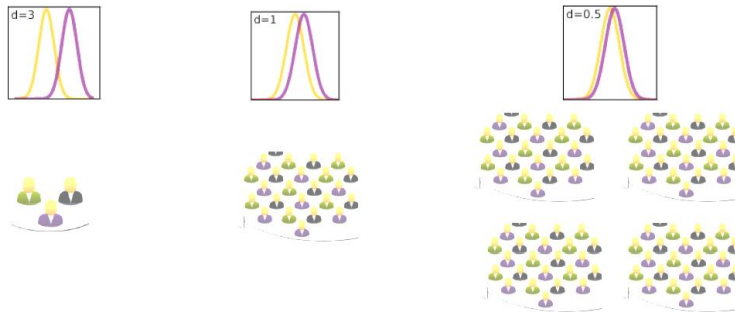


## Analiza statističke snage

- **Definicija snage:** vjerojatnost da će statistički test točno odbaciti lažnu nultu hipotezu ( $H_0$ ).
- **Prijevod:** vjerojatnost otkrivanja učinka, s obzirom da učinak stvarno postoji.
- **Ukratko:** što je veći eksperiment (veličina uzorka), to je veća snaga (veća je vjerojatnost da će se uočiti razlika).
- **Glavni rezultat analize snage:** Procjena odgovarajuće veličine uzorka



## Statističko testiranje hipoteze

### PITANJE

- Gradonačelnik ste grada od milijun stanovnika
- 10000 su kriminalci
- U gradsko poglavarstvo želite ugraditi sigurnosni sustav koji će prepoznavati kriminalce
- Dobili ste ponudu za uređaj koji će se oglasiti ako u poglavarstvo uđe kriminalac, uređaj će uvijek identificirati kriminalca
- Biste li ugradili taj uređaj?

Vjerojatnost da ćemo se prevariti i krivo prepoznati poštene građane (kao kriminalce)

Međutim, uređaj ima mali problem. Ako pošteni građanin uđe u Poglavarstvo, postoji mala vjerojatnost (3%) da će se alarm oglasiti. Mijenja li to vašu odluku?

Vidjeti ćemo efekt kojeg u biti nema



## PROBLEM

- Prije nego što se oglasio alarm, nismo mogli ste znati je li osoba koja ulazi kriminalac ili ne. Mogli smo samo znati da je ta vjerojatnost 1%
- Nakon što se oglasio alarm i dalje ne možemo znati je li ta osoba kriminalac. Međutim sad znamo da je ta vjerojatnost puno veća (25%), uvjetna vjerojatnost
- Tu vjerojatnost nazivamo uvjetnom: **vjerojatnost da je osoba kriminalac ako se alarm oglasio**
- Isto tako mogli bismo reći kolika je vjerojatnost da je osoba kriminalac ako znamo da se alarm nije oglasio: 0% (alarm će prepoznati svakog kriminalca 100%)

Vjerojatnost da ćemo **točno prepoznati kriminalce, vidimo efekt kojeg ima**

Vjerojatnost da ćemo se prevariti i **krivo prepoznati kriminalce** (kao poštene), **ne vidimo efekt koji postoji**



## HIPOTEZE

U znanosti uobičajeno je postaviti dvije hipoteze:

$H_A$  alternativnu hipotezu, pretpostavku da je fenomen koji proučavamo stvaran,

$H_0$  nul-hipotezu, pretpostavku da je fenomen koji proučavamo samo plod naše mašte.



## PRIMJER BIOLOŠKOG PROBLEMA

- Ima li hrana za piliće GMO porijekla negativan utjecaj na prirast njihove mase?



## IZMIŠLJENI PODACI



- $H_0$  Razlika koju vidimo nema veze sa GMO  
 $H_A$  Razlika koju vidimo povezana je sa GMO



## PROMJENA PITANJA

Kao i kod alarma, treba promijeniti pitanje:

- Početno pitanje: Ima li hrana sa GMO negativan utjecaj na prirast mase ili ne?
- **Konačno pitanje: Kolika je vjerojatnost da ćemo vidjeti razliku koju imamo na grafu ako su hrana sa i hrana bez GMO jednakovrijedne?**



## DISKRETNE I KONTINUIRANE VARIJABLE

- U pitanja s prethodnih slajdova uključene su diskretne varijable (načelno, one koje možemo izbrojiti).
- U većini slučajeva, međutim, bavimo se kontinuiranim varijablama (načelno, one koje ne možemo izbrojiti, ali ih svejedno možemo opisati brojem).



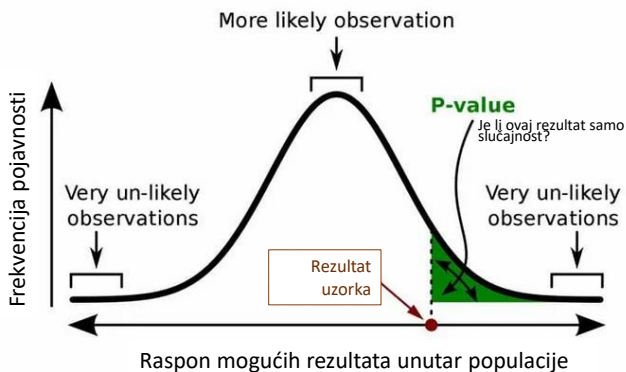
## KONTINUIRANA VARIJABLA



- Slično pitanje: Kolika je vjerojatnost da se prisutnost GMO u hrani i izostanak GMO u hrani razlikuju kao na grafu **ako** su obje hrane jednako učinkovite?
- **Dopunjeno pitanje:** Kolika je vjerojatnost da se prisutnost GMO u hrani i izostanak GMO u hrani razlikuju kao na grafu **ili još više** ako su obje hrane jednako učinkovite?



**p - vrijednost** je vjerojatnost dobivenog rezultata (razlike) ili još ekstremnijeg uz pretpostavku da je nulta hipoteza točna



**p-vrijednost** je broj, izračunat iz statističkog testa koji se definira kao vjerojatnost da se dobije neki rezultat ili još ekstremniji ako je nulta hipoteza istinita.

P - vrijednost mjeri kolika je vjerojatnost da je uočena razlika između skupina rezultat slučajnosti.

Što je p vrijednost manja (slučajnost) to je dobiveni rezultat pouzdaniji.

A **p-value** (shaded green area) is the probability of an observed (or more extreme) result assuming that the null hypothesis is true.

## $p$ – VRIJEDNOST

**Općenito, to je vjerojatnost da ćemo dobiti rezultate koje smo dobili ili još ekstremnije, ako fenomen koji istražujemo ne postoji (nulta hipoteza je točna).**

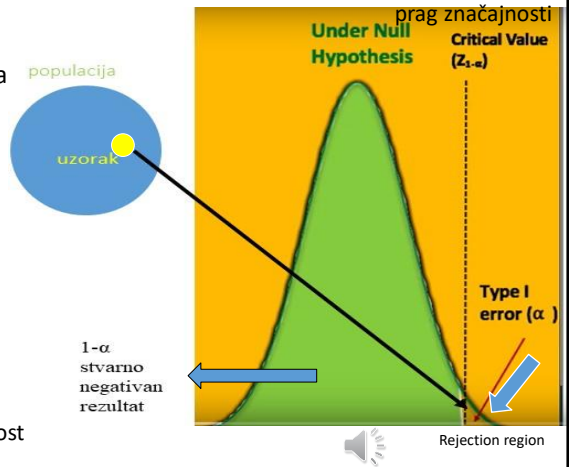
Kritična vrijednost je točka na distribuciji vrijednosti za  $H_0$ , koja opisuje skup vrijednosti koji zahtijevaju odbacivanje nulte hipoteze, prag značajnosti ili razina signifikantnosti. **To je regija odbacivanja nulte hipoteze** (skup svih rezultata koji sugeriraju odbacivanje nulte hipoteze).

### Pogreška pri zaključivanju

Pogreška tipa I ( $\alpha$ ): ukazuje da učinak postoji, iako ga zapravo nema; stupanj ove pogreške određen je pragom značajnosti i prema njoj određujemo stat. značajnost.

Za rezultate s 95%-tnom razinom pouzdanosti :  $\alpha = 0,05$  = vjerojatnost pogreške tipa I

Sami određujemo kritičnu vrijednost I prag značajnosti ovisno o tome koliko smo kritični prema rezultatu i koliku razinu pogreške  $\alpha$  možemo zanemariti (10%, 5%, 1%).



## $p$ – VRIJEDNOST

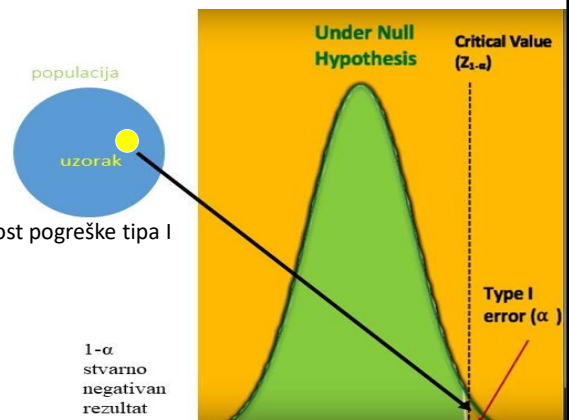
**Statistička značajnost** je usporedba između pogreška tipa I ( $\alpha$ ) i  $p$  vrijednosti proizašle iz stat. testa

$p$ -vrijednost  $\leq 0,05$ : odbijamo  $H_0$  odn. dobiveni rezultat je značajan

$p$ -vrijednost  $> 0,05$ : nismo uspjeli odbiti  $H_0$

Za rezultate s 95%-tnom razinom pouzdanosti :  $\alpha = 0,05$  = vjerojatnost pogreške tipa I

Prihvaćena kritična vrijednost još se zove *razinom signifikantnosti testa*, a za nultu hipotezu se kaže da je *odbačena na toj razini signifikantnosti*, ako je vrijednost  $p$  manja ili jednaka prihvaćenoj kritičnoj vrijednosti.



## KOJI REZULTAT SMATRAMO ZNAČAJNIM?

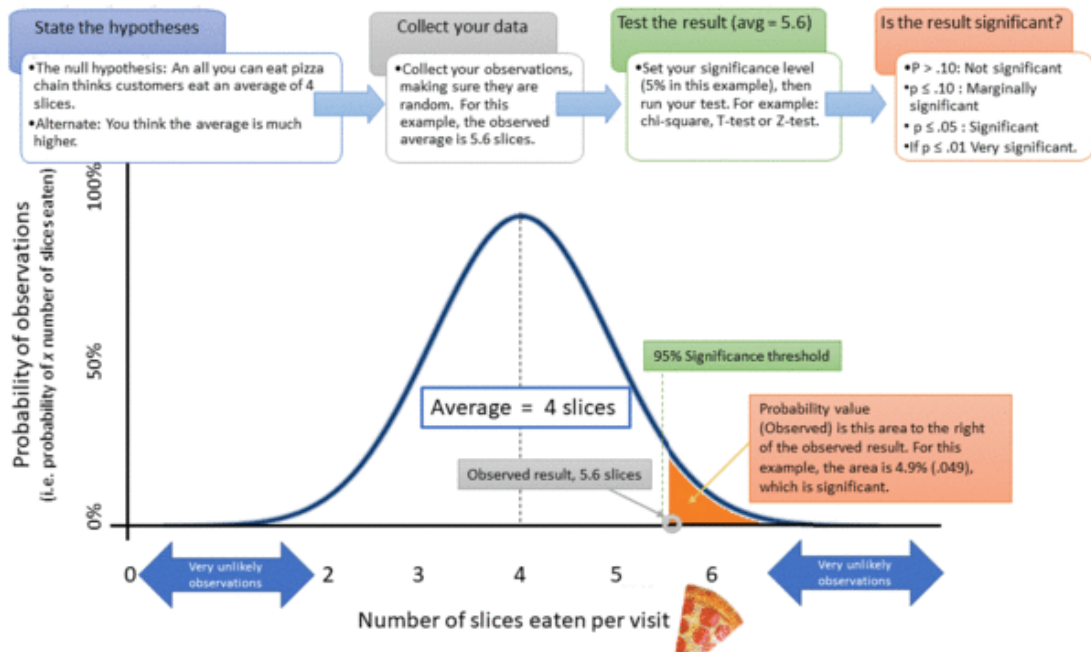
- Obično rezultat smatramo značajnim ako vrijedi  $p < 0.05$
- I takav je rezultat objavljiv, no o samom problemu ovisi je li prihvatljiv.
- Sami odabiremo kriterij što smatramo značajnim (pitanje kritičnosti)
- Granicu značajnosti treba odabrati prije nego što počnemo s obradom podataka. Ona treba iskazivati naša uvjerenja o primjerenosti rigoroznosti prema temi koju istražujemo.



## p-vrijednost, sažetak

- P-vrijednosti jedan je od načina testiranja je li rezultat eksperimenta statistički značajan.
- U biti, testira je li rezultat eksperimenta na podskupu populacije (uzorak) dovoljno važan da donesemo zaključak o hipotezi.
- Budući da statistika nije egzaktna, o statističkim testovima možemo razmišljati kao o vrlo fino podešenom nagađanju.
- Kako je test statistike nagađanje, moramo znati koliko je naša hipoteza u skladu sa stvarnosti. To dovodi do pojma značajnosti.
- Statistička značajnost način je odgovora na pitanje utemeljenosti rezultata.

- Shema za p-vrijednosti, na primjeru eksperimenta.



## JE LI TO SVE ŠTO NAM TREBA?

Sjetimo se sigurnosnog sustava sa početka predavanja. Bio je opisan sa dva broja

- Vjerojatnošću da će krivo prepoznati poštene građane tj. vidjeti efekt iako ga nema (3%)
- Vjerojatnošću da će krivo prepoznati kriminalce (0%) odnosno ne vidjeti efekt koji postoji

STATISTIČKA SNAGA





U odnosu na postavljenu hipotezu možemo napraviti:

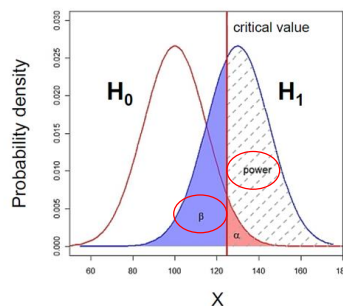
- Pogrešku tipa I: test (slučajno) ukazuje da učinak postoji, iako ga zapravo nema (stupanj ove pogreške određen je pragom statističke značajnosti)
- Pogrešku tipa II: test ukazuje da učinak ne postoji, iako je on uistinu prisutan, povišenjem pogreške tipa I ( $\alpha$ ), umanjujemo stopu pogreška tipa II (koja je povezana sa STATISTIČKOM SNAGOM)

**Stupanj pogreške tipa I je u potpunosti u kontroli istraživača.** U prirodnim i biomedicinskim znanostima, ova stopa  $p \leq 0.05$  se smatra prihvatljivom (kad bi ju još više snizili, povećala bi se vjerojatnost za činjenje pogreške tipa II, a nemoguće je istodobno smanjiti obje).



Ruxton GD, Colegrave N. Experimental Design for the Life Sciences, Oxford University Press, New York, 2011

## Što je snaga? Snaga i pogreška tipa 2 ( $\beta$ )



- Pogreška tipa II ( $\beta$ ) je neuspjeh odbijanja  $H_0$  koja nije točna
- Vjerojatnost da **nećemo vidjeti učinak koji stvarno postoji.**
- Snaga: **vjerojatnost otkrivanja učinka koji stvarno postoji**
- Izravni odnos između snage i pogreške tipa II:
  - **Snaga =  $1 - \beta$**

STATISTIČKA SNAGA kojom testiramo neku hipotezu je vjerojatnost da nećemo počinuti pogrešku tipa II (ne vidjeti učinak koji postoji)

Determinirana je

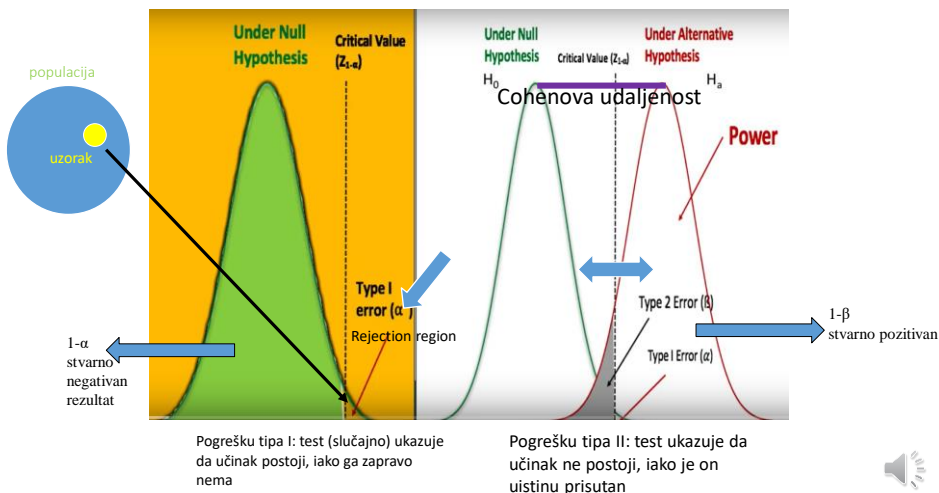
1. Pogreskom tipa 1 (alfa)
2. Veličinom uzorka
3. Snagom efekta
4. Varijabilnosti mjerenja

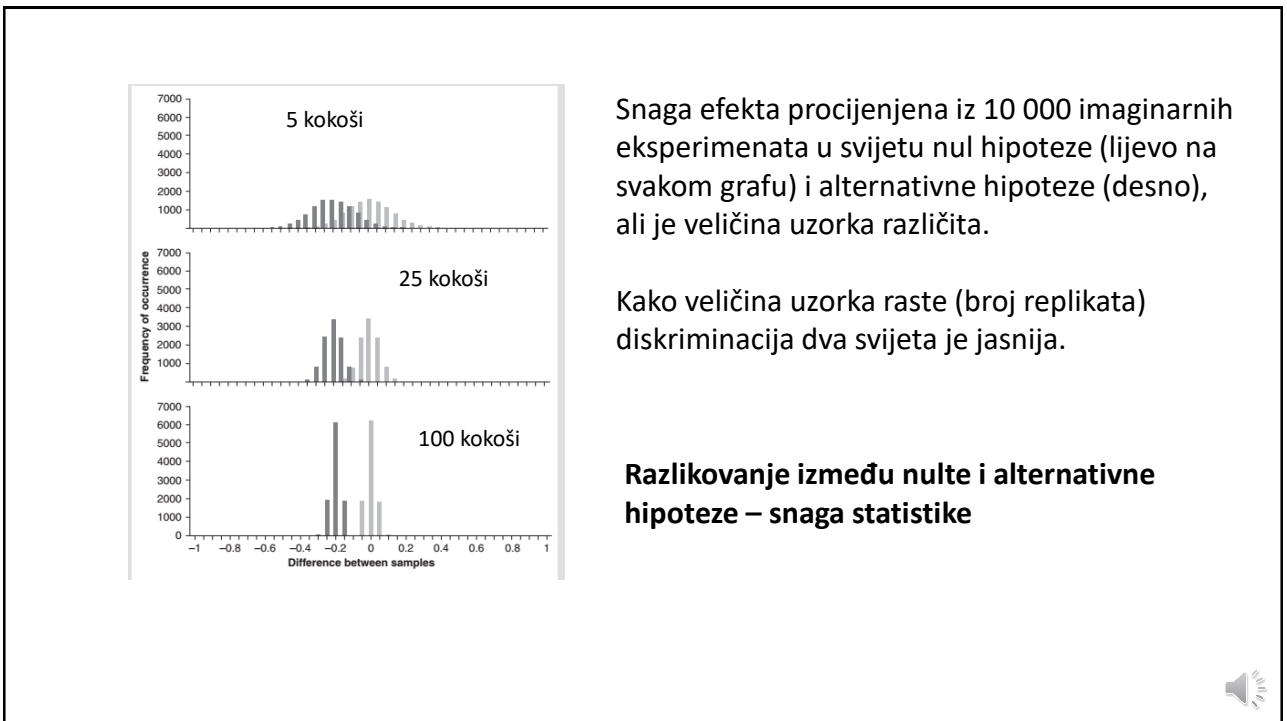
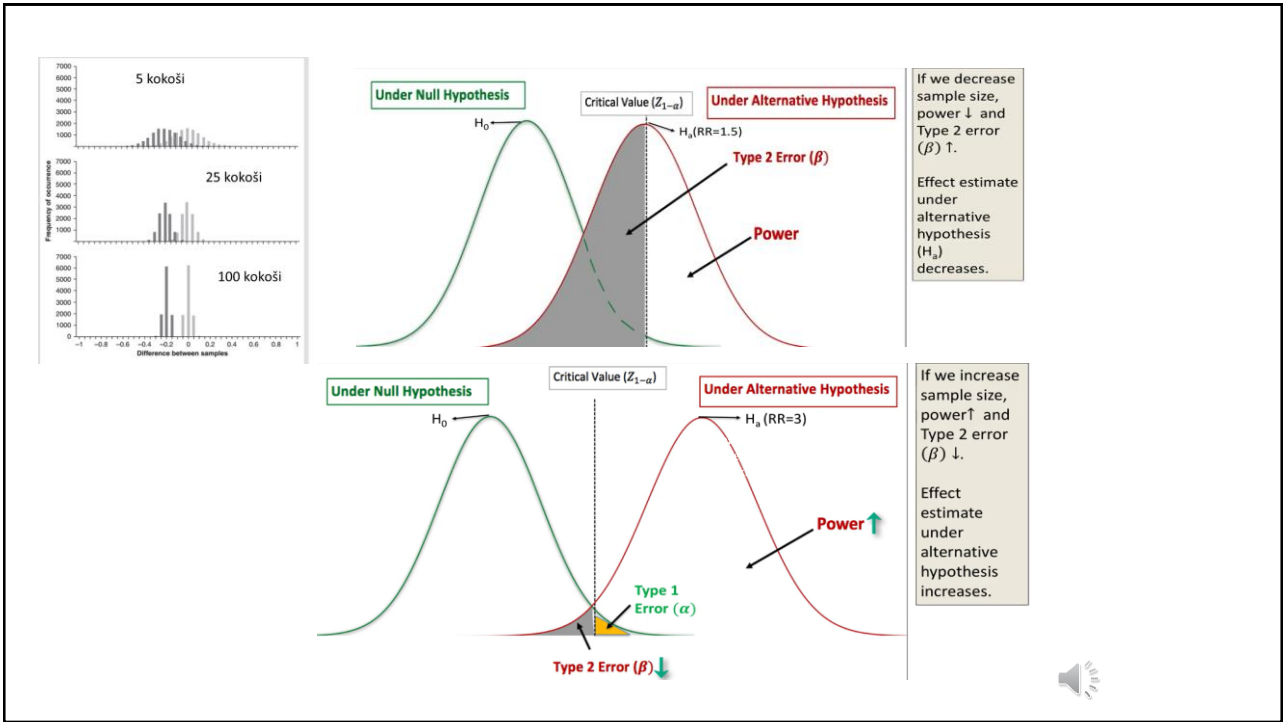


Ruxton GD, Colegrave N. Experimental Design for the Life Sciences, Oxford University Press, New York, 2011

## Što određuje snagu?

Cohen's d is an effect size used to indicate the standardised difference between two means





## Kako “ručno” izračunati snagu planiranog istraživanja?

- **Utječe li GMO hrana na debljinu ljuske smanjujući je?**
- Mjerimo po pet jaja GMO i 5 standardnih 1. dan i uočavamo stanjenje ljuske u GMO uzorku
- Sljedećih 4 dana radimo isto i utvrđujemo isto, no peti dan rezultat je obrnut
- Nastavljamo mjeriti 100 dana i ako u 72 dana dobijemo rezultat smanjenja onda dokazujemo alternativnu hipotezu **snagom od 72%**

No to sigurno nećemo tako raditi.

Da imamo jaci efekt dobili bi veću snagu  
Da imamo više jaja dobili bi veću snagu

## Kako otkriti snagu planiranog istraživanja

Ključni čimbenici su:

- Veličina učinka
- Nasumična varijabilnost
- Dizajn i statistički test
- **Broj replika**

1. Da bi odredili snagu moramo pilot istraživanje odrediti koji učinak imamo te definirati koji nam je učinak zadovoljavajući, odnosno bitan

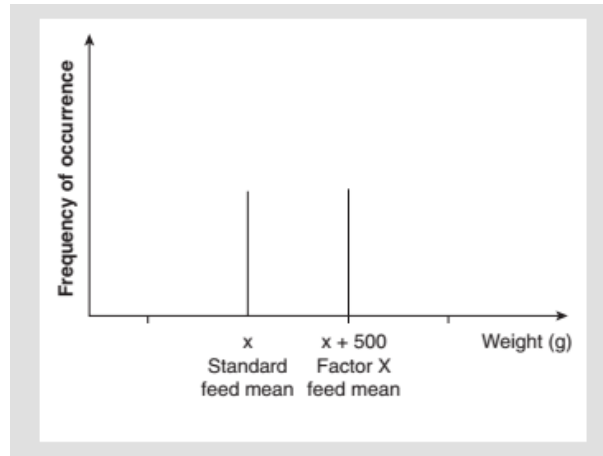
2. Nakon toga pilot istraživanjem moramo odrediti rasap vrijednosti

## Kako otkriti snagu planiranog istraživanja

Uočite da ne mjerimo više debljinu  
ljuske, no sve ostalo ostaje isto

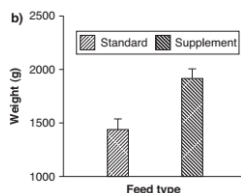
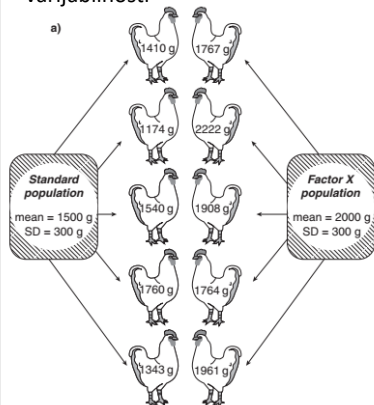
Npr. učinak koji smatramo relevantnim je za 500 g veća masa pilića hranjenih obogaćenom hranom u odnosu na standardnu hranu.

To nam je minimalni prirast koji nam čini značaj za novu vrstu prehrane!

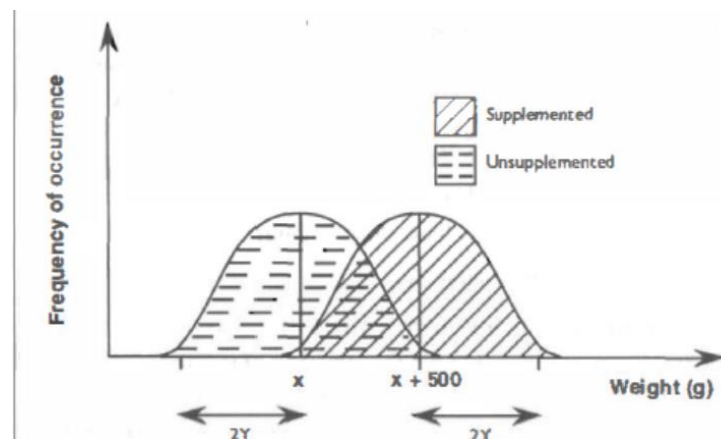


DEFINIRALI SMO UČINAK KOJI ŽELIMO VIDJETI

PILOT procjena srednje vrijednosti i varijabilnosti



Kako uočiti takav učinak, tj. koliko replikata uključiti u eksperiment



DEFINIRALI SMO DA UČINAK POSTOJI

KOJA JE SADA ŠANSA DA ĆEMO TAJ UČINAK  
UOČITI?

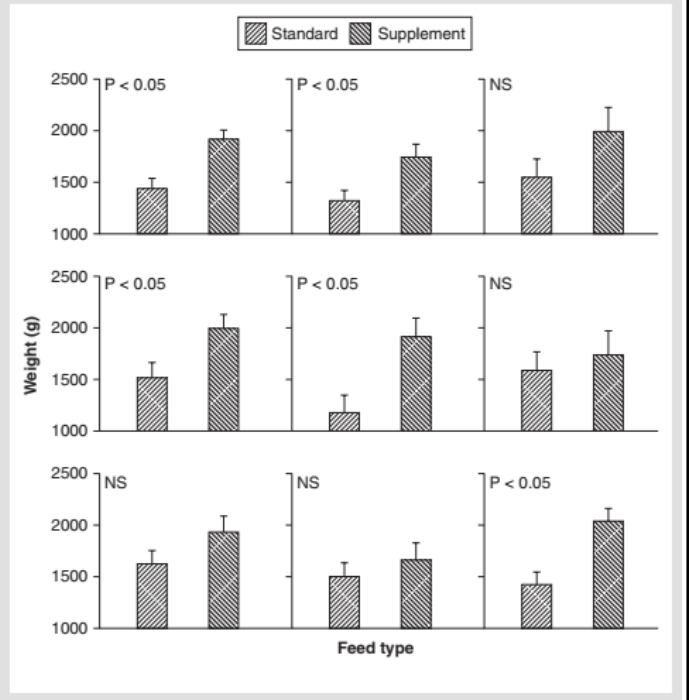
Procjena snage

**ZAMIŠLJENI POKUS**

1. Npr. 5 pilića standardno hranjenih kojima kompjuter dodjeljuje mase unutar  $1500 \pm 300$ , te 5 pilića hranjenih obogaćenom hranom kojima kompjuter dodjeljuje mase unutar  $2000 \pm 300$
2. Provede se odabran stat. test
3. Pokus ponovimo 9 puta

## I rezultati pokazuju

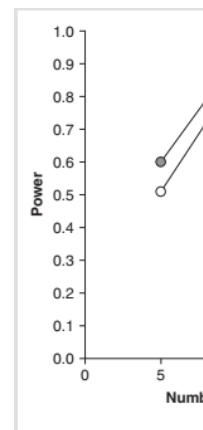
U 4 pokusa srednje vrijednosti nisu dovoljno različite da bi razlika bila značajna



## No kompjuter može izvršiti imaginarni pokus i 1000 puta

- Npr. u 507 pokusa imamo značajnost, što znači da nam je šansa uočavanja razlike sa 5 pilića 50 : 50

**Promjena veličine uzorka i njen utjecaj na snagu**

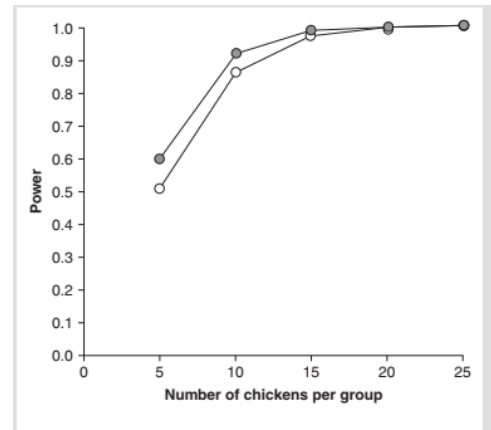


## Predviđanje snage eksperimenta za uzorke različite veličine

GRAF prikazuje predviđenu snagu pokusa za uzorke različite veličine (za istu snagu učinka). Ispitan je i efekt ugradnje klima, sivi kružići).

Povećanjem broja pilića ta šansa raste i snaga eksperimenta je raste,

No nema potrebe ici na više od 20!!!!



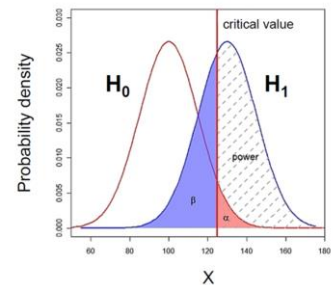
## Kolika treba biti snaga? Snaga = 80%

- Pogreška tipa II ( $\beta$ ) je neuspjeh odbijanja lažne  $H_0$
- Vjerojatnost neuočavanja učinka koji stvarno postoji.
- **Power**: Vjerojatnost uočavanja učinka koji stvarno postoji.
  - Direktna je povezanost snage i pogreške tipa II :
  - Ako je **Snaga** = 0.8 tada je  $\beta = 1 - \text{Snaga} = 0.2$  (20%)
- Stoga će stvarna razlika biti neuočena u 20% slučajeva
- **Opća konvencija za snagu je 80%**, ali može biti i više

Prema Cohen-u (1988):

- Za većinu istraživača: pogreške tipa I četiri su puta ozbiljnije od pogreške tipa II tako da je  $0,05 \times 4 = 0,2$  (učinak koji ne postoji biti će uočen u 5% slučajeva)

Koji je tip pogreske stvarno opasniji?





## Balansirani (uravnotežen) dizajn/ balansirani uzorak

- Isti broj replika u tretiranim i kontrolnim uzorcima
- Važno za kvalitetnu statističku analizu
- Treba uvijek težiti balansiranom dizajnu no postoje iznimke koje opravdavaju nebalansirani dizajn s ciljem smanjivanja jedinki u tretiranim uzorcima



## Eksperimenti na životinjama – odstupanje od normalnog balansiranog uzorkovanja

- Patnja životinja – pitanje etičnosti istraživanja
- Broj jedinki u tretiranoj (visoka razina patnje) i kontrolnoj grupi (niska razina patnje)
- Nebalansirani ima nižu snagu
- Nadomjestak je povećan broj jedinki u kontrolnoj grupi
- Predmet odluke eksperimentatora (uvijek slušati savjete)



## Drop out cases

- Uzrokuju pretvaranje balansirano u nebalansirani dizajn

## Potpuno randomizirani i faktorijalni eksperimenti

- 5 različitih intenziteta prihrane, 100 biljaka rajčice
- Balansirani (uravnotežen) dizajn
- Moramo u svakom od 5 tretmana osigurati po 20 biljaka (biljke označimo brojevima od 1 do 100, brojeve izvlačimo te prema redosljedu biljke svrstavamo u skupine kako su izvučene....POTPUNO RANDOMIZIRANO

Potpuno randomizirani dizajn, analiza t-testom ako su dvije skupine, ili ANOVA ako ih je više

- To je primjer najjednostavnijeg dizajna jer smo eksperimentalno mijenjali samo jedan faktor (intenzitet dohrane)
- Pet različitih intenziteta dohrane je 5 RAZINA TOG FAKTORA

## JEDNOFAKTORIJALNI (JEDNOSMJERNI) DIZAJN ili POTPUNO RANDOMIZIRANI BALANSIRANI DIZAJN JEDNOG FAKTORA S 5 RAZINA

one-way design

## EKSPERIMENTI S NEKOLIKO FAKTORA

- Dodajemo još jednu sortu rajčica npr. GMO rajčice
- Sada imamo dva faktora, prihranu i sortu rajčice
- DVOFAKTORIJALNI (DVOSMJERNI) DIZAJN
- Ako ponovimo potpuno pokus s 5 intenziteta dohrane na obje sorte provodimo POTPUNO UKRIŽENI FAKTORIJALNI DIZAJN
  - To nam osigurava unakrsne usporedbe
  - Jenostavna statistika

## Ono što imamo u ovom eksperimentu je

- Faktor 1 (dohrana) s pet razina
- Faktor 2 (genotip) s dvije razine

TO JE 10 EKSPERIMENTALNIH SKUPINA (2 x 5) i sve dok imamo isti broj biljaka u svakoj skupini, i naravno ako je taj broj veći od 1 (više replika) imamo BALANSIRANI i REPLICIRANI dizajn

NA ISTI SE NAČIN POSTAVLJAJU VIŠEFAKTORIJALNI DIZAJNI, A PROVEDBA MORA BITI ŠTO JEDNOSTAVNIJA!!!! PO MOGUĆNOSTI BALANSIRANA I REPLICIRANA (sve je to zbunjujuća terminologija iza jednostavne logike)

- Može se dogoditi da na drugoj sorti nemamo resurse za pet razina faktora dohrane pa napravimo samo tri. To je NEPOTPUNO UKRIŽENI FAKTORIJALNI DIZAJN, nepovoljan za statistiku

Uvijek tezite potpuno uravnoteženom eksperimentu, osim ako postoje jako opravdani razlozi

## A zašto ne odvojeno provesti eksperimente?

- na 1. sorti, pa odvojeno
- na 2. sorti
- To bi bili jednosmjerni dizajni za svaku sortu

Uvodimo faktor vremena provedbe eksperimenta ali i još neke faktore kojih ne moramo biti ni svjesni **zbog čega gubimo mogućnost uspoređivanja dviju sorti kao i vidljivost učinka međudjelovanja (razlikuju li se dvije sorte obzirom na učinak intenziteta dohrane na rast)**

## Učinak međudjelovanja

- nam govori učinak kojeg faktora je glavni i kakvo je međudjelovanje

**Međudjelovanja nisu uvijek jednostavna, pogotovo u eksperimentima s previše faktora**

EXP: dva intenziteta dohrane, visok i nizak i dvije sorte rajčice, A i B

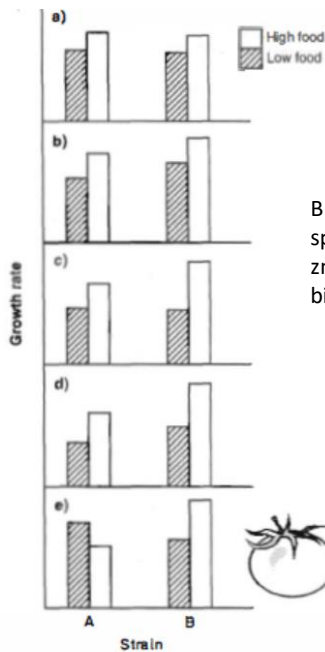


Figure 4.1 Five possible types of interaction between tomato plant strain and feeding regime.

### Učinak kojeg faktora je snažniji i kakvo je međudjelovanje?

A kod obje sorte jaka dohrana bolji rast. Nema razlika između sorata i glavni je dohrana.

B kod obje sorte jaka dohrana bolji rast ali sorta A raste sporije od sorte B. Statistički bi zaključili da imamo značajne glavne učinke intenziteta dohrane i sorte, a biološki da je stopa rasta pod utjecajem i dohrane i sorte

C kod obje sorte jaka dohrana bolji rast. Sorta A raste sporije od sorte B **samo pri jakoj dohrani**. To statističari zovu MEĐUDJELOVANJE. **Biološki** to znači da je učinak sorte na stopu rasta različit pod različitim režimima odnosno **statistički** učinak jednog faktora (sorte) ovisi o razini drugog faktora (dohrana).

D slično kao C, kod obje sorte jaka dohrana bolji rast, a razlika između sorata je veća kod jače dohrane. MEĐUDJELOVANJE. Biološki to znači da je učinak sorte na stopu rasta različit pod različitim režimima odnosno Statistički učinak jednog faktora (sorte) ovisi o razini drugog faktora (dohrana)

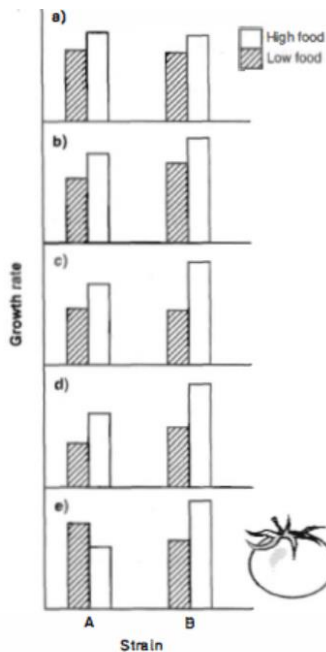


Figure 4.1 Five possible types of interaction between tomato plant strain and feeding regime.

E MEĐUDJELOVANJE, stopa rasta ovisna je o intenzitetu dohrane kod obje sorte **ali suprotnog smjera obzirom na dohranu**.

KOJI JE GLAVNI UČINAK INTENZITETA DOHRANE, rast ili pad? Možemo samo reci da povećani intenzitet dohrane ima učinak na stopu rasta, ali snaga toga učinka ovisi o sorti

Pitanje: učinak kojeg faktora je glavniji i kakvo je međudjelovanje?

**U biti, samo na slici A sigurno znamo da je opći učinak intenziteta dohrane poticanje stope rasta.**

## Komplicirani eksperimentalni dizajn

- Izbjegavati
- Statistika je moćna ali interpretacija zahtjeva ljudski faktor.
- Pitanje, jeste li okom vidjeli rast i razlike rasta?

IZ KOMPLICIRANIH DIZAJNA MOŽE PROIZAĆI VELIKA ZBUNJENOST U RAZLIKOVANJU POJEDINIH FAKTORA I POJEDINIH RAZINA FAKTORA!!!

## ZAMJENA RAZINA I FAKTORA

- POKUS sa pet razlicitih proizvoda dohrane  
Jesu li to BILI razliciti faktori ili razine istog faktora (dohrane)?

## ZAMJENA RAZINA I FAKTORA

- POKUS sa pet razlicitih proizvoda dohrane  
Jesu li to BILI razliciti faktori ili razine istog faktora (dohrane)?

Radilo se o razinama.

Što ako imamo pokus s 5 razlicitih proizvoda biljne dohrane. Hoćemo li ih tretirati opet ako razine jednog faktora ili kao razlicite faktore?

Radi jednostavnosti, razinama. Međutim, ako bi imali dva proizvoda (A i B), mogli bismo napraviti 4 skupine: bez dohrane, dohrana s A, dohrana s B, dohrana s A i B. Tu je moguće proizvode sagledati kao faktore s dvije razine, prisutnost i odsutnost.

RAZMISLITI ŠTO ŽELIMO DOZNATI!



A

B

DOHRANA

Repliciran dizajn jednog faktora s dvije razine

**To može odgovoriti na pitanje:**

1. Razlikuju li se vrste dohrane po učinku na rast biljke?





DOHRANA

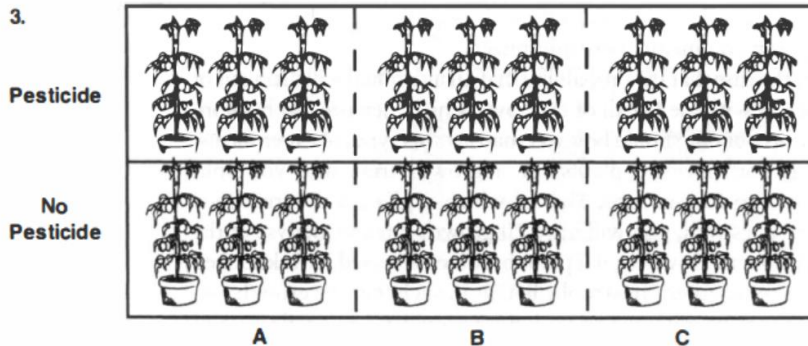
PESTICID

KONTROLA

Repliciran dizajn jednog faktora s tri razine

To može odgovoriti na pitanja:

1. Utječe li dohrana na rast biljke?
2. Utječe li pesticid na rast biljke?
3. Razlikuju li se pesticid i dohrana u njihovim učincima na rast biljke?



DOHRANA

2-faktorijalni dizajn s tri razine prvog faktora (vrsta dohrane) i 2 razine drugog faktora (uporaba pesticida)

**To može odgovoriti na pitanja:**

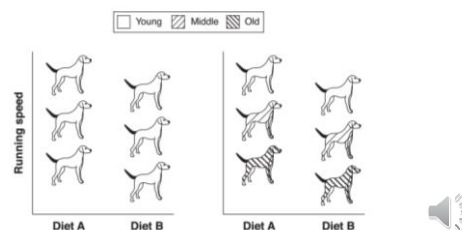
1. Razlikuju li se vrste dohrane po njihovom učinku na rast biljke?
2. Utječe li pesticid na rast biljke?
3. Ovisi li utjecaj pesticida o vrsti dohrane??

## Kako odabrati

- Dizajn kreiramo ovisno o odgovorima koje tražimo na najjednostavniji način
- Koji često nije jednostavan

## Primjer grupiranja (blocking)

- Pretpostavimo da nas zanima utječe li vrsta hrane koju dajemo hrtu (pasmina pasa) na njegovu brzinu trčanja. Na raspolaganju imamo 80 hrtova (i stazu za trčanje), a želimo ispitati učinke četiri različite vrste hrane.
- Što je sa slučajnim uzorkovanjem životinja za testiranje četiri vrste hrane?



- Što ako je 80 hrtova različite dobi, a dob ima snažan utjecaj na brzinu trčanja?
- Korištenjem slučajnog dizajna zanemarili bismo ovaj izvor varijacije i on je postao dio slučajne buke u eksperimentu.
- Alternativni pristup bio bi tretirati dob kao faktor koji blokira eksperiment (**blokirajući faktor**). **Starost je faktor grupiranja ili blokirajući faktor**,
- Rangiramo pse prema dobi, zatim ih podijelimo u blokove, tako da oni u bloku imaju sličnu dob. To može biti 20 blokova od 4 psa, 10 blokova od 8 ili 5 blokova od 16pasa.
- Zatim nastavljate s dodjeljivanja pasa iz svake grupe tretmanima (po jedan pas iz svake grupe tretmanu1, tretmanu2...kontrolu)

I biti jednofaktorijalni dizajn pretvorili smo u dvofaktorijalni, jedan faktor je vrsta prehrane a drugi starosni blok

- U praksi, razdvojili smo varijabilnost među jedinkama na dvije kategorije varijabilnosti, na varijabilnost unutar bloka i varijabilnost među blokovima
- I to smo uspješno napravili ako nam je varijabilnost koju dobivamo među blokovima značajno veća nego ona unutar bloka.
- To će omogućiti testiranje razlika ovisnih o režimu prehrane unutar svakog bloka (ako su razlike među jedinkama male) ali i onih unutar cijelog uzorka (ako su razlike među jedinkama znatno veće).
- BLOKOVE KORISTIMO KAO DODATNI FAKTOR ZA STATISTIKU (Anova)

## Grupiranje prema osobinama prostora

- Zamislite eksperiment s nadokanom za rajčice a sve biljke ne stanu u jedan staklenik već nam treba tri.
- Ako postoji razlike između staklenika koje utječu na stope rasta, postoji opasnost buke (Staklenik je zbunjujući faktor)
- RJEŠENJE....

## Slična je stvar i grupiranje prema vremenu

- U svim primjerima jednofaktorijalni dizajn postaje dvofaktorijalni

## DIZAJN UNUTAR SUBJEKTA

- Sve o čemu smo do sada govorili bile su usporedbe među jedinkama (dizajn između subjekta, skupina)
- Dizajn unutar subjekta je dizajn u kojem jedinka sukcesivno prolazi nekoliko tretmana
- Npr. potiče li klasična glazba kokoši da nesu više jaja (što bi bile kontrole, da li samo neupaljen razglas ili neka druga vrsta glazbe, razgovor, šumovi...)
- **Jednostavna randomizacija** mogla bi zahtijevati velik broj nastambi, kako ih rasporediti .... Bezbroj ograničenja, zbunjujućih faktore

Iznimke od randomizacije

## Alternativa jednostavnoj randomizaciji je

- Jedno od rješenja je uporaba nastabi kao vlastitih kontrola tako da se ista nastamba uspoređuje pod različitim tretmanom
- Da bude najjednostavnije koristimo „tihu” kontrolu

Iznimke od randomizacije

- Npr. jedna nastamba prva tri tjedna u tišini a druga tri tjedna klasika
- Druga nastamba obrnuto

Analiza broja jaja za svaku nastambu u dva tretmana t-testom.

TAKO USPOREĐUJEMO UNUTAR NASTAMBE TE NAS VARIJACIJE IZMEĐU NASTAMBI NE BRINU

Moramo biti sigurni da ne postoje učinci slijeda i da subjekti mogu biti vraćeni u prvotno stanje, moramo osigurati da je prethodni učinak prestao djelovati (razdoblje „ispiranja”)

Takvi pokusi traju dugo

Iznimke od randomizacije

- S 4 različita tretmana možemo imati 24 slijeda, s 5 120 slijedova, s 6 750, u tim se slučajevima pokus smanjuje po principu randomizacije slijeda
- Ako je N broj tretmana broj slijedova je  $N!$
- Ovakvi su pokusi nemogući ako postoje preneseni učinci tj. subjekt ne može biti vraćen u prvobitno stanje
- Je li to pseudoreplikacija?

Nije jer je tretman različit

Iznimke od randomizacije



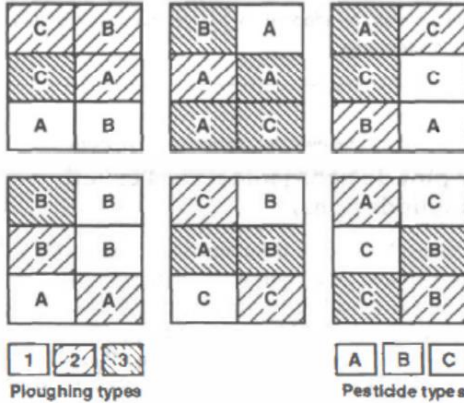
## Dizajn podijeljenog, pokusnog polja (split plot)

- Često u agronomiji

Npr. želite ispitati učinak vrste obrade tla prije sadnje i načina aplikacije pesticida nakon sadnje na rast kupusa, imate tri tipa obrade i tri tipa aplikacije a imate 6 kvadratnih parcela iste veličine

Metoda potpune randomizacije bila bi podijeliti svako od 6 polja na šest jednakih dijelova, a zatim nasumično dodijelite svakoj od devet kombinacija obrade tla i pesticida po četiri od 36 dijelova svih polja

Iznimke od randomizacije

**Full randomisation**

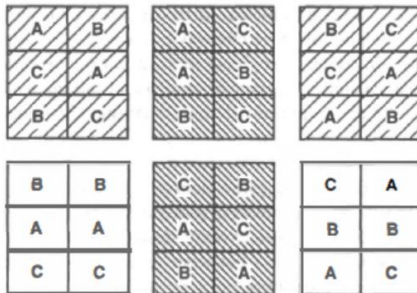
There are  $3 \times 3 = 9$  different combinations of the two treatments. Each of the six fields is divided into six sections, making 36 sections in total.

To allocate plots to treatment combinations we use simple randomization.

For example, we could number all the sections (1–36) then draw the numbers from a hat. We would allocate the first combination to the first four numbers drawn, the next four to another different combination and so on until each of the nine combinations had been allocated to 4 randomly placed sections.

Iznimke od randomizacije

## Princip podijeljenog polja

**Split plot**

We begin by randomly allocating two complete fields to each of the three ploughing types. That is, all six sections of any given field are each ploughed in the same way.

Yašto bi to uopće radili

Iznimke od randomizacije