja i oblik lista, stanje ispravnosti mehanizacije i drugo. Ona se dijele na osnovna koja opisuju jedinicu promatranja neposredno i izvedena koja opisuju jedinicu promatranja posredno.

Horvat i Ivezić (2005.) govore kako također postoje i prostorna obilježja koja označavaju mjesto, geografsko područje na kojemu se jedinica promatranja nalazi i vremenska obilježja koja se rabe pri grupiranju jedinica po vremenu promatranja, odnosno vrijeme na koje se odnose statističke jedinice. Kao primjer vremenske jedinice možemo uzeti određenu godinu i to se onda odnosi na kategorijsku ili metričku varijablu.



## 2.2. ETAPE STATISTIČKOGA RADA

Znanstveno istraživački rad općenito je moguće podijeliti u tri osnovne etape:

- a) statističko promatranje,
- b) sređivanje podataka,
- c) znanstveno utemeljena obrada podataka.

### 2.2.1. Statističko promatranje

Horvat i Ivezić (2005.) o ovoj etapi navode kako se temelji na prikupljanju i notiranju pokusnih podataka, odnosno jedinica promatranja, uz sudjelovanje više osoba. Većinom je to terenski rad: polje, farma, staklenik, šuma, ribnjak. U ovoj etapi vrlo je bitna dobra koordiniranost, pripremljenost, savjesnost i ažurnost pri uzorkovanju. Uz stručnjake, mogu sudjelovati i razni suradnici uz potreban nadzor. Bitno je definirati osnovni skup ili populaciju, jedinice skupa i raščlaniti obilježja promatranja, kako bi se izbjegle moguće pogreške već u ranim fazama pokusa. Rane pogreške mogu znatno utjecati na daljni tijek pokusa te otežati i onemogućiti pravilnu provedbu sljedećih etapa, odnosno cijeloga istraživanja.

Program statističkog promatranja obuhvaća cilj, predmet i obilježje promatranja, kreiranje naputaka i formi potrebnih za unos svih relevantnih pokusnih čimbenika. Organizacijski plan obuhvaća izvor, način, mjesto, vrijeme i volumen promatranja, pripremna radove i provjeru rezultata.

Cilj promatranja treba precizno i jasno odrediti kako kasnije ne bi došlo do dvosmislenih postupaka. Bitno je definirati osnovni problem statističkog promatranja, jer ako cilj nije jasno definiran može doći do brojnih nedostataka pri tvorbi plana pokusa, te preopširno definiranih pitanja o ispitivanoj pojavi. Tako dolazi do problema kada određeni broj upita ostaje bez odgovora ili se kao takvi moraju odbaciti. Cilj promatranja potrebno je pravilno statistički razraditi.

Predmet promatranja isto kao i cilj potrebno je jasno odrediti. Osnovni skup određuju jedinice i obilježja promatranja. Određivanje predmeta promatranja po vremenu različito je i ovisi o tom

radi li se o intervalnoj ili trenutnoj cjelokupnosti. Kod trenutne cjelokupnosti važno je odrediti takozvani kritični trenutak promatranja pojave tj zabilježiti trenutno stanje pojave. U sustavu biljne proizvodnje često se pomiču termini za određivanje kritičnoga trenutka i izvještajnog razdoblja što rezultira povećanjem pogreške u statističkom istraživanju. Određivanje predmeta promatranja po prostoru povezano je s teritorijalnim razgraničenjima. Lokalitet je važan čimbenik u poljoprivrednim istraživanjima pogotovo s aspekta ispitivanja novih sorata i hibrida, tehnologija, agrotehnika i ostaloga pa je vrlo bitan kod provođenja pokusa. Promatranjem izvještajnih jedinica i jedinica promatranja dolazi se do spoznaja o ispitivanom skupu. Izvještajna jedinica je jedinica na koju se odnosi popis, a potrebno ju je pravilno izabrati kako bi evidencija bila što uspješnija. Obilježja promatranja također je moguće definirati i kao temeljna i sporedna, a o tome ovisi hoće li se jedinica promatranja uključiti u ispitivani skup ili neće.

### 2.2.2. Sređivanje podataka

Ukoliko prikupljanje uzoraka i terenski rad prođu uspješno pristupa se sređivanju pokusnih podataka. Kod ovoga je bitna preglednost i ažuriranje podataka. Horvat i Ivezić (2005.) navode kako se podaci svrstavaju u statističke serije, grupiraju prema razredima i obilježjima, izračunavaju se kumulativne vrijednosti i formira se raspodjela učestalosti. Prvo se provodi brojanje ili mjerenje jedinica promatranja. Nakon toga podaci se svrstavaju u grupe ili razrede na osnovi grupnih intervala. Na osnovi grupiranja podataka u razrede i njihove raspodjele učestalosti moguće je dobiti prvobitno stanje i dobiti smjernice za daljne istraživanje. Također pri uređivanju podataka treba se voditi računa da u reduciranim podacima moraju ostati sačuvane glavne značajke pojave koja se istražuje.

### 2.2.3. Znanstveno utemeljena obrada podataka

Horvat i Ivezić (2005.) navode da se ova etapa temelji na intenzivnoj uporabi statističkih metoda i računalnih programa koje koriste stručne osobe. Izračunavaju se osnovni statistički parametri kao što su relativni brojevi, srednje vrijednosti, analiza varijance, korelacijska i regresijska analiza te druge metode. Na osnovi tih metoda usvajaju se ili odbacuju pokusom postavljene nulte hipoteze, te otkrivaju veze između ispitivanih čimbenika.

Sve tri etape razlikuju se organizacijski, kadrovski, metodološki i tehnikom izvedbe. Unatoč tim razlikama sve tri etape su međusobno povezane i dio cjeline koja vodi k određenom cilju. Samo

će objektivni i stručno prikupljeni podaci rezultirati valjanim zaključkom od kojega će koristiti imati stručnjaci, znanstvenici, studenti, kao i neposredni proizvođači hrane.

### 2.3. ANALIZA VARIJANCE

Horvat i Ivezić (2005.) navode kako je varijabilnost bitno obilježje nekoga pokusa. Postoje dvije vrste različitosti: sustavne u svojoj osnovi tj. varijacije koje su posljedica primjenjenih tretmana i nesustavne tj. slučajne, one do kojih dolazi zbog utjecaja raznih nekontroliranih čimbenika. Te slučajne varijacije često se nazivaju i pokusnom pogreškom.

U dvije grupe mogu se svrstati izvori pokusne pogreške. U jednu grupu svrstavamo varijacije koje su posljedica djelovanja kemijskih, bioloških i fizičkih činitelja, pri čemu veliku ulogu imaju vrijeme i klima. U drugu grupu svrstavamo one varijacije do kojih dolazi zbog različitosti svojstava jedinica promatranja kao što su životinje, biljke, strojevi i drugo. Kao dobar primjer za prvu grupu je tlo na kojem se vrši pokus. Kao biološki činitelj u tlu su mikroorganizmi; kemijski (na primjer neujednačena aplikacija gnojiva), te fizički (obrada tla), gdje se znaju dogoditi propusti zbog neujednačenosti kod dubine oranja gdje ona nije svugdje ista. Također tu imamo i utjecaj drugih čimbenika kao što su: vodozračni odnosi, temperatura tla, pedološka obilježja, mikroreljefna obilježja i druga. Tlo i klima značajni su čimbenici te njihova međuzavisnost značajno utječe na rezultate pokusa.

Druga grupa varijacija proizlazi iz svojstava samih jedinica promatranja. Razvoj organizma zavisi o uvjetima okoline u kojima se uzgajaju kao i o genetičkom ustroju. Brojni biokemijski, fiziološki i ostali čimbenici znatno utječu na količinu i kakvoću toga razvoja. Svi ti činitelji izraženi su u pogrešci pokusa i predstavljaju slučajne varijacije.

Istraživačima upravo te skrivene i učinkovite promjene predstavljaju najveći problem. Te varijacije su česte u biologiji, agroekologiji i poljoprivredi. U poljoprivrednim istraživanjima, koja se provode na otvorenim prostorima, vrlo su velike mogućnosti za pojavu nekontroliranih čimbenika. Kod ovakvih situacija provodi se postupak kojim se važu odnosi između stvarnoga utjecaja ispitivanih tretmana ili sustavnih varijacija i onoga dijela koji pripada utjecaju slučajnih varijacija. Dakle, analizu varijance možemo definirati kao računski postupak pomoću kojega se ispituju podaci nekoga pokusa, kroz procjenu otklona pojedinih srednjih vrijednosti od prosječne

vrijednosti uzoraka koji su uzeti iz nekog osnovnog skupa. Taj se odklon naziva pogreška pokusa, koja dolazi baš zbog tih nekontroliranih čimbenika.

Pokus se radi na taj način da ponavljamo tretmane s izvjesnim brojem pokusnih jedinica te se izračunavaju aritmetičke srednje vrijednosti za svaki tretman kao pripreme podataka za analizu varijance. Te sredine se uspoređuju tako da je razlika između sredina tretmana rezultat aditivnih komponenti svojstvenih svakoj jedinici jednoga i drugoga tretmana. Analiza varijance obuhvaća i slučajne varijacije jer na jedinicu promatranja utječu i slučajni činitelji. Te varijacije mogu utjecati na razlike između tretmana, dakle razlike između jedinice dva različita tretmana neće biti ista kao i razlika između druge dvije jedinice ista dva tretmana. Vrijednost svake jedinice promatranja proizlazi iz aditivnih komponenti aritmetičke sredine osnovnoga skupa ili određene populacije, također djelovanja tog tretmana i slučajne varijacije. Horvat i Ivezić (2005.) navode dva modela.

Za model I. to se prikazuje na način:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

gdje su:  $X_{ij}$  vrijednost  $j$  – te jedinice  $i$  – toga tretmana,  $\mu$  je aritmetička sredina osnovnoga skupa,  $\alpha_i$  je djelovanje  $i$  – toga tretmana, a  $\varepsilon_{ij}$  je slučajna komponenta kod  $j$  – te jedinice u  $i$ - tom tretmanu.

Model II. prikazuje se na nešto drugačiji način:

$$X_{ij} = \mu + A_i + \varepsilon_{ij}$$

gdje je razlika u  $A_i$  djelovanje  $i$  – toga tretmana uzetog kao slučajna komponenta.

Moguće je formiranje i mješovitoga modela. To se događa u slučaju gdje imamo složenije i kombinirane pokuse, kod kojih na vrijednost jedinice promatranja istovremeno utječe nekoliko tretmana i kod kojih se mjeri njihovo združeno djelovanje. U tome modelu jedan ili više tretmana su stalni, a ostali su uzeti kao slučajno promjenjive veličine. Pokusni rad većinom obuhvaća ispitivanje razlika tri ili više uzoraka. Tu se postavljaju hipoteze o jednakosti aritmetičkih sredina ispitivanih tretmana. Kroz niz izračunavanja potrebno je dobiti  $F$  vrijednost, odnosno  $F$  test ili grupni test za ispitivanje hipoteze pokusa. Tim se testom ispituje opća odnosno nulta hipoteza da

su aritmetičke sredine tih tretmana odnosno osnovnih skupova međusobno jednake tj. da u cjelini nema značajne razlike.

To izražavamo na ovaj način:

$$H_0 \dots \bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{X}_3 = \dots \bar{X}_k = \bar{X}$$

Kao što Vasilj (2000.) navodi, Ronald Aylmer Fisher razradio je postupak analize varijance (ANOVA) i uveo je u statističku znanost. Razumijevanje i poznavanje analize varijance omogućava uvid u variranje prirodnih pojava, u samu prirodu, što je od još veće važnosti nego metoda kao takova. Tim se postupkom ukupna varijabilnost rastavlja na varijabilnost unutar grupa i na varijabilnost između prosječnih vrijednosti grupa.

### 2.3.1. F-test ili grupni test

F-testom ili grupnim testom za ispitivanje hipoteze pokusa ispituje se opća nulta hipoteza o varijancama i utvrđuje se je li varijanca između grupa značajno veća od varijance unutar grupa ili nije. Njime je potrebno izračunati F vrijednost, a dobiva se dijeljenjem dviju nezavisnih varijanci:

$$F = \frac{\text{Varijanca tretmana}}{\text{Varijanca pogreške}}$$

Za provođenje F-testa Fisher je kreirao tablice F-raspodjele za oba praga značajnosti za stupnjeve pogreške i tretmana. Uspoređivanjem izračunatih vrijednosti u odnosu na F tabličnu vrijednost dolazimo do zaključaka o jačini utjecaja sustavnih i slučajnih varijacija u pokusu. Ukoliko postoji velika razlika između srednjih vrijednosti ispitivanih tretmana, tada će se najveći dio varijabilnosti pripisati upravo utjecaju tretmana. Ako je izračunata F vrijednost statistički opravdana i značajna tada se pristupa izvođenju pojedinačnih parametrijskih testova kojima se uspoređuju srednje vrijednosti tretmana i očituju jakosti djelovanja pojedinih tretmana u odnosu na druge. Ukoliko je izračunata F vrijednost veća od donjega praga značajnosti  $\alpha_{0,05}$  nulta

hipoteza o jednakosti srednjih vrijednosti ispitivanih tretmana odbacuje se. Ako je izračunata F vrijednost manja od donjega praga značajnosti  $\alpha_{0,05}$  nulta se hipoteza usvaja. Također, ako izračunata F vrijednost nije statistički značajna tada nije opravdano pristupiti pojedinačnim testovima.

### 3. MATERIJALI I METODE

Prilikom pisanja rada korištena je znanstvena i stručna literatura iz biotehničkih znanosti, te dopunski izvori informacija pronađeni na internetu. Korištene su statističke metode opisne statistike, analiza varijance i pokusni podatci.

Cilj i nakana istraživanja u radu je objasniti biometriku kao statističku znanost koju primjenjujemo svuda oko nas, te na temelju pokusa pobliže objasniti analizu varijance preko različitih komponenti prinosa pšenice. U ovom pokusu odabrane su komponente prinosa: dužina vlata, dužina klasa i broj zrna po klasu. Također u radu su prikazane "ručno" provedene analize varijance kao i one ostvarene računalnom obradom. Nastojala se prikazati komparativna prednost računalne statističke obrade pokusnih podataka u odnosu na pismeni način računanja. Statistički program korišten pri komparativnoj primjeni analize varijance je Statistica for Windows ver. 12.

U pokusu, koji je poslužio kao izvor statističkih podataka za analizu varijance, korištene su četiri sorte pšenice: Bologna, Maja, El Nino i Falado. Ručno branje pšenice (uzorkovanje) obavljeno je 9. srpnja 2021. godine. Slučajnim odabirom, s različitih mjesta, uzimana je biljka po biljka radi što objektivnijih podataka. Od svake sorte odabrano je po 30 biljaka u 4 ponavljanja. Ručno su izmjereni parametri prinosa pšenice: dužina vlata, dužina klasa i broj zrna po klasu. Izmjere su pravilno notirane i kasnije korištene u završnoj fazi pokusa, statističkoj analizi.



Slika 1. Ručno branje i priprema uzoraka (Izvor: Anđela Strahonja, 2021.)

Nakon brojanja i mjerenja svih komponenti, napravljene su pregledne sheme i tablice na temelju kojih je napravljena analiza varijance. Tablice se sastoje od podataka iz četiri ponavljanja, gdje je od svake sorte pšenice i svih ispitivanih prinosnih svojstava izračunata aritmetička sredina.

Na osnovi provedene jednodimenzionalne analize varijance (one-way ANOVA) utvrdili smo koja je sorta pšenice po određenom svojstvu najznačajnija, te postoje li između njih statistički značajne razlike.



Slika 2. Uzorci pšenice pripremljeni za analizu (Izvor: Anđela Strahonja, 2021.)



Slika 3. Mjerenje dužine vlata i klasa pšenice (Izvor: Anđela Strahonja, 2021.)



### 3.1. PLANIRANJE I PROVEDBA POKUSA

Vasilj (2000.) navodi kako je pokus planirano istraživanje čiji je cilj dokazivanje ili otkrivanje novog rezultata prethodnih istraživanja. Pokus se sastoji od niza postupaka koji osiguravaju pouzdanost i vjerodostojnost odgovora na hipoteze ili pretpostavke, od kojih se polazi od osobnih saznanja ili iskustava drugih. Ukoliko se kod planiranja pokusa ne poznaju točno metode analize može doći do nepravilnosti i teškoća. Svaki pokus u poljoprivredi vodi do povećanja uspješnosti i sigurnost proizvodnje te k unapređenju tehnologije. Pokus se većinom postavlja s ciljem dobivanja određenih odgovora na jednu ili više hipoteza, na temelju kojih se onda donose određeni zaključci uz određeni postotak sigurnosti. Pokusima se dolazi do novih spoznaja ili se potvrđuju neka ranija iskustva. Pokusi imaju neku vrstu složenosti gdje znanstvenik dođe u dvojbu kako pravilno postaviti pokus, obaviti ispitivanje, promatrati pojave te prikupiti informacije. Pored svog iskustva, znanstvenik mora imati i stručnost i sposobnost prosudbe. Kako bi došao do nekog zaključka mora prikupiti informacije i podatke promatranjem i pokusima.

Svaki pokusni član predstavlja jedan uzorak kojega prati pretpostavka da je na slučajan način odabran iz promatrane populacije to jest iz beskonačnog skupa. Na osnovi toga uzorka ne mogu se donijeti pravilni zaključci o cijeloj populaciji. Što je veći broj jedinica promatranja uključen u ispitivanje to će se dobiti pravilniji podatci za ocjenu ispitivanog svojstva. Pokus koji je proveden na jednoj jedinici promatranja odnosno na jednoj biljci ili parceli ne može dati sigurnu procjenu o određenom svojstvu.

Horvat i Ivezić (2005.) razlikuju dvije osnovne grupe problema kod planiranja pokusa. U prvoj grupi su problemi oko izbora pokusne jedinice, izbora tretmana te tehničke opreme za provođenje pokusa. Dok u drugoj su metode i načini primjene tretmana na pokusne jedinice te broj ponavljanja po pojedinim tretmanima. Temeljita stručna i pravilna priprema vrlo je bitna za postavljanje i izvođenje pokusa u poljoprivredi. Prije svega vrlo je bitno posavjetovati se sa statističarom jer je dobro kada se pripremi i matematičko-statistička podloga pokusa. Uz dobar plan pokusa dobit ćemo bolje rezultate te će, vrlo vjerojatno, materijalni troškovi biti manji. Za uspješno provođenje pokusa imamo nekoliko važnih čimbenika i radnji:

- izbor pokusnih površina,

- izrada sheme pokusa: izbor odgovarajućeg plana,
- utvrđivanje vremena provedbe svake etape pokusa,
- odabir i priprema pokusne tehnike,
- izrada troškovnika pokusa,
- kadrovska organizacija.

Do netočnosti rezultata pokusa ili većih materijalnih troškova dolazi zbog pogreške u bilo kojoj etapi ili radnji.

### 3.1.1. Osnovni principi i karakteristike pokusa

Postoje razne statističke metode i tehnike kojima se mogu obraditi rezultati bilo kojega pokusa. Primjenom tih statističkih metoda pokušava se doći do što točnijeg odgovora na upite o ispitivanoj pojavi ili svojstvu, pri čemu je bitno poznavati principe postavljanja i provedbe pokusa te njegove osobine. Nužno je poznavati i osnove pokusne tehnike. Kod pokusa je bitno pokusnu pogrešku odnosno nekontrolirane čimbenike svesti na najmanju moguću mjeru, a to se postiže dobrom organizacijom te pravovremenom informiranošću i stručnošću osoba koje provode pokus. Kako bi se što bolje iskazalo ono što se želi istraživati poželjno je da se svi vanjski čimbenici što više ujednače. U svojoj organizacijsko-provedbenoj osnovi pokusi u poljoprivredi mogu biti: poljski, laboratorijski, plastenički, staklenički, farmski, kombinirani i drugi. Također u ovisnosti o tome koliko se čimbenika ispituje postoje jednočimbenični pokusi i višečimbenični pokusi. Svaki pokus u poljoprivredi ima neke zajedničke pretpostavke i potrebno je pridržavati ih se, a to su ponavljanje, slučajan raspored članova pokusa i izbor odgovarajućeg plana.

### 3.1.2. Ponavljanje

Kako bi pokus bio što precizniji, glede usporedivosti ispitivanih tretmana i članova pokusa potrebno je da se u njemu nalazi što veći broj ponavljanja. Horvat i Ivezić (2005.) navode da se teorija vjerojatnosti zasniva na principu pokušaja. Ponavljanje je značajnije kada su izraženije različitosti ispitivanih materijala, povećan utjecaj slučajnih varijacija, utjecaji klime

neujednačenosti tla i slično. Ponavljanjima se ti negativni utjecaji okoline mogu ravnomjernije rasporediti na ispitivane tretmane. Većinom se odstupanja dobivaju zbog neujednačenosti tla jer obrada tla nikad nije savršena, negdje je plića negdje dublja te ponegdje ostane koja veća gruda tla. Varijabilnost je razlog postavljanja članova pokusa u više ponavljanja pri čemu se rezultati ponavljanja međusobno razlikuju. Nemoguće je postići da svaki proces daje prave vrijednosti koje bi se pojavile u slučaju odsustva varijabilnosti među članovima pokusa. Postižu se samo približne vrijednosti. Nesigurnost ili pogreška rezultat su biološke varijabilnosti među pokusnim članovima. Na primjer, kad bi pokusnu površinu zasijali istim kultivarom dobili bi različite prirode iz različitih ponavljanja. Upravo je to posljedica neujednačenosti tla koju smo prethodno spomenuli. Kako bi dobili pravilne zaključke potrebno je statistički ispitati pokusom dobivene vrijednosti. Ponavljanjima se ravnomjerno raspoređuju negativni ekološki utjecaji na ispitivani tretman, te oni predstavljaju kontrolu pokusa. Povećanje varijabilnosti zahtjeva povećani broj ponavljanja. Povećanjem broja ponavljanja raste preciznost pokusa jer se smanjuje standardna pogreška. Broj ponavljanja ovisi o preciznosti pokusa koju nastojimo postići. Pokus bi se trebao provoditi u najmanje četiri ili više ponavljanja. Ponavljanja je moguće rasporediti na više načina, a najčešće se postavljaju linearno i kvadratno. Linearni poredak je najjednostavniji i većinom se primjenjuje tamo gdje neujednačenost tla opada u jednome smjeru, što je vrlo rijedak slučaj u stvarnosti. Do većih pogrešaka u linearnom poretku ponavljanja dolazi tamo gdje su promjene veće i to u smjeru lijevo-desno od pravca postavljanja pokusa. Pored linearnog rasporeda ponavljanja postoji i kvadratična forma. Kvadratične forme temelje se na boljem uklanjanju učinaka neujednačenosti tla kao i ostalih negativnih utjecaja koji nisu predmet istraživanja. Taj raspored ponavljanja daje bolje i sigurnije rezultate te je vrlo prikladan kod manjeg broja ispitivanja. Jedan od njegovih nedostataka je slabija preglednost te njegova prostranost naročito ako se ispituje veći broj tretmana. Zbog toga razvio se i sustav grupiranja tretmana u blokove. Na primjer kod kultivarnih pokusa potrebno je razdijeliti u više blokova gdje se u svakome bloku nalazi po deset do dvadeset sorata. Najtočnije rezultate daje kvadratični raspored ponavljanja sa smještajem tretmana u grupe ili blokove. Broj ponavljanja često ovisi i o raspoloživim novčanim te materijalnim sredstvima za provođenje pokusa. Na broj ponavljanja, pogotovo za skupe i složene pokuse, utječu baš ta ograničena sredstva. Pored toga broj ponavljanja može ovisiti i o veličini i obliku pokusne parcele te planiranom broju ispitivanih tretmana. Kada želimo

izračunati potreban broj ponavljanja za datu preciznost nekog pokusa koristimo sljedeću formulu:

$$n = \frac{2t_a^2 s^2}{d^2}$$

gdje je  $s^2$  ocjena varijance,  $t$  je vrijednost iz tablica  $t$  raspodjele na pragu značajnosti alfa za broj stupnjeva slobode varijance;  $d$  je unaprijed određena razlika između sredina dva tretmana.

### 3.1.3. Slučajan izbor i raspored članova pokusa

Slučajan izbor pokusnih članova omogućava izvođenje testova i zaključaka na probabilističkim osnovama. Takav način izbora osigurava kontrolu nekontroliranih varijacija u pokusu putem njihove standardne devijacije pomoću koje se izračunava standardna pogreška pokusa. Potpuno slučajan izbor članova pokusa može krenuti krivim tokom tako da se može dogoditi da tretmani budu grupirani posve slučajno na najlošijim ili samo na najboljim dijelovima parcela. Tako dolazi do favorizacije pojedinih tretmana i do neobjektivnog učinka na jedinicu promatranja. Zbog toga se kod pokusa s više od dva tretmana mogu primjeniti ograničenja u njihovom rasporedu. Različiti planovi pokusa postavljeni su na principu ograničenja slučajnog izbora kojeg nazivamo lokalna kontrola. Ponekad se u praksi događa da sustav slučajnog izbora nije najprikladniji. Može se dogoditi da se pojavljuju izvjesne kombinacije tretmana u većem postotku uzastopno. U ovom slučaju se predlaže da se takav plan odbaci i prihvati drugi ukoliko postoji opravdana sumnja u neobjektivnost učinaka tretmana glede njihovog rasporeda. Odnosno, nije pogrešno odstupiti od pravila ukoliko procijenimo da to nije najbolje rješenje. Opravdanje za ovakav postupak pronalazimo u činjenici da se u osnovi statističke analize nalaze matematička pravila slučajnoga izbora, a ona su postojana na duži rok.

### 3.2. Ostali pokusni čimbenici

Bitni čimbenici koji utječu na pokus su također i rubni utjecaj parcele, neujednačenost tla, te prazna mjesta u pokusu. Prilikom uzimanja uzoraka, rubne dijelove parcele zanemarujemo. Obično se biljke koje rastu uz rubne dijelove parcele znatno razlikuju od središnjih pa ih zbog toga odbacujemo. Njihov utjecaj je potrebno svesti na najmanju moguću mjeru jer ne znamo djeluju li svi rubovi jednako. Ovisno o kultivaru rubni dijelovi pozitivno ili negativno utječu na

njega. Kod malih parcela taj rubni udio izraženije utječe na krajnji rezultat nego kod velikih parcela. Rubne dijelove parcela poželjno je izbjegavati i zbog miješanja kultura koje se nalaze u neposrednoj blizini.

Vrlo važan čimbenik pokusa je tlo. Ono je određeno morfološkim, kemijskim, biološkim i fizičkim značajkama. Ovisno o načinima tretiranja tla razlike će biti vidljive u pokusu. Nemoguće je očekivati potpuno ujednačena tla i zbog toga je normalno za očekivati neujednačenost rezultata s istim tretmanom kroz više ponavljanja. Neujednačenost možemo ukloniti, ne potpuno, ali dovoljno, sjetvom u što više ponavljanja. Problem neujednačenosti tala dolazi zbog rascjepkanosti parcela, tragova zbijanja kotačima traktora, depresije u kojima je stajala voda, te tretiranja istoga na različite načine primjenom različitih gnojiva. Također neujednačenost tla može biti i posljedica pedoloških ili vremenskih učinaka.

Kod velikih pokusa s većim brojem tretmana teško je postići dobru ujednačenost pokusne površine, a broj ponavljanja svake varijante također utječe na veću pouzdanost testiranja. Tlo je moguće popraviti pravilnom i ujednačenom obradom, jednoličnim usjevom te melioracijskom gnojidbom. Kod neujednačenih tala vrlo je bitno pravilno postaviti pokus.

Horvat i Ivezić (2005.) navode da je uz ostale probleme još jedan od problema koji susrećemo prazna mjesta u polju. Do njih može doći zbog bolesti, štetnika, izmrzavanja, suše, divljači, prekomjerne vode na nekim mjestima i slično. Kod guste sjetve praznine se mogu nadoknaditi no kod okopavinskih ili širokorednih usjeva izgubljene biljke će se teško nadoknaditi. Kod preostalih biljaka djelomice se mogu nadoknaditi praznine. Ispravke tih praznih mjesta i preračunavanja statistički su moguća i opravdana, za što nam može poslužiti formula koja je poznata pod nazivom Henrichova formula:

$$p_1 = \frac{p + b_1 \frac{p}{b_2}}{2}$$

gdje je  $p$  zabilježeni urod na parceli,  $b_1$  broj biljaka koji bi bio na parceli da nije bilo uginuća ili oštećenja,  $b_2$  broj biljaka nakon žetve ili berbe.

## 4. REZULTATI

### 4.1. POKUSNA METODOLOGIJA

Pokus se temelji na sortama pšenice. Ispitivane su četiri sorte (Bologna, El Nino, Maja, Falado) u 4 ponavljanja s po 30 biljaka od svake sorte. Izdvojene su komponente prinosa: dužina vlati, dužina klasa i broj zrna po klasu. Poljski pokus postavljen je po slučajnom blok sustavu. Rezultati su izraženi kao prosjeci dobiveni iz uzoraka od  $n = 30$  biljaka. Analizom varijance utvrdit će se postoje li statistički značajne razlike između ispitivanih sorata pšenice i nastojati doći do odgovora koja sorta se pokazala najznačajnijom glede određene komponente prinosa. Također će se usporediti analiza varijance koja je rađena pismenim računanjem i one urađene računalnim putem, pomoću statističkoga programa Statistica for Windows ver. 12.

#### 4.1.1. Analiza varijance broja zrna pšenice po klasu

Provedena je analiza varijance slučajnoga blok sustava za komponentu prinosa pšenice: broj zrna po klasu. Rezultati su izraženi kao prosjek izmjera 30 biljaka kroz četiri ponavljanja. Analizom varijance utvrdit će se postoje li statistički značajne razlike između ispitivanih sorata pšenice, izjasniti se o nultoj hipotezi, te eventualno provesti LSD test i utvrditi koja sorta se pokazala najznačajnijom glede broja zrna pšenice po klasu.

#### ANOVA 1. Broj zrna pšenice po klasu

PONAVLJANJA	BOLOGNA	MAJA	EL NINO	FALADO
1.	41.60	33.10	31.23	36.73
2.	42.33	34.63	37.10	36.53
3.	43.80	33.36	37.70	36.00
4.	42.60	33.70	35.40	36.42
PROSJEK	42.58	33.70	35.36	36.42

$$C = \frac{(\sum x_i)^2}{b \times t} = \frac{593.23^2}{4 \times 4} = \frac{350736.37}{16} = 21921.02$$

$$U_{SS} = \sum x_{ij}^2 - C = 22131.14 - 21921.02 = 210.10$$

$$T_{SS} = \frac{\sum x_i^2}{b} - C = \frac{88405.74}{4} - 21921.02 = 180.41$$

$$B_{SS} = \frac{\sum x_j^2}{b} - C = \frac{87727.50}{4} - 21921.02 = 21931.87 - 21921.02 = 10.86$$

$$P_{SS} = U_{SS} - B_{SS} - T_{SS} = 210.10 - 10.86 - 180.41 = 18.83$$

Izvori varijabilnosti	Stupnjevi slobode	Sume kvadrata	Sredine kvadrata	F test	F tablično	
					$\alpha_{0.05}$	$\alpha_{0.01}$
Tretmani	3	180.41	60.14	28.75**	3.86	6.99
Blokovi	3	10.86	3.62	1.73	3.86	6.99
Pogreška	9	18.83	2.09			
Ukupno	15	210.10				

F tablično  $\alpha_{0.05}$  i  $\alpha_{0.01}$  su kritične vrijednosti, odnosno pragovi značajnosti od 5% i 1%, te ih pronalazimo u tablici F raspodjele. Očitavamo ih na način da u tablici pronađemo 9. red, jer broj stupnjeva slobode pogreške iznosi 9, a stupce gledamo ovisno o stupnjevima slobode za tretmane i blokove. Dio Fisherove tablice, s naznačenim kritičnim vrijednostima, prikazan je na Slici 4.

Slika 4. Tablica F raspodjele

$k_b \backslash k_n$	1		2		3		4		5	
	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01
1	161.45	4052.18	199.50	4999.50	215.71	5403.35	224.58	5624.58	230.16	5763.65
2	18.51	98.50	19.00	99.00	19.16	99.17	19.25	99.25	19.30	99.30
3	10.13	34.12	9.55	30.82	9.28	29.46	9.12	28.71	9.01	28.24
4	7.71	21.20	6.94	18.00	6.59	16.69	6.39	15.98	6.26	15.52
5	6.61	16.26	5.79	13.27	5.41	12.06	5.19	11.39	5.05	10.97
6	5.99	13.75	5.14	10.92	4.76	9.78	4.53	9.15	4.39	8.75
7	5.59	12.25	4.74	9.55	4.35	8.45	4.12	7.85	3.97	7.46
8	5.32	11.26	4.46	8.65	4.07	7.59	3.84	7.01	3.69	6.63
9	5.12	10.56	4.26	8.02	3.86	6.99	3.63	6.42	3.48	6.06
10	4.96	10.04	4.10	7.56	3.71	6.55	3.48	5.99	3.33	5.64
11	4.84	9.65	3.98	7.21	3.59	6.22	3.36	5.67	3.20	5.32
12	4.75	9.33	3.89	6.93	3.49	5.95	3.26	5.41	3.11	5.06
13	4.67	9.07	3.81	6.70	3.41	5.74	3.18	5.21	3.03	4.86
14	4.60	8.86	3.74	6.51	3.34	5.56	3.11	5.04	2.96	4.69
15	4.54	8.68	3.68	6.36	3.29	5.42	3.06	4.89	2.90	4.56
16	4.49	8.53	3.63	6.23	3.24	5.29	3.01	4.77	2.85	4.44
17	4.45	8.40	3.59	6.11	3.20	5.18	2.96	4.67	2.81	4.34
18	4.41	8.29	3.55	6.01	3.16	5.09	2.93	4.58	2.77	4.25
19	4.38	8.18	3.52	5.93	3.13	5.01	2.90	4.50	2.74	4.17
20	4.35	8.10	3.49	5.85	3.10	4.94	2.87	4.43	2.71	4.10

Izvor: <https://www.scribd.com/doc/270493272/Tablica-F-Distribucije> (preuzeto 06. rujna 2021.)

Zaključak:

Glede komponente prinosa (broj zrna po klasu), između ispitivanih tretmana (sorata pšenice), a na osnovi provedene analize varijance:

$$F_{\text{test (28.75)}} > \alpha_{0.01 (6.99)}$$

utvrđene su statistički visoko značajne razlike ( $P < 0,01$ ). To možemo potvrditi s više od 99% sigurnosti. Vjerojatnost usvajanja nulte hipoteze manja je od 1%. Stoga se nulta hipoteza odbacuje i provodimo pojedinačne testove.

LSD test ili test najmanje značajne razlike (NZR) najjednostavniji je pristup za uspoređivanje aritmetičkih sredina ispitivanih uzoraka, te se u praksi najčešće rabi. Razlika između srednjih vrijednosti dva tretmana statistički je značajna ako je jednaka ili veća od LSD vrijednosti i obrnuto.

LSD test:

$$SD = \sqrt{2 \times \frac{sp^2}{b}} = \sqrt{2 \times \frac{2.092}{4}} = 1.02$$

$$LSD_{0.05} = 1.02 \times 2.26 = 2.31; LSD_{0.01} = 1.02 \times 3.25 = 3.32$$

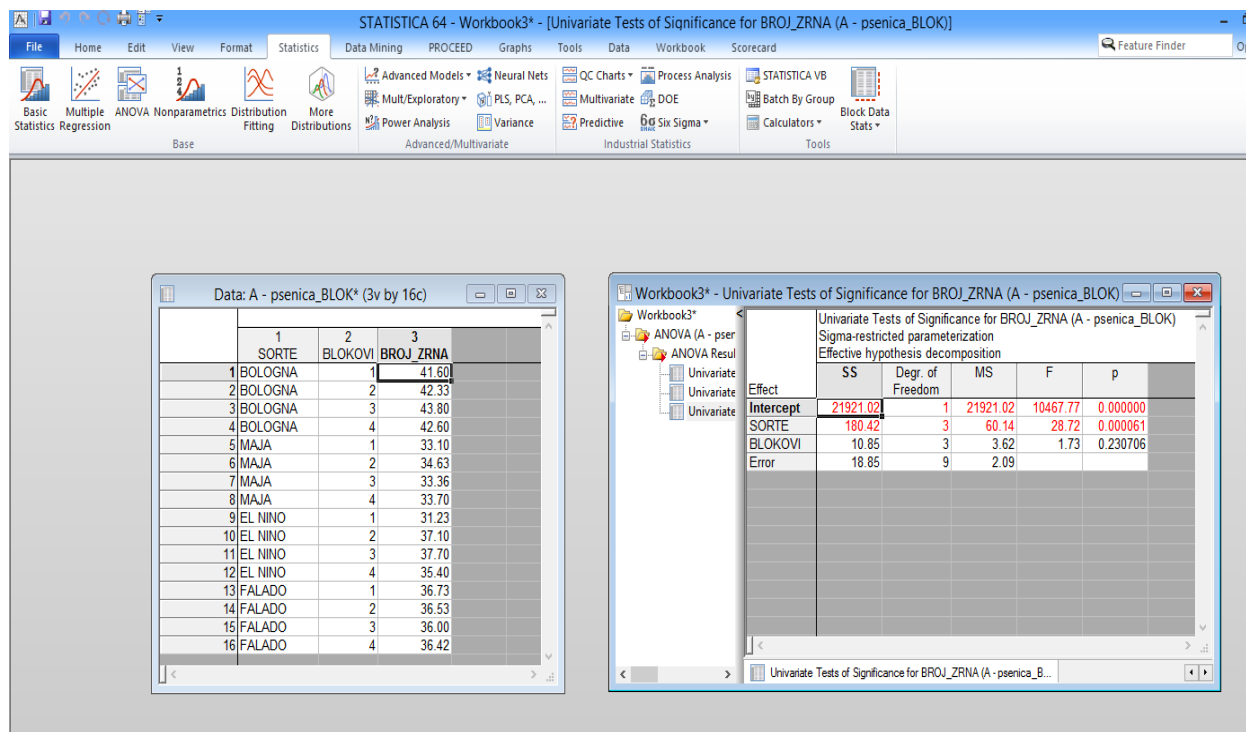
Dobiveni brojevi 2.31 i 3.32 su granične vrijednosti.

		MAJ	EL.N	FAL	BOL	
		←				
	BOL	42.58	8.88**	7.22**	6.16**	/
	FAL	36.42	2.72*	1.06 <sup>ns</sup>	/	
	EL.N	35.36	1.66 <sup>ns</sup>	/		
↓	MAJ	33.70	/			



Sorta pšenice Bologna statistički je visoko najznačajnija ( $P < 0.01$ ) u odnosu na ostale sorte, glede promatrane komponente prinosa: broj zrna po klasu.

Slika 5. Analiza varijance broja zrna pšenice po klasu (Statistica for Windows)



Slika 6. Fisherov LSD test - broj zrna pšenice po klasu (Statistica for Windows)

Cell No.	SORTE	{1}	{2}	{3}	{4}
1	BOLOGNA	42.583	33.697	35.358	36.420
2	MAJA	0.000011	0.000011	0.000059	0.000197
3	EL NINO	0.000059	0.139198	0.139198	0.026020
4	FALADO	0.000197	0.026020	0.326202	0.326202

Slike 5. i 6. prikazuju analizu varijance za broj zrna po klasu koja je prethodno izračunata pismenim putem. Isti podatci obrađeni su računalnim programom Statistica for Windows. Na slikama se vidi da je odstupanje od rezultata pismenoga načina izračuna zanemarivo malo, čak i nepostojano. Sredine kvadrata posve su jednake, kao i F izračunata vrijednost (varijanca pogreške) sa zanemarujućom razlikom u drugoj decimali. S time dolazimo do istoga zaključka i odbacivanja nulte hipoteze, kao i kod usporedbe LSD testova koji nam također govore da je Bologna najznačajnija (statistički najsignifikantnija) sorta pšenice. Prednost ovakvog načina je točnost, ali i brzina dobivanja podatka.

#### 4.1.2. Analiza varijance dužine vlati pšenice

Provedena je analiza varijance slučajnoga blok sustava za komponentu prinosa pšenice: dužina vlati. Rezultati su izraženi kao prosjek izmjera 30 biljaka kroz četiri ponavljanja. Analizom varijance utvrdit će se postoje li statistički značajne razlike između ispitivanih sorata pšenice, izjasniti se o nultoj hipotezi, te eventualno provesti LSD test i utvrditi koja sorta se pokazala najznačajnijom glede dužine vlati pšenice.

#### ANOVA 2. Dužina vlati pšenice (cm)

PONAVLJANJA	BOLOGNA	MAJA	EL NINO	FALADO
1.	63.82	55.18	57.71	72.72
2.	66.93	59.88	62.54	67.41
3.	42.33	60.63	61.60	66.20
4.	58.30	59.52	58.30	67.92
PROSJEK	57.71	58.80	60.00	68.56

$$C = \frac{(\sum x_i)^2}{b \times t} = \frac{980.45^2}{4 \times 4} = \frac{961\,282.20}{16} = 60\,080.14$$

$$U_{SS} = \sum x_{ij}^2 - C = 60\,855.43 - 60\,080.14 = 775.29$$

$$T_{SS} = \frac{\sum x_i^2}{b} - C = \frac{241\,495.92}{4} - 60\,080.14 = 293.84$$

$$B_{SS} = \frac{\sum x_j^2}{b} - C = \frac{240\,946.72}{4} - 60\,080.14 = 156.54$$

$$P_{SS} = U_{SS} - B_{SS} - T_{SS} = 775.29 - 156.54 - 293.84 = 324.91$$

Izvori varijabilnosti	Stupnjevi slobode	Sume kvadrata	Sredine kvadrata	F test	F tablično	
					$\alpha_{0.05}$	$\alpha_{0.01}$
Tretmani	3	293.84	97.95	2.71 <sup>n.s.</sup>	3.86	6.99
Blokovi	3	156.54	52.18	1.45	3.86	6.99
Pogreška	9	324.91	36.10			
Ukupno	15	775.29				

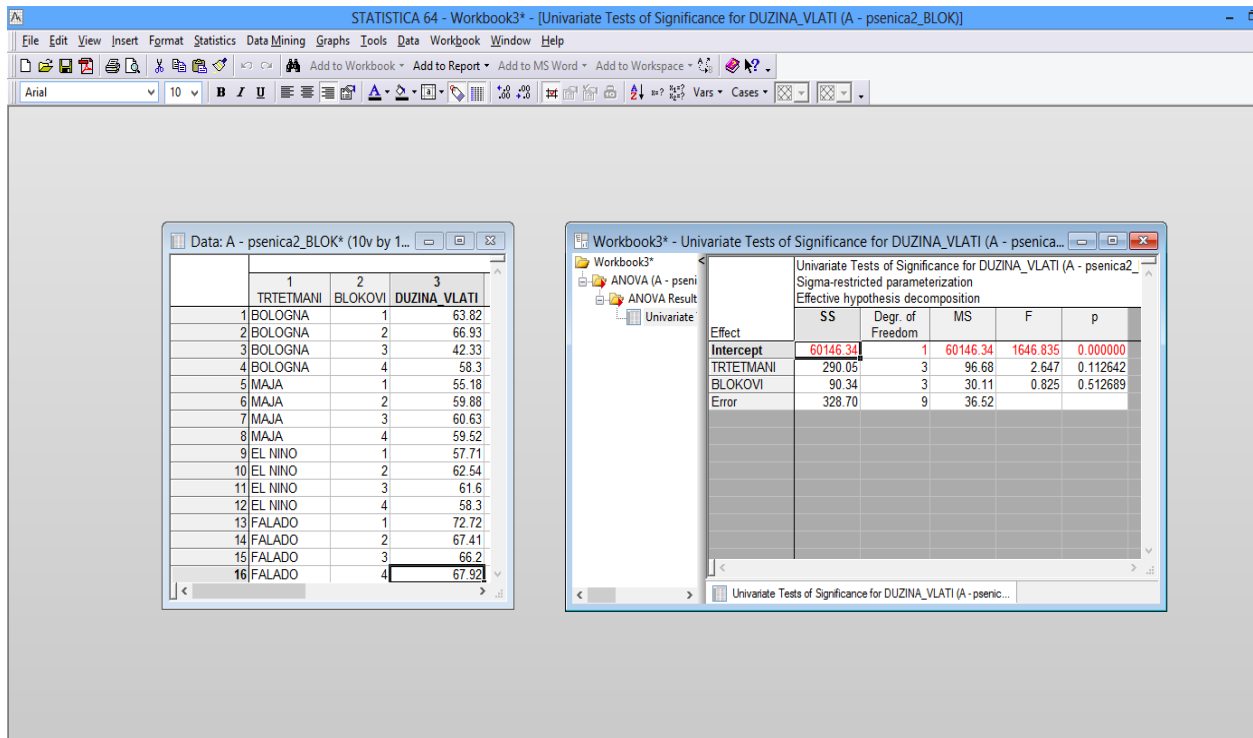
Zaključak:

Glede komponente prinosa (dužina vlati), između ispitivanih tretmana (sorata pšenice), a na osnovi provedene analize varijance:

$$F_{\text{test}} (2.71) < \alpha_{0.05} (3.86)$$

nisu potvrđene statistički značajne razlike ( $P > 0,05$ ). Nulta se hipoteza, o ujednačenosti prosječnih dužina vlati (cm) kod ispitivanih sorata pšenice usvaja. Stoga nije potrebno provesti pojedinačne testove.

Slika 7. Analiza varijance dužine vlati pšenice (Statistica for Windows)



Slika 8. Fisherov LSD test - dužina vlati pšenice (Statistica for Windows)

LSD test; variable DUZINA\_VLATI (A - psenica2\_BLOK)  
 Probabilities for Post Hoc Tests  
 Error: Between MS = 36.522, df = 9.0000

Cell No.	TRTETMANI	{1}	{2}	{3}	{4}
		57.845	58.803	60.038	68.563
1	BOLOGNA		0.827710	0.620259	0.033420
2	MAJA	0.827710		0.779125	0.048250
3	EL NINO	0.620259	0.779125		0.077180
4	FALADO	0.033420	0.048250	0.077180	

#### 4.1.3. Analiza varijance dužine klasa pšenice

Provedena je analiza varijance slučajnoga blok sustava za komponentu prinosa pšenice: dužina klasa. Rezultati su izraženi kao prosjek izmjera 30 biljaka kroz četiri ponavljanja. Analizom varijance utvrdit će se postoje li statistički značajne razlike između ispitivanih sorata pšenice, izjasniti se o nultoj hipotezi, te eventualno provesti LSD test i utvrditi koja sorta se pokazala najznačajnijom glede dužine klasa pšenice.

#### ANOVA 3. Dužina klasa pšenice (cm)

PONAVLJANJA	BOLOGNA	MAJA	EL NINO	FALADO
1.	7.60	7.56	7.30	7.99
2.	7.41	7.23	8.72	8.31
3.	7.39	7.30	8.25	7.95
4.	7.51	7.42	7.91	8.12
PROSJEK	7.48	7.38	8.00	8.10

$$C = \frac{(\sum x_i)^2}{b \times t} = \frac{123.97^2}{4 \times 4} = \frac{15\,368.56}{16} = 960.54$$

$$U_{SS} = \sum x_{ij}^2 - C = 963.45 - 960.54 = 2.91$$

$$T_{SS} = \frac{\sum x_i^2}{b} - C = \frac{3048.81}{4} - 960.54 = 1.66$$

$$B_{SS} = \frac{\sum x_j^2}{b} - C = \frac{3842.90}{4} - 960.54 = 0.20$$

$$P_{SS} = U_{SS} - B_{SS} - T_{SS} = 2.91 - 0.20 - 1.66 = 1.05$$

Izvori varijabilnosti	Stupnjevi slobode	Sume kvadrata	Sredine kvadrata	F test	F tablično	
					$\alpha_{0.05}$	$\alpha_{0.01}$
Tretmani	3	1.66	0.55	4.58*	3.86	6.99
Blokovi	3	0.20	0.07	0.56	3.86	6.99
Pogreška	9	1.05	0.12			
Ukupno	15	2.91				

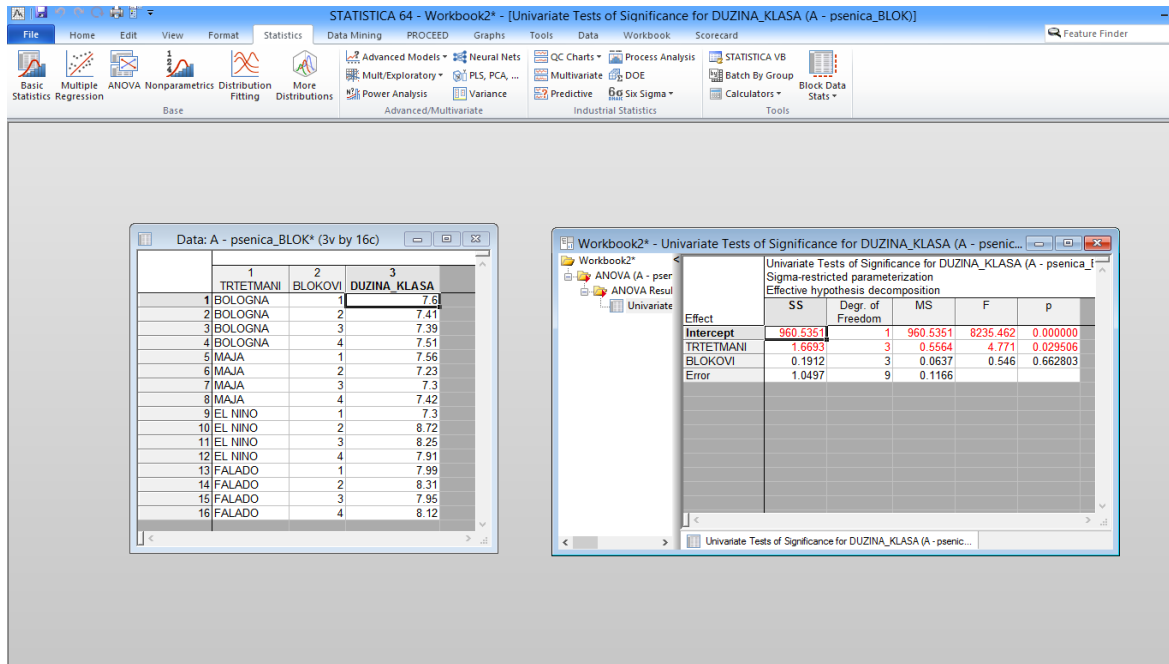
Zaključak:

Glede komponente prinosa (dužina klasa), između ispitivanih tretmana (sorata pšenice), a na osnovi provedene analize varijance:

$$\alpha_{0.05} (3.86) < F_{\text{test}} (4.58) < \alpha_{0.01} (6.99)$$

potvrđene su statistički značajne razlike. Nulta se hipoteza, o ujednačenosti prosječnih dužina klasa kod ispitivanih sorata pšenice odbacuje na kritičnom pragu značajnosti od  $\alpha_{0.05}$ . Vjerojatnost za tu tvrdnju veća je od 95% ( $P < 0,05$ ). Vjerojatnost usvajanja nulte hipoteze manja je od 5%. Provodimo LSD test.

Slika 9. Analiza varijance dužine klasa pšenice (Statistica for Windows)



Pri usporedbi ove dvije tablice vidimo kako postoje minimalna odstupanja koja ne utječu na krajnji zaključak. Računalna obrada pokusnih podataka puno je točnija, jer ručnom obradom brojeve većinom zaokružujemo na dvije decimale radi lakšeg računanja.

LSD test:

$$SD = \sqrt{2 \times \frac{sp^2}{b}} = \sqrt{2 \times \frac{0.12}{4}} = 0.24$$

$$LSD_{0.05} = 0.24 \times 2.26 = 0.54$$

$$LSD_{0.01} = 0.24 \times 3.25 = 0.78$$

		MAJ	BOL	EL.N	FAL
	FAL	8.09	0.71*	0.61*	0.04 <sup>ns</sup>
	EL.N	8.05	0.67*	0.57*	/
	BOL	7.48	0.1 <sup>ns</sup>	/	
	MAJ	7.38	/		



Sorta pšenice Falado i El Nino, s vrlo malim međusobnim odstupanjem od 0,04 cm, statistički su značajnije u odnosu na ostale dvije sorte (Bologna i Maja), glede promatrane komponente prinosa: dužina klasa.

Slika 10. Fisherov LSD test - dužina klasa (Statistica for Windows)

Workbook2\* - LSD test; variable DUZINA\_KLASA (A - pšenica\_BLOK)

LSD test; variable DUZINA\_KLASA (A - pšenica\_BLOK)  
Probabilities for Post Hoc Tests  
Error: Between MS = .10341, df = 12.000

Cell No.	TRTETMANI	{1}	{2}	{3}	{4}
1	BOLOGNA		0.667914	0.028135	0.019145
2	MAJA	0.667914		0.012476	0.008462
3	EL NINO	0.028135	0.012476		0.838035
4	FALADO	0.019145	0.008462	0.838035	

LSD test; variable DUZINA\_KLASA (A - pšenica\_BLOK)

## 5. RASPRAVA

Kako bi točnije utvrdili koja sorta pšenice je najznačajnija i po kojoj komponenti prinosa, koristili smo se analizom varijance. Ovim smo postupkom proučili varijabilnost između između prosječnih vrijednosti, koju se mjeri varijancom. Pretpostavke koje su zadovoljene za analizu varijance su: da su uzorci iz populacije uzeti slučajno, da su pogreške neovisne i normalno distribuirane, i da imaju iste (homogene) varijance.

Provedena je analiza varijance pismenim i računalnim putem za tri komponente prinosa pšenice: broj zrna po klasu, dužina vlata i dužina klasa. Kao što vidimo iz analize broja zrna po klasu pismenim putem utvrdili smo da je sorta pšenice Bologna statistički visoko najznačajnija u odnosu na druge sorte, dakle najbogatija je brojem zrna po klasu. Na slikama 5. i 6. vidimo iste podatke, ali obrađene računalnim programom Statistica for Windows. Odstupanje pismenog i računalnog načina utvrđivanja podataka zanemarivo su mala.

Za preostale dvije komponente također je provedena analiza varijance. Kod svojstva dužine vlata pšenice nije bilo potrebno provođenje LSD testa, jer kod ispitivane komponente prinosa ne postoje statistički značajne raličke, dakle niti jedna sorta po ovoj komponenti nije statistički značajnija od ostalih.

Trećom provedenom analizom, dužina klasa pšenice, vidimo kako su vrijednosti Falada i El Nina podjednake, te su značajnije u odnosu na preostale dvije sorte zbog malog odstupanja.

## 6. ZAKLJUČAK

Provođenjem pokusa došli smo do zaključaka koja sorta pšenice se pokazala najboljom ovisno o komponenti prinosa, točnije broju zrna po klasu, dužini vlati i dužini klasa. Te zaključke smo dobili na temelju biometrijske procjene koristeći se metodom analize varijance (ANOVA) kao i LSD testom. Iz prvoga primjera, gdje smo računali koja je sorta najznačajnija po broju zrna po klasu, temeljem analize varijance zaključujemo kako za tu komponentu prinosa (između tretmana) postoje statistički visoko značajne razlike ( $P < 0.01$ ). Nulta je hipoteza odbačena i pristupilo se LSD testu. Na temelju LSD testa zaključeno je kako je sorta Bologna statistički visoko najznačajnija u odnosu na ostale sorte. Isti primjer ispitali smo u računalnom programu Statistica for Windows. Usporedbom „ručne“ analize i analize statističkim računalnim programom dobili smo gotovo jednake rezultate uz zanemarivu razliku koja se javljala tek u drugoj decimali. Velika prednost kod računalne analize podataka je povećana preciznost te brzina kojom dolazimo do krajnjih rezultata.

Drugom analizom varijance usporedili smo i procijenili razlike sorata u svojstvu dužine vlati pšenice. Temeljem provedene analize varijance došli smo do zaključka da između sorata pšenice kod ispitivane komponente prinosa ne postoje statistički značajne razlike ( $P > 0.05$ ). Pošto je izračunata F vrijednost manja od donjega praga značajnosti  $\alpha_{0.05}$ , nulta je hipoteza potvrđena odnosno usvojena. Dakle, izračunata F vrijednost nije statistički značajna i opravdana te zbog toga u ovom primjeru nije urađen LSD test.

Kod dužine klasa pšenice, provedenom analizom varijance, utvrđene su statistički značajne razlike na razini od 95% ( $P < 0.05$ ), pa je nulta hipoteza odbačena. Nakon provedenog LSD testa (analiza provedena računalnim programom) vidljivo je da su vrijednosti Falada i El Nina podjednake te su značajnije u odnosu na ostale dvije sorte.

Također još možemo zaključiti kako je računalna obrada podataka puno brži i precizniji način nego „ručni“ odnosno pismeni način računanja. Preciznost dobivenih rezultata djelomično je umanjena zaokruživanjem brojeva na decimale - radi lakšeg preračunavanja, no to u konačnici ne budu velika odstupanja.

## 7. LITERATURA

1. Bručić Ivan : Tablica F distribucije. <https://www.scribd.com/doc/270493272/Tablica-F-Distribucije> (pristupljeno 16.9.2021.)
2. Čobanović Katarina, Nikolić-Đorić Emilija, Mutavdžić Beba: Testovi višestrukih upoređenja. <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0546-8264/2003/0546-82640301066C.pdf> (pristupljeno: 3.9.2021.)
3. Fron Daund: Ekonometrija knjiga. <https://www.scribd.com/document/317641825/EKONOMETRIJA-KNJIGA> (pristupljeno: 3.9.2021.)
4. Horvat Dražen, Ivezić Marija (2005.): Biometrika u poljoprivredi, Osijek (str. 13.-18., 35.-41., 147.-171., 185.-188.)
5. Hill, T. & Lewicki, P. (2007). STATISTICS: Methods and Applications. StatSoft, Tulsa, OK.
6. Rudolf Kiralj: Statistika (statistička hipoteza, podaci i rezultati). <https://vub.hr/images/uploads/1471/oirus-statistika-predavanje-sat-1.pdf> (pristupljeno 5.9.2021.)
7. Lovrić Ljiljana (2005.): Uvod u ekonometriju, Rijeka
8. StatSoft, Inc. (2012). Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/>.
9. StatSoft, Inc. (2014). STATISTICA (data analysis software system), version 12. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
10. Vasilj Đurđica (2000.): Biometrika i eksperimentiranje u bilinogojstvu, Zagreb

## 8. SAŽETAK

Statistika je empirijska znanstvena disciplina koja proučava masovne pojave u prirodi i društvu, prikupljanjem, sređivanjem i prezentiranjem statističkih podataka u obliku grafikona, tablica ili izvješća. Ona je znanost koja se bavi obradom rezultata u korist znanstvenih i praktičnih istraživanja, koja proučava masovne pojave, promjene u razvoju ljudskog društva, nacionalnog gospodarstva i dr. Biometrika je statistička znanost koja je primjenjena na biološke podatke odnosno ona je statistika primjenjena u poljoprivredi, biologiji, biomedicniskim znanostima i zdravstvu, šumarstvu te drugim biotehničkim znanostima. Analiza varijance računski je postupak pomoću kojega možemo ispitati podatke određenoga pokusa, kroz procjenu otklona pojedinih srednjih vrijednosti od prosječne vrijednosti uzoraka uzetih iz nekog osnovnog skupa.

U ovome radu, biometrijska procjena komponenti prinosa četiri različite sorte pšenice (Bologna, Falado, Maja i El Nino), obrađena je jednom od najvažnijih parametrijskih statističkih metoda - analizom varijance.

Ključne riječi: statistika, biometrika, analiza varijance, slučajni blokni raspored, Fisherov LSD test, poljski pokus, sorte pšenice

## **9. SUMMARY**

Statistics is empirically scientific discipline that studies massive phenomenon in nature and society, gathering, sorting and presenting statistical data in form of graphs, tables or reports. It's a science that deals with data processing in term of scientific and practical research, which studies massive phenomena, changes in development of society, national economy and other. Biometrics is statistical science which is applied to biological data or to better say it's statistics applied to agriculture, biology, biomedical sciences and healthcare, forestry and other biotechnical sciences. Analysis of variance is calculation procedure by which we can study data of specific experiment, through estimation of deflection of individual mean values from average value of sample taken from some basic set.

In this paper, biometric estimation of yield components of four different wheat varieties (Bologna, Falado, Maja and El Nino) was processed by one of the most important parametric statistical methods - analysis of variance.

Key words: statistics, biometrics, analysis of variance, randomized block design, Fishers LSD test, field experiment, wheat varieties.

## 10. POPIS TABLICA

ANOVA 1. Broj zrna pšenice po klasu .....	18
ANOVA 2. Dužina vlati pšenice (cm) .....	22
ANOVA 3. Dužina klasa pšenice (cm) .....	25

## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Ručno branje i priprema uzoraka .....	11
Slika 2. Uzorci pšenice pripremljeni za analizu .....	12
Slika 3. Mjerenje dužine vlati i klasa pšenice .....	12
Slika 4. Tablica F raspodjele .....	19
Slika 5. Analiza varijance broja zrna pšenice po klasu (Statistica for Windows) .....	21
Slika 6. LSD test - broj zrna pšenice po klasu (Statistica for Windows) .....	22
Slika 7. Analiza varijance dužine vlati pšenice (Statistica for Windows) .....	24
Slika 8. LSD test - dužina vlati pšenice (Statistica for Windows) .....	25
Slika 9. Analiza varijance dužine klasa pšenice (Statistica for Windows) .....	28
Slika 10. LSD test - dužina klasa (Statistica for Windows) .....	29



## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, Biljna proizvodnja

Biometrijska procjena komponenti prinosa različitih sorti pšenice

Andela Strahonja

**Sažetak:** Statistika je empirijska znanstvena disciplina koja proučava masovne pojave u prirodi i društvu, prikupljanjem, sređivanjem i prezentiranjem statističkih podataka u obliku grafikona, tablica ili izvješća. Ona je znanost koja se bavi obradom rezultata u korist znanstvenih i praktičnih istraživanja, koja proučava masovne pojave, promjene u razvoju ljudskog društva, nacionalnog gospodarstva i dr. Biometrija je statistička znanost koja je primjenjena na biološke podatke odnosno ona je statistika primjenjena u poljoprivredi, biologiji, biomedicinskim znanostima i zdravstvu, šumarstvu te drugim biotehničkim znanostima. Analiza varijance je računski postupak pomoću kojega možemo ispitati podatke određenoga pokusa, kroz procjenu otklona pojedinih srednjih vrijednosti od prosječne vrijednosti uzoraka uzetih iz nekog osnovnog skupa. U ovome radu, biometrijska procjena komponenti prinosa četiri različite sorte pšenice (Bologna, Falado, Maja i El Nino), obrađena je jednom od najvažnijih parametrijskih statističkih metoda - analizom varijance.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

**Mentor:** prof.dr.sc. Dražen Horvat

**Broj stranica:** 38

**Broj grafikona i slika:** 10

**Broj tablica:** 3

**Broj literaturnih navoda:** 10

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** statistika, biometrija, analiza varijance, blok sustav, LSD test, poljski pokus, sorte pšenice

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. Prof.dr.sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. Prof.dr.sc. Dražen Horvat, mentor
3. Prof.dr.sc. Đuro Banaj, član

**Rad je pohranjen u :** Knjižnica fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Graduate thesis**

**Faculty of Agriculture**

**University Graduate Studies, Plant production**

Biometric assessment of components of yield of different varieties of wheat

Andela Strahonja

**Abstract:** Statistics is empirically scientific discipline that studies massive phenomenon in nature and society, gathering, sorting and presenting statistical data in form of graphs, tables or reports. It's a science that deals with data processing in term of scientific and practical research, which studies massive phenomenons, changes in development of society, national economy and other. Biometrics is statistical science which is applied to biological data or to better say it's statistics applied to agriculture, biology, biomedical sciences and healthcare, forestry and other biotechnical sciences. Analysis of variance is calculation procedure by which we can study data of specific experiment, through estimation of deflection of individual mean values from average value of sample taken from some basic set. In this paper, biometric estimation of yield components of four different wheat varieties (Bologna, Falado, Maja and El Nino) was processed by one of the most important parametric statistical methods - analysis of variance.

**Thesis performed at:**

**Mentor:** PhD Dražen Horvat, Full professor

**Number of pages:** 38

**Number of figures:** 10

**Number of tables:** 3

**Number of references:** 10

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** statistics, biometrics, analysis of variance, randomized block design, LSD test, field experiment, wheat varieties.

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. PhD Bojan Stipešević, Full professor - chairman
2. PhD Dražen Horvat, Full professor - mentor
3. PhD Đuro Banaj, Full professor - member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1