

Ökológia gyakorlat

levelező

Populáció nagyságának felmérése, becslése

Becsült paraméterek

- **N'**- az adott populáció teljes nagysága (egyed, pár, ... stb.)
Hány egyed, pár, ... található az adott területen?
Nincs mindig lehetőség a teljes populációnagyság mérésére, ezért gyakori az egységnyi területen vagy térfogatban lévő egyedek számának használata:
- **D'**- denzitás (populáció sűrűség), egységnyi felületre/ térfogatra számított pl. egyedszám (egyed/m², egyed/ha, egyed/km², pár/ha, ... stb.)
- **Az egyedek eloszlása**
(egyenletes/ véletlen/ aggregált)

Felmérési módszerek populációbecsléshez

**I. teljes számlálás
(cenzus)**

**II. közvetett
módszerek**

**II. 1. „megközelítő felmérés”
módszere
(szakértői becslés)**

**II. 2. mintavételi módszerek
alapján való
populációbecslés**

**II. 2. a) sűrűségbecslő
módszerek**

Mintavételi egységek:

alakja, mérete, száma

Mintavételi stratégiák:

1. Rendszeres mintavétel
2. Egyszerű véletlen mintavétel
3. Rétegzett véletlen mintavétel

**II. 2. b) fogás-visszafogás
módszer**

Állatpopulációk nagyságának
becslésére alkalmas.

Az állatok egyedi jelölésén alapul.
Menete: megfogás - megjelölés -
elengedés - várakozás -
újra mintavételezés=visszafogás

I. - Teljes számlálás (cenzus)

- Az adott területen (térfogatban) található **összes egyed megszámlálása**.
 - Az esetek többségében nem vagy igen nagy nehézségek mellett valósítható meg.
- Főként olyan fajok esetében használják, amelyek esetében megvalósítható a vizsgált terület egészén az összes egyed megszámlálása.
 - Ritka, de jól megfigyelhető fajok esetén használják.
 - Pl.: - egy erdő helyén kialakult néhány hektáros hegyi réten hány darab hagyásfa található, vagy
 - Fehérgólyák párok száma egy megyében,....

II. – Közvetett módszerek

II. 1. - „Megközelítő felmérés” módszere

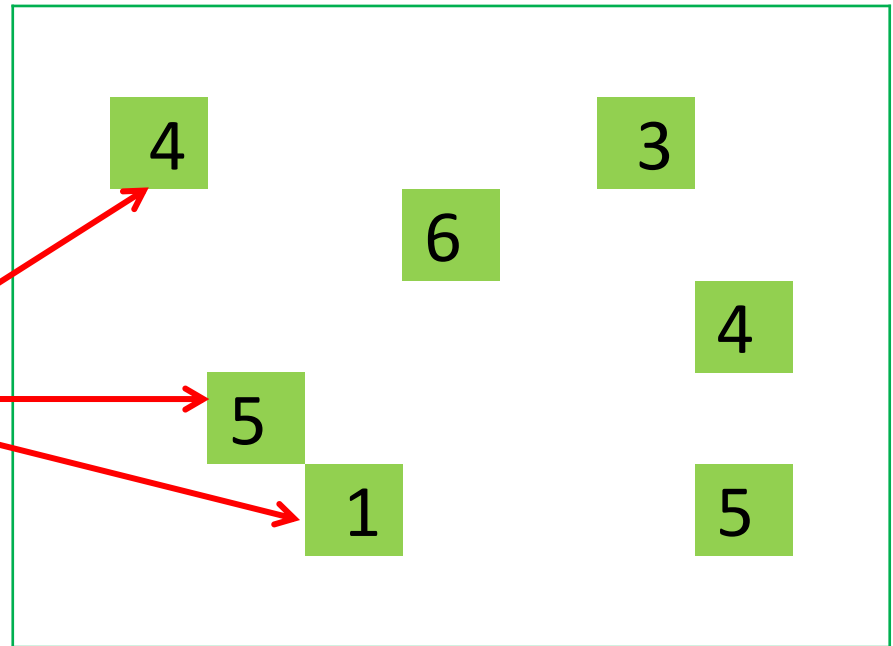
- Az adott területet és populációt „jól ismerő” szakértő tapasztalatai alapján becslés az állomány nagyságról – potenciális hiba: az adatközlők szubjektivitása.
- Alkalmazás akkor, ha a becsléshez rendelkezésre álló **idő és források** (felmérők, anyagiak, engedélyek, ...) nem teszik lehetővé a populációnagyság becslését teljes számlálás, sűrűségbecslés vagy fogás-visszafogás módszer alapján. Pl. hópárducok száma Ázsiában,...

II. 2. - Mintavételi módszerek alapján való populációbecslés

Minden olyan esetben, amikor a vizsgálati objektum teljes egészében nem vizsgálható, mintavételt kell alkalmazni.

Vizsgálendő terület →

Mintavételi egységek

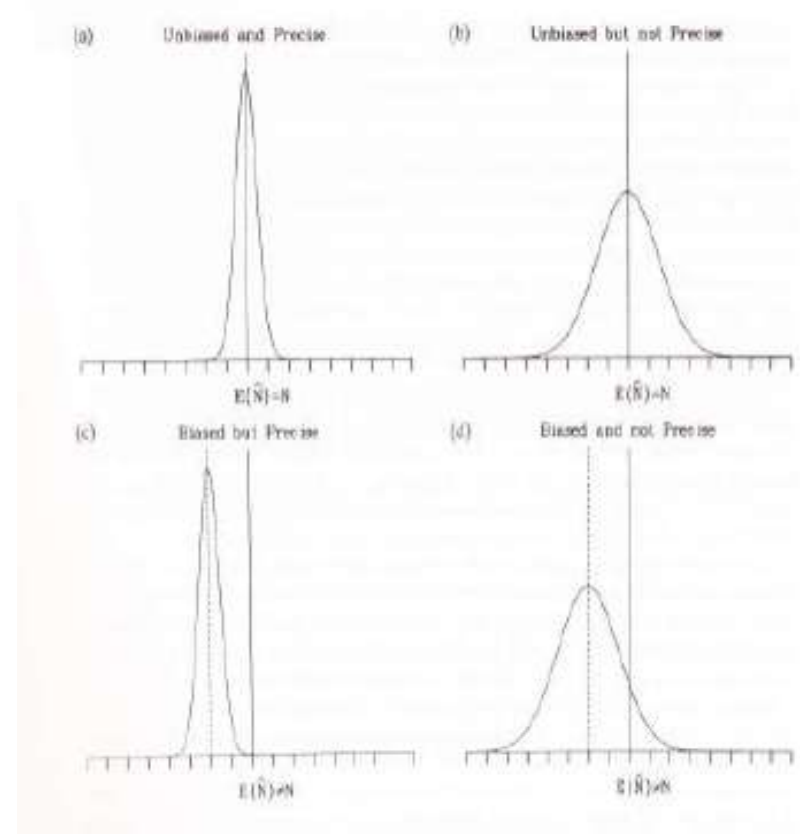
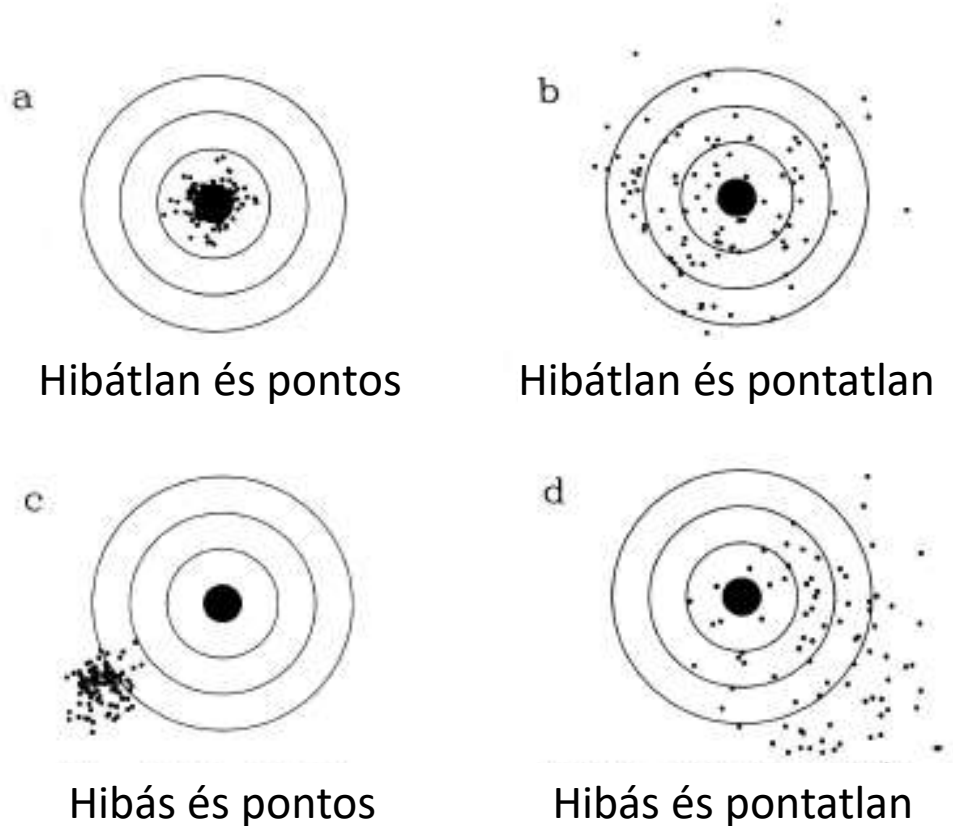


A vizsgálendő területnek csak egy meghatározott részén végzünk felmérést (csak a mintavételi egységekben számolunk), és abból következtetünk a teljes terület tulajdonságaira → **becslés**.

II. 2. - Mintavételi módszerek alapján való populációbecslés

A becslés jószágát két fontos tulajdonság jellemzi:

- a becslés hibája,
- a becslés pontossága



II. 2. - Mintavételi módszerek alapján való populációbecslés

- A **becslés hibája**, azt jelzi, hogy esetünkben a becsült populációnagyság milyen mértékben tér el a tényleges populáció nagyságtól. Minden becslésen alapuló vizsgálat esetében alapvető e hibának a csökkentése, elkerülendő az adott érték alul- vagy felülbecslése.

Megfelelő mintavételi stratégiával lehet elkerülni, csökkenteni e hibát.

- A **becslés pontossága** azt adja meg, hogy a becsült populációnagyság mennyire pontos, becslésünk alapján a tényleges nagyság milyen minimum, illetve maximum értékek között lehet.

A mintázott terület nagyságának növelésével és rétegzett mintavételi módszer alkalmazásával lehet javítani a becslés pontosságát.

II. 2. - Mintavételi módszerek alapján való populációbecslés

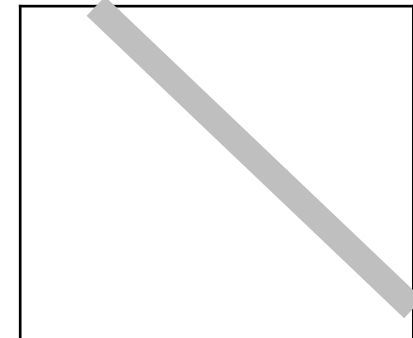
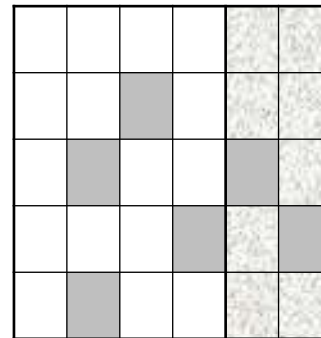
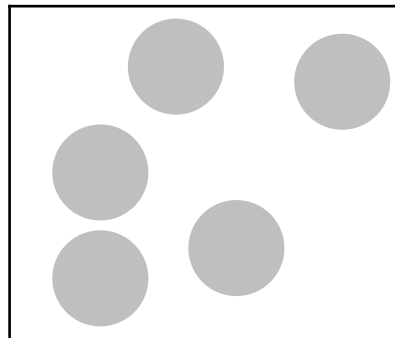
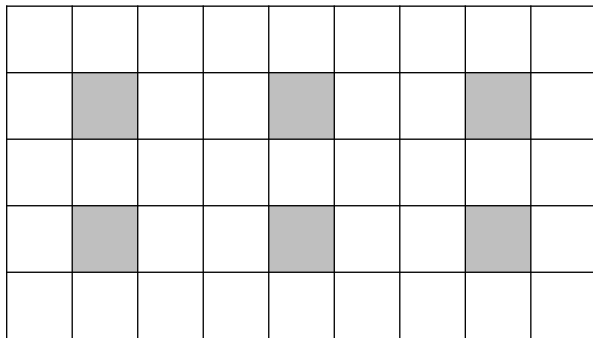
II. 2. a) - Sűrűségbecslő módszerek

- Mintavételi egységek alakja:

Sűrűségbecslés is lehetséges a mintavételi egységekben végzett számlálás alapján, amelyek alakja lehet:

1 - kvadrát: négyzet, kör, téglalap alakú terület

2 - sáv (transzekt)



II. 2. - Mintavételi módszerek alapján való populációbecslés

II. 2. a) - Sűrűségbecslő módszerek

Mintavételi egységek nagysága és száma:

- Lehetőleg a kvadrátok nagysága olyan nagy legyen, hogy minimum 1 egyed essen bele.
- A kvadrátban lévő összes egyedet meg kell tudni számolni.
- A kvadrátok számának növelésével növelhetjük a becslés pontosságát.
- A felmért kvadrátok összterülete lehetőleg a teljes vizsgálandó terület 5-10%-a legyen.

II. 2. - Mintavételi módszerek alapján való populációbecslés

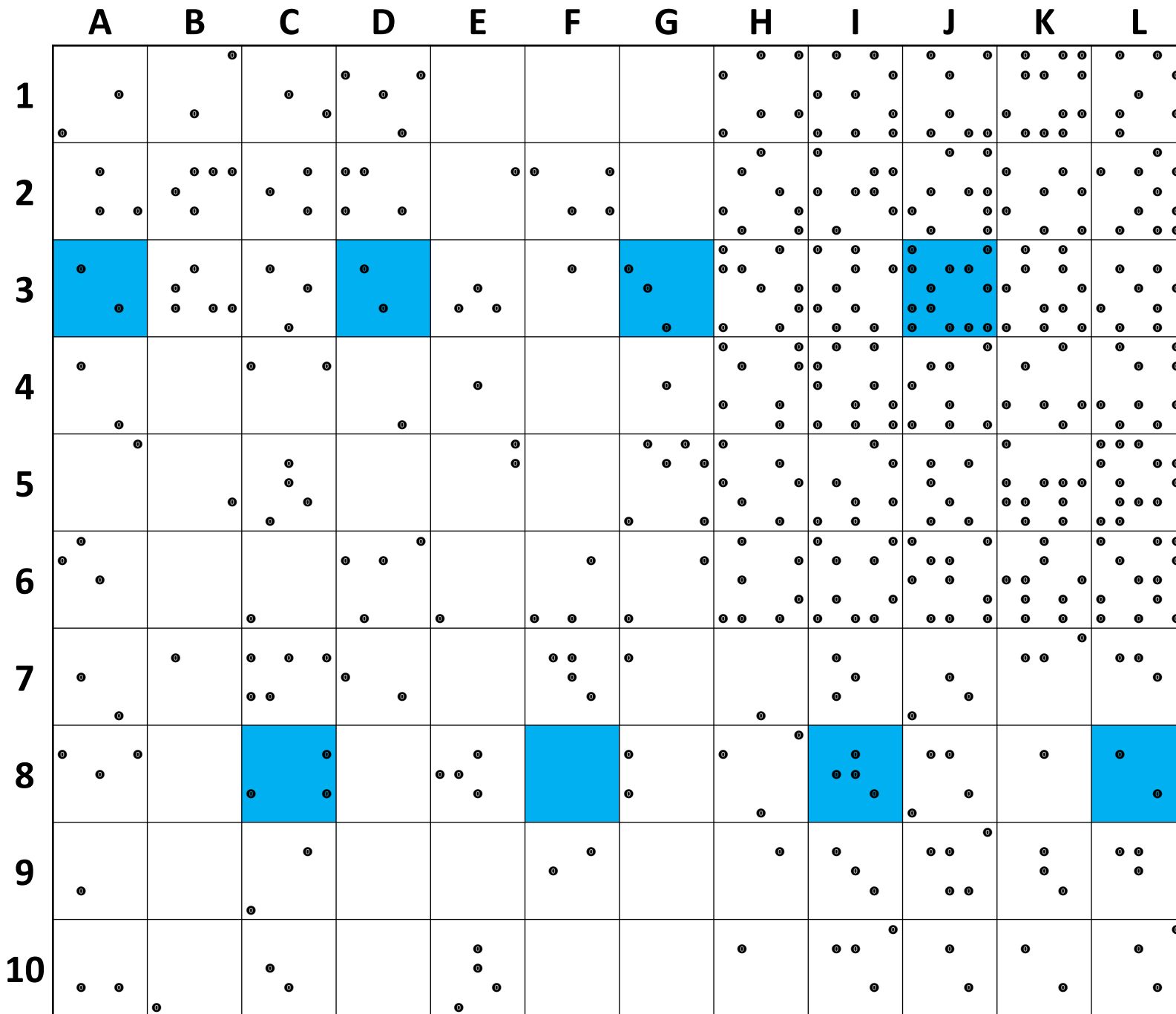
II. 2. a) - Sűrűségbecslő módszerek

Mintavételi stratégia - a mintavételi helyek kijelölése a felmériendő területen:

1 - Rendszeres mintavétel : Valamilyen eldöntött rendszer alapján jelöljük ki (pl. négyzetrács sarokpontjainál).

2 - Egyszerű véletlen mintavétel : Véletlen alapján döntjük el a mintavételi helyeket.

3 - Rétegzett véletlen mintavétel : Amennyiben a populáció eloszlása nem homogén a területen, úgy hasznos ha a területet azonos egyedsűrűségű részekre osztjuk (rétegeket hozunk létre) majd ezeken belül jelöljük ki véletlenszerűen a mintavételi helyeket.



Milyen mintavételi stratégia szerint vannak kijelölve a mintavételi egységek?

Megfelelő a számuk, a helyük? Miért?

Mennyi a minimálisan kijelölendő kvadrátok száma ezen a területen?

II. 2. - Mintavételi módszerek alapján való populációbecslés

II. 2. a) - Sűrűségbecslő módszerek

Ha a következő adatok a rendelkezésünkre állnak:

- a teljes mintavételi terület nagysága (A),
- egy kvadrát (mintavételi egység) területe (a),
- a ténylegesen felméréndő kvadrátok száma (r),
- a kijelölt kvadrátokban számolt egyedszámok (n_i),

akkor elvégezhetjük a populációnagyság, ill. a denzitás (populációsűrűség/egyedsűrűség) becslését az adott területre.

A sűrűségbecslésen alapuló egyedszámbecslés paramétereit és statisztikai eljárásait

Területekre vonatkozó adatok:

- **A** : a vizsgálati terület teljes nagysága (pl. m², ha, km², ...)
1 ha (hektár) = 10 000 m² 1 km² = 1 000 000 m² = 100 ha
- **a** : egy db kvadrát területe (pl. m², ha, km², ...)
négyzet és téglalap területe = két szomszédos oldal szorzata
kör területe = sugár * sugár * π , ahol π ≈ 3,14
- **r** : felmért kvadrátok száma
- **K** : a vizsgálati területen kihelyezhető kvadrátok maximális száma

$$K = \frac{A}{a}$$

- **A felmért terület aránya** = $\frac{\text{a felmért kvadrátok összterülete}}{\text{a vizsgálati terület teljes nagysága}} = \frac{\mathbf{a * r}}{\mathbf{A}}$
(A kapott értéket 100-zal megszorozva %-ban kapjuk meg az arányt.)

A sűrűségbecslésen alapuló egyedszámbecslés paramétereit és statisztikai eljárásait

Kvadrátokra vonatkozó adatok:

- i : a felmért kvadrátok sorszáma
- n_i : egyedek száma az i -edik kvadrátban
- n' : átlagos egyedszám a kvadrátban

$$n' = \frac{\sum_{i=1}^r n_i}{r} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + \dots + n_r}{r}$$

- $s_{n'}^2$: a kvadrátonkénti egyedszám variációját (szórásnégyzete)

$$s_{n'}^2 = \frac{\sum_{i=1}^r (n_i - n')^2}{(r - 1)} = \frac{(n_1 - n')^2 + (n_2 - n')^2 + \dots + (n_r - n')^2}{(r - 1)}$$

Kvadrátokra vonatkozó adatok:

Kvadrát sorszám	Egyedszám a kvadrátban	Átlagtól való eltérés	Az eltérés négyzete
i	n_i	$n_i - n'$	$(n_i - n')^2$
1	8	3	9
2	5	0	0
3	5	0	0
4	0	-5	25
5	6	1	1
6	6	1	1
$\Sigma =$	30		36

$$n' = 5 \quad (=30/6)$$

Minden kvadrátban átlagosan 5 db egyed található.

A kvadrátonkénti egyedszám varianciája (szórásnégyzete):

$$s_{n'}^2 = \Sigma (n_i - n')^2 / (r - 1) = 36 / (6 - 1) = \underline{\underline{7,2}}$$

A sűrűségbecslésen alapuló egyedszámbecslés paramétereit és statisztikai eljárásait

A becsült populáció nagyságra vonatkozó adatok:

- N' : a becsült populáció nagyság

$$N' = n' * K$$

- $S_{N'}^2$: a becsült populáció nagyság varianciája (szórásnégyzete)

$$S_{N'}^2 = \frac{K * (K - r)}{r} * S_n^2$$

- $S_{N'}$: a becsült populáció nagyság szórása

$$S_{N'} = \sqrt{S_{N'}^2}$$

A sűrűségbecslésen alapuló egyedszámbecslés paramétereit és statisztikai eljárásait

N' 95 %-os Konfidencia-intervalluma (a becslés pontossága)

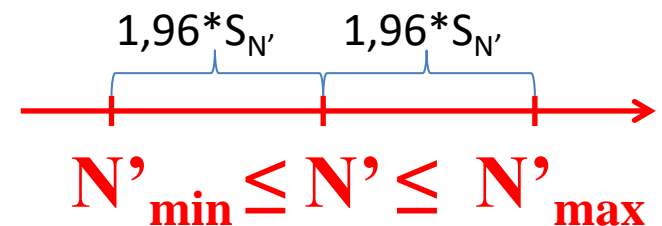
A becsült populációnagyság (N') értéke milyen intervallumban lehet 95 %-os valószínűséggel:

- N' 95 %-os Konfidencia-intervallum minimum értéke:

$$N'_{\min} = N' - \overbrace{1,96 * S_{N'}}^{\text{konfidencia-intervallum}}$$

- N' 95 %-os Konfidencia-intervallum maximum értéke:

$$N'_{\max} = N' + \overbrace{1,96 * S_{N'}}^{\text{konfidencia-intervallum}}$$



A sűrűségbecslésen alapuló egyedszámbecslés paramétereit és statisztikai eljárásait

A denzitásra (populációsűrűségre) vonatkozó adatok:

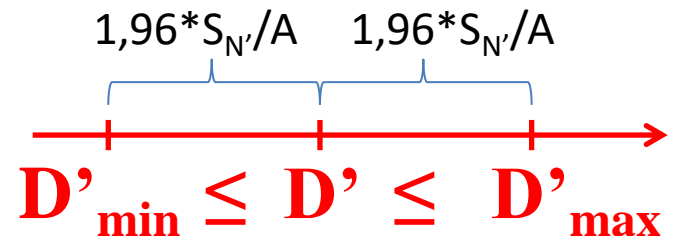
- D' : a denzitás (a populációsűrűség) becsült értéke

$$D' = N' / A$$

- Denzitás 95%-os konfidencia intervalluma (a becslés pontossága):

$$D'_{\min} = \frac{N' - 1,96 * S_{N'}}{A} = (N' - 1,96 * S_{N'})/A$$

$$D'_{\max} = \frac{N' + 1,96 * S_{N'}}{A} = (N' + 1,96 * S_{N'})/A$$



A sűrűségbecslésen alapuló egyedszámbecslés paramétereit és statisztikai eljárásait

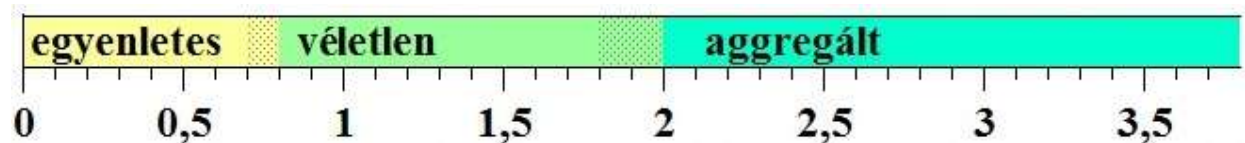
Az egyedek eloszlására vonatkozó adatok:

A kvadrátonkénti egyedszám variációjának (szórásnégyzetének) és a kvadrátokban becsült átlagos egyedszámnak a hányadosa alapján:

- Az egyedek eloszlása = $\frac{S_n'^2}{n'}$

Ha ezen hányados értéke:

- sokkal kisebb, mint 1 ($\ll 1$), akkor **egyenletes** eloszlást
- kb. 1-gyel egyenlő (≈ 1), akkor **véletlen** eloszlást
- sokkal nagyobb, mint 1 ($\gg 1$), akkor **aggregált** eloszlást feltételezhetünk.



II. 2. - Mintavételi módszerek alapján populációbecslés

II. 2. b) – Fogás-visszafogás módszer

Állatok befogása, (egyedi) jelölése, elengedése – később újra mintavételezés



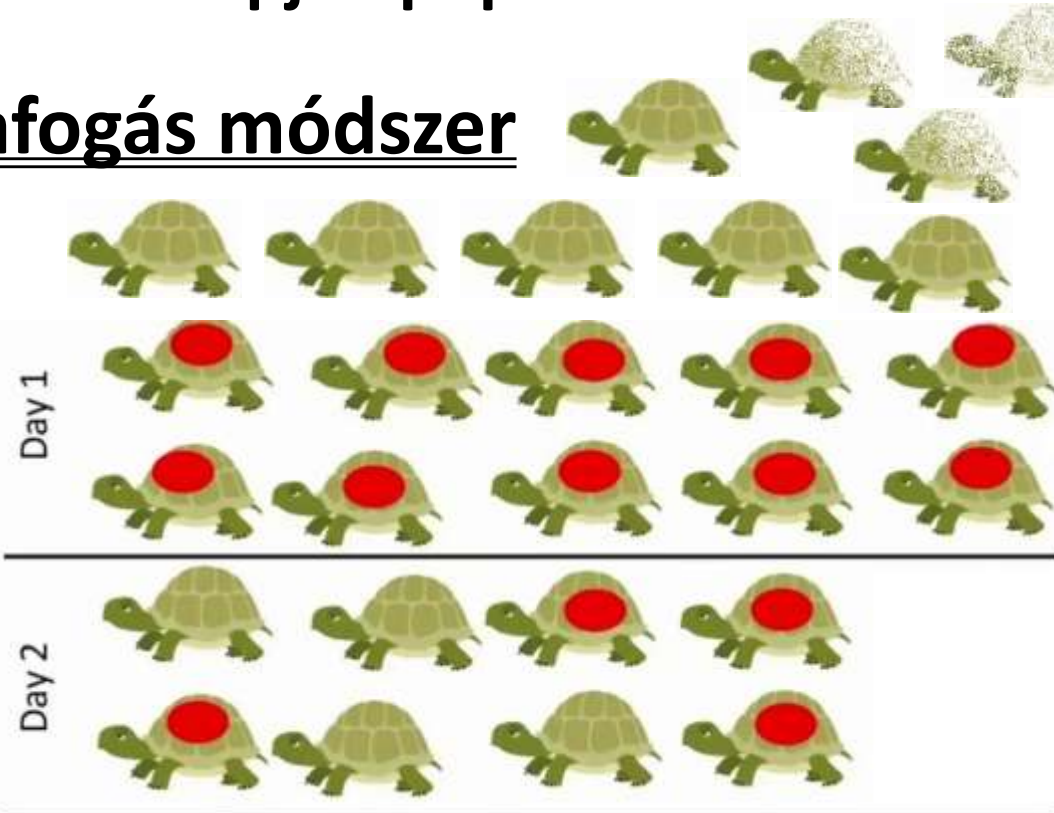
Pl. függőháló a
madarak
befogásához



II. 2. - Mintavételi módszerek alapján populációbecslés

II. 2. b) – Fogás-visszafogás módszer

Ha egy populáció egy részét (n_1) valamilyen módon megjelöljük és visszahelyezzük az eredeti populációba, majd keveredés után egy másik mintát veszünk (n_2), akkor a második mintában levő jelölt egyedek (m_2) és a 2. minta teljes egyedszáma (n_2) között ugyanaz az arány áll fenn, mint az összes jelölt egyed (n_1) és a teljes populáció (N) között. Ez alapján a teljes populáció egyedszáma kiszámítható/ megbecsülhető.



1. 10 egyed jelölése az 1. napon
2. 8 egyed befogása a 2. napon, ebből 4 már jelölt
3. Az egyedek fele jelölt a 2. mintában, tehát feltételezzük, hogy az összes egyed fele már jelölt
4. Ezért ennek a populációnak az egyedszáma: 20

$$4/8 = 10/N \rightarrow N = 20$$

II. 2. - Mintavételi módszerek alapján populációbecslés

II. 2. b) – Fogás-visszafogás módszer

Lincoln index:
$$\frac{m_2}{n_2} = \frac{n_1}{N} \quad \rightarrow \quad N = \frac{n_1 * n_2}{m_2}$$

- **N** : populáció egyedszáma
- **n₁** : első alkalommal megjelölt majd visszaengedett egyedek száma
- **n₂** : második alkalommal megfogott egyedek száma
- **m₂** : második alkalommal megfogott egyedek között a jelölt (első alkalommal megjelölt és visszafogott egyedek száma)

II. 2. - Mintavételi módszerek alapján populációbecslés

II. 2. b) – Fogás-visszafogás módszer

- N' : A becsült populáció nagyság
$$N' = \frac{n_1 * n_2}{m_2}$$
 - $S_{N'}^2$: A becsült populáció nagyság varianciája (szórásnégyzete)
$$S_{N'}^2 = \frac{n_1 * n_2 * (n_1 - m_2)^2}{m_2^3}$$
 - $S_{N'}$: A becsült populáció nagyság szórása
$$S_{N'} = \sqrt{S_{N'}^2}$$
 - N' 95 %-os Konfidencia-intervallum minimum értéke:
$$N'_{\min} = N' - 1,96 * S_{N'}$$
 - N' 95 %-os Konfidencia-intervallum maximum értéke:
$$N'_{\max} = N' + 1,96 * S_{N'}$$
- $$N'_{\min} \leq N' \leq N'_{\max}$$

Kidolgozott példák

1-3. példa : sűrűségbecslésen alapuló egyedszámbecsléshez

4. példa : fogás-visszafogás módszerén alapuló egyedszámbecsléshez

Elérhető excelben a <http://zeus.nyf.hu/~szept/kurzusok.htm> oldalon

1. Példa:

Egy **3,6 ha** nagyságú területen található **kocsányos tölgy** állomány nagyságát becsülik meg a területen random módon kihelyezett **20*20 m** nagyságú kvadrátokban végzett számlálási adatok alapján. A felmért kvadrátokban az alábbi számú tölgyet találták:

4, 0, 4, 5, 5, 0.

Becsüljük meg a kocsányos tölgy populáció nagyságát, 95%-os konfidencia-intervallumát, a denzitást és annak 95%-os konfidencia-intervallumát, és jellemezzük az egyedek eloszlását!

1. Példa megoldása - 1/5

A vizsgálati terület teljes nagysága: $A = 3,6 \text{ ha} = 36\,000 \text{ m}^2$

Egy db kvadrát területe: $a = 20\text{m} * 20\text{m} = 400 \text{ m}^2$

A felmért kvadrátok száma: $r = 6$

A kvadrátok maximális száma: $K = A / a = 36\,000 \text{ m}^2 / 400 \text{ m}^2 = 90$

A felmért kvadrátok összterülete = $r * a = 6 * 400 \text{ m}^2 = 2400 \text{ m}^2$

Felmért terület aránya =

= felmért kvadrátok összterülete / teljes vizsgálati terület =

= $r*a / A = 2400 \text{ m}^2 / 36000 \text{ m}^2 = 0,067 = 6,7\%$

A teljes terület 6,7%-a lett felmérve, ami megfelelő. (5-10% !)

1. Példa megoldása - 2/5

i	n_i	$n_i - n'$	$(n_i - n')^2$
1	4	1	1
2	0	-3	9
3	4	1	1
4	5	2	4
5	5	2	4
6	0	-3	9
$\Sigma =$	18		28

$$n' = 3 \quad (=18/6)$$

Minden kvadrátban átlagosan 3 db kocsányos tölgy található.

A kvadrátonkénti egyedszám varianciája (szórásnégyzete) :
 $s_{n'}^2 = \Sigma (n_i - n')^2 / (r - 1) =$
 $= 28 / (6 - 1) = \underline{5,6}$

1. Példa megoldása - 3/5

$$N' \text{ (becsült populációnagyság)} = n' * K = 3 * 90 = \underline{270 \text{ (egyed)}}$$

$$S_{N'}^2 \text{ (a becsült populációnagyság varianciája/szórásnégyzete)} \\ = K * (K - r)/r * s_n^2 = 90 * (90 - 6)/6 * 5,6 = 7056$$

$$S_{N'} \text{ (a becsült populációnagyság szórása)} = \sqrt{S_{N'}^2} = \sqrt{7056} = \\ = \underline{84 \text{ (egyed)}}$$

N' 95 %-os konfidencia-intervallum minimum értéke:

$$N'_{\min} = N' - 1,96 * S_{N'} = 270 - \overbrace{1,96 * 84}^{164,64 \approx 165} = \underline{105,36 \approx 105 \text{ (egyed)}}$$

N' 95 %-os konfidencia-intervallum maximum értéke:

$$N'_{\max} = N' + 1,96 * S_{N'} = 270 + \overbrace{1,96 * 84}^{164,64 \approx 165} = \underline{434,64 \approx 435 \text{ (egyed)}}$$

A becsült populációnagyság: 270 ± 165 egyed

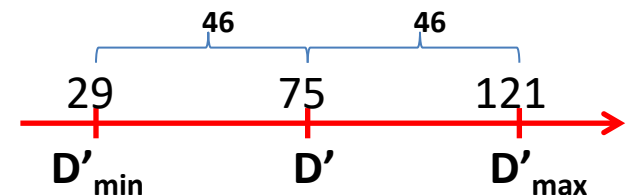
1. Példa megoldása - 4/5

$$D' \text{ (denzitás=populációsűrűség=egyedsűrűség becsült értéke)} = \\ = N'/A = 270 \text{ egyed}/36000 \text{ m}^2 = \underline{\underline{0,0075 \text{ egyed/m}^2}} = \underline{\underline{75 \text{ egyed/ha}}}$$

Denzitás 95%-os konfidencia intervalluma:

$$D'_{\min} = (N' - 1,96 * S_{N'}) / A = (270 - 1,96 * 84) / 36000 \text{ m}^2 = \\ = \underline{\underline{0,0029 \text{ egyed/m}^2}} \approx \underline{\underline{29 \text{ egyed/ha}}}$$

$$D'_{\max} = (N' + 1,96 * S_{N'}) / A = (270 + 1,96 * 84) / 36000 \text{ m}^2 = \\ = \underline{\underline{0,0121 \text{ egyed/m}^2}} \approx \underline{\underline{121 \text{ egyed/ha}}}$$



A populációsűrűség (denzitás): 75 ± 46 egyed/ha

$$\text{Eloszlás} : s_n'^2 / n' = 5,6 / 3 = \underline{\underline{1,867}}$$

A kapott érték sokkal nagyobb, mint 1 ($\gg 1$), tehát

aggregált az egyedek eloszlása.

1. Példa: válaszok - 5/5

- A kocsányos tölgy becsült **populáció nagysága**: $N' = 270$ egyed
95%-os konfidencia intervalluma:

$$N'_{\min} = 105,36 \approx 105 \text{ egyed} \quad N'_{\max} = 434,64 \approx 435 \text{ egyed}$$

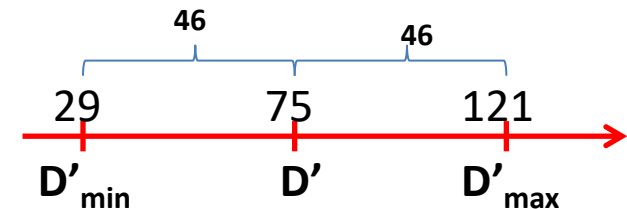
A becsült populáció nagyság: 270 ± 165 egyed

- A **denzitás=populációsűrűség** becsült értéke:
 $D' = 0,0075 \text{ egyed/m}^2 = 75 \text{ egyed/ha}$

95%-os konfidencia intervalluma:

$$D'_{\min} = 0,0029 \text{ egyed/m}^2 \approx 29 \text{ egyed/ha}$$

$$D'_{\max} = 0,0121 \text{ egyed/m}^2 \approx 121 \text{ egyed/ha}$$



A populációsűrűség (denzitás): 75 ± 46 egyed/ha

- Az eloszlásra kapott érték: **1,867**, ami sokkal nagyobb, mint 1 ($\gg 1$), tehát **aggregált az egyedek eloszlása**.

2. Példa:

Fák-cserjék felmérését végezték egy **2500 m²** nagyságú területen, a területen random módon kihelyezett **10*10 m nagyságú kvadrátok**ban végzett számlálási adatok alapján.

Az alábbi táblázat tartalmazza a felmérés összesített eredményeit:

Faj	kvadrátok azonosítója				
	A1	A6	A9	A10	A22
csíkos kecskerágó	2		1		4
egybibés galagonya	1		2		
fekete bodza	19	15	16	17	23
fehér akác	4	3	1	3	1
szil	1			2	
fehér nyár		2	6		3

Becsüljük meg a fekete bodza populáció nagyságát, annak 95%-os konfidencia-intervallumát, a populációsűrűséget és annak 95%-os konfidencia-intervallumát, és jellemezzük az egyedek eloszlását!

2. Példa megoldása - 1/5

A vizsgálati terület teljes nagysága: $A = 2500 \text{ m}^2$

Egy db kvadrát területe: $a = 10\text{m} * 10\text{m} = 100 \text{ m}^2$

A felmért kvadrátok száma: $r = 5$

A kvadrátok maximális száma

$$K = A / a = 2500 \text{ m}^2 / 100 \text{ m}^2 = 25$$

A felmért kvadrátok összterülete:

$$r * a = 5 * 100 \text{ m}^2 = 500 \text{ m}^2$$

Felmért terület aránya =

$$\begin{aligned} &= \text{A felmért kvadrátok összterülete} / \text{teljes vizsgálati terület} = \\ &= r * a / A = 500 \text{ m}^2 / 2500 \text{ m}^2 = 0,2 = 20,0\% \end{aligned}$$

A teljes terület 20%-a lett felmérve, ami bőven megfelelő.

(minimum: 5-10% !)

2. Példa megoldása - 2/5

i	n_i	$n_i - n'$	$(n_i - n')^2$
1	19	1	1
2	15	-3	9
3	16	-2	4
4	17	-1	1
5	23	5	25
$\Sigma =$	90		40

$$n' = 18 \quad (=90/5)$$

Minden kvadrátban átlagosan 18 db fekete bodza található.

A kvadrátonkénti egyedszám varianciája (szórásnégyzete):

$$s_{n'}^2 = \Sigma (n_i - n')^2 / (r - 1) = \\ = 40 / (5 - 1) = \underline{10}$$

2. Példa megoldása - 3/5

$$N' \text{ (becsült populációnagyság)} = n' * K = 18 * 25 = \underline{450 \text{ (egyed)}}$$

$$S_{N'}^2 \text{ (a becsült populációnagyság varianciája/szórásnégyzete)} = \\ = K * (K - r) / r * s_n^2 = 25 * (25 - 5) / 5 * 10 = 1000$$

$$S_{N'} \text{ (a becsült populációnagyság szórása)} = \\ = \sqrt{S_{N'}^2} = \sqrt{1000} = \underline{31,62 \text{ (egyed)}} \approx 32 \text{ egyed}$$

N' 95 %-os konfidencia-intervallum minimum értéke:

$$N'_{\min} = N' - 1,96 * S_{N'} = 450 - \overbrace{1,96 * 31,62}^{61,9752 \approx 62} \approx \underline{388 \text{ (egyed)}}$$

N' 95 %-os konfidencia-intervallum maximum értéke:

$$N'_{\max} = N' + 1,96 * S_{N'} = 450 + \overbrace{1,96 * 31,62}^{61,9752 \approx 62} \approx \underline{512 \text{ (egyed)}}$$

A becsült populációnagyság: $N' = 450 \pm 62$ egyed

2. Példa megoldása - 4/5

$$D'(\text{denzitás becsült értéke}) = N' / A = 450 / 2500 = \\ = \underline{\underline{0,18}} \text{ egyed/m}^2 = 1800 \text{ egyed/ha}$$

Denzitás 95%-os konfidencia intervalluma:

$$D'_{\min} = (N' - 1,96 * S_{N'}) / A = (450 - 1,96 * 31,62) / 2500 \text{ m}^2 = \\ = \underline{\underline{0,1552}} \text{ egyed/m}^2 \approx 1552 \text{ egyed/ha}$$

$$D'_{\max} = (N' + 1,96 * S_{N'}) / A = (450 + 1,96 * 31,62) / 2500 \text{ m}^2 = \\ = \underline{\underline{0,2048}} \text{ egyed/m}^2 \approx 2048 \text{ egyed/ha}$$

A populációsűrűség (denzitás) $D' = 1800 \pm 248$ egyed/ha

$$\text{Eloszlás} : s_{n'}^2 / n' = 10 / 18 = \underline{\underline{0,556}}$$

A kapott érték jóval kisebb, mint 1 ($\ll 1$), tehát egyenletes az egyedek eloszlás.

2. Példa válaszok: 5/5

- A fekete bodza becsült **populáció nagysága**: $N' = 450$ egyed
95%-os konfidencia intervalluma:

$$N'_{\min} = 388,019 \approx 388 \text{ egyed} \quad N'_{\max} = 511,98 \approx 512 \text{ egyed}$$

A becsült populáció nagyság: 450 ± 62 egyed

- A **denzitás=populációsűrűség** becsült értéke:
 $D' = 0,18 \text{ egyed/m}^2 = 1800 \text{ egyed/ha}$

95%-os konfidencia intervalluma:

$$D'_{\min} = 0,1552 \text{ egyed/m}^2 \approx 1552 \text{ egyed/ha}$$

$$D'_{\max} = 0,2048 \text{ egyed/m}^2 \approx 2048 \text{ egyed/ha}$$

A populációsűrűség (denzitás) $D' = 1800 \pm 248$ egyed/ha

- **Az eloszlásra kapott érték: 0,555**, ami sokkal kisebb, mint 1 ($\ll 1$), tehát **egyenletes az egyedek eloszlása.**

3. Példa:

Madarakat mérnek fel egy **0,5 km²** nagyságú területen, random módon kihelyezett **50 m sugarú kör** alakú kvadrátokban végzett számlálási adatok alapján. A felmért kvadrátokban látott és hallott madárfajok listáját a következő oldalon lehet látni.

A fajlistákból a megfelelő adatok kiválogatása után

- **becsüljük meg az erdei pinty populáció egyedszámát,**
- **annak 95%-os konfidencia-intervallumát,**
- **a denzitást és annak 95%-os konfidencia-intervallumát,**
- **és jellemezzük az egyedek eloszlását!**

3. Példa:

A madár-felmérés fajlistái

1. kvadrát

szén cinege : 2
erdei pinty : 2
barátposzáta : 1
búbos banka : 1

2. kvadrát

fekete rigó: 3
széncinege : 1
ökörszem : 1
erdei pinty : 1
barátposzáta : 2

3. kvadrát

fekete rigó : 3
széncinege : 1
erdei pinty : 1

4. kvadrát

fekete rigó : 4
barátposzáta : 2
széncinege : 1
vörösbecs : 1
erdei pinty : 3

5. kvadrát

fekete rigó : 2
széncinege : 1
örvös galamb : 3
erdei pinty : 4

6. kvadrát

fekete rigó : 2
erdei pinty : 1
zöldike : 1

7. kvadrát

fekete rigó : 2
erdei pinty : 3
barátposzáta : 1
széncinege : 1
kék cinege : 1

8. kvadrát

szén cinege : 1
barátposzáta : 1
erdei pinty : 1
fülemüle : 1

3. Példa megoldása - 1/5

A vizsgálati terület teljes nagysága: $A = 0,5 \text{ km}^2 = 500000 \text{ m}^2$

Egy db kvadrát területe (mivel a kör területe = sugár*sugár* π)

$$a = 50\text{m} * 50\text{m} * 3,14 = 7854 \text{ m}^2$$

A felmért kvadrátok száma: $r = 8$

A kvadrátok maximális száma:

$$K = A / a = 500000 \text{ m}^2 / 7854 \text{ m}^2 = 63,66 \approx 64$$

A felmért kvadrátok összterülete:

$$r * a = 8 * 7854 \text{ m}^2 \approx 62832 \text{ m}^2$$

Felmért terület aránya =

= A felmért kvadrátok összterülete/teljes vizsgálati terület =

$$= r*a / A = 62832 \text{ m}^2 / 500000 \text{ m}^2 \approx 0,126 = 12,6\%$$

A teljes terület kb. 12,6%-a lett felmérve, ami megfelelő.

(minimum: 5-10% !)

3. Példa megoldása - 2/5

i	n_i	n_i-n'	(n_i-n')²
1	2	0	0
2	1	-1	1
3	1	-1	1
4	3	1	1
5	4	2	4
6	1	-1	1
7	3	1	1
8	1	-1	1
Σ =	16		10

$$n' = 2$$

A kvadrátonkénti
egyedszám varianciája
(szórásnégyzete):

$$s_{n'}^2 = \sum (n_i - n')^2 / (r - 1) = \\ = 10 / (8 - 1) = \underline{1,429}$$

Minden kvadrátban átlagosan 2 erdei pinty található.

3. Példa megoldása - 3/5

N' (becsült populációnagyság)

$$= n' * K = 2 * 63,66 = \underline{127,32} \text{ (egyed)} \approx \underline{127} \text{ (egyed)}$$

$S_{N'}^2$ (a becsült populációnagyság varianciája/szórásnégyzete) =

$$= K * (K - r) / r * s_n^2 = 63,66 * (63,66 - 8) / 8 * 1,429 = 632,78$$

$S_{N'}$ (a becsült populációnagyság szórása) =

$$= \sqrt{S_{N'}^2} = \sqrt{632,78} = \underline{25,155} \text{ (egyed)} \approx \underline{25} \text{ (egyed)}$$

N' 95 %-os konfidencia-intervallum minimum értéke:

$$N'_{\min} = N' - 1,96 * S_{N'} = 127,32 - \overbrace{1,96 * 25,155}^{49,3038} \approx \underline{78} \text{ (egyed)}$$

N' 95 %-os konfidencia-intervallum maximum értéke:

$$N'_{\max} = N' + 1,96 * S_{N'} = 127,32 + \overbrace{1,96 * 25,155} \approx \underline{177} \text{ (egyed)}$$

3. Példa megoldása - 4/5

$$D'(\text{denzitás becsült értéke}) = N' / A = 127,32 / 500000 \text{ m}^2 = \\ = \underline{\underline{0,0002546}} \text{ egyed/m}^2 \approx \mathbf{2,5 \text{ egyed/ha} \approx 255 \text{ egyed/km}^2}$$

Denzitás 95%-os konfidencia intervalluma:

$$D'_{\min} = (N' - 1,96 * S_{N'}) / A = (127,32 - 1,96 * 25,16) / 500000 \text{ m}^2 = \\ = \underline{\underline{0,0001560}} \text{ egyed/m}^2 \approx \mathbf{1,6 \text{ egyed/ha} \approx 156 \text{ egyed/km}^2}$$

$$D'_{\max} = (N' + 1,96 * S_{N'}) / A = (127,32 + 1,96 * 25,16) / 500000 \text{ m}^2 = \\ = \underline{\underline{0,0003532}} \text{ egyed/m}^2 \approx \mathbf{3,5 \text{ egyed/ha} \approx 353 \text{ egyed/km}^2}$$

$$\text{Eloszlás} : s_{n'}^2 / n' = 1,429 / 2 = \underline{\underline{0,714}}$$

A kapott érték kb. 1-gyel egyenlő (≈ 1), tehát véletlen az egyedek eloszlása.

3. Példa válaszok: 5/5

- Az erdei pinty **populáció nagysága**: $N \approx 127$ egyed
95%-os konfidencia intervalluma:

$$N'_{\min} = 78,02 \approx 78 \text{ egyed} \quad N'_{\max} = 176,628 \approx 177 \text{ egyed}$$

A becsült populáció nagyság: 127 ± 49 egyed

- A **denzítés=populációsűrűség** becsült értéke:
 $D' = 0,0002546 \text{ egyed/m}^2 = 2,546 \text{ egyed/ha}$

95%-os konfidencia intervalluma:

$$D'_{\min} = 0,000156 \text{ egyed/m}^2 = 1,56 \text{ egyed/ha}$$

$$D'_{\max} = 0,000353 \text{ egyed/m}^2 = 3,53 \text{ egyed/ha}$$

A populációsűrűség (denzítés) $D' \approx 2,56 \pm 1$ egyed/ha

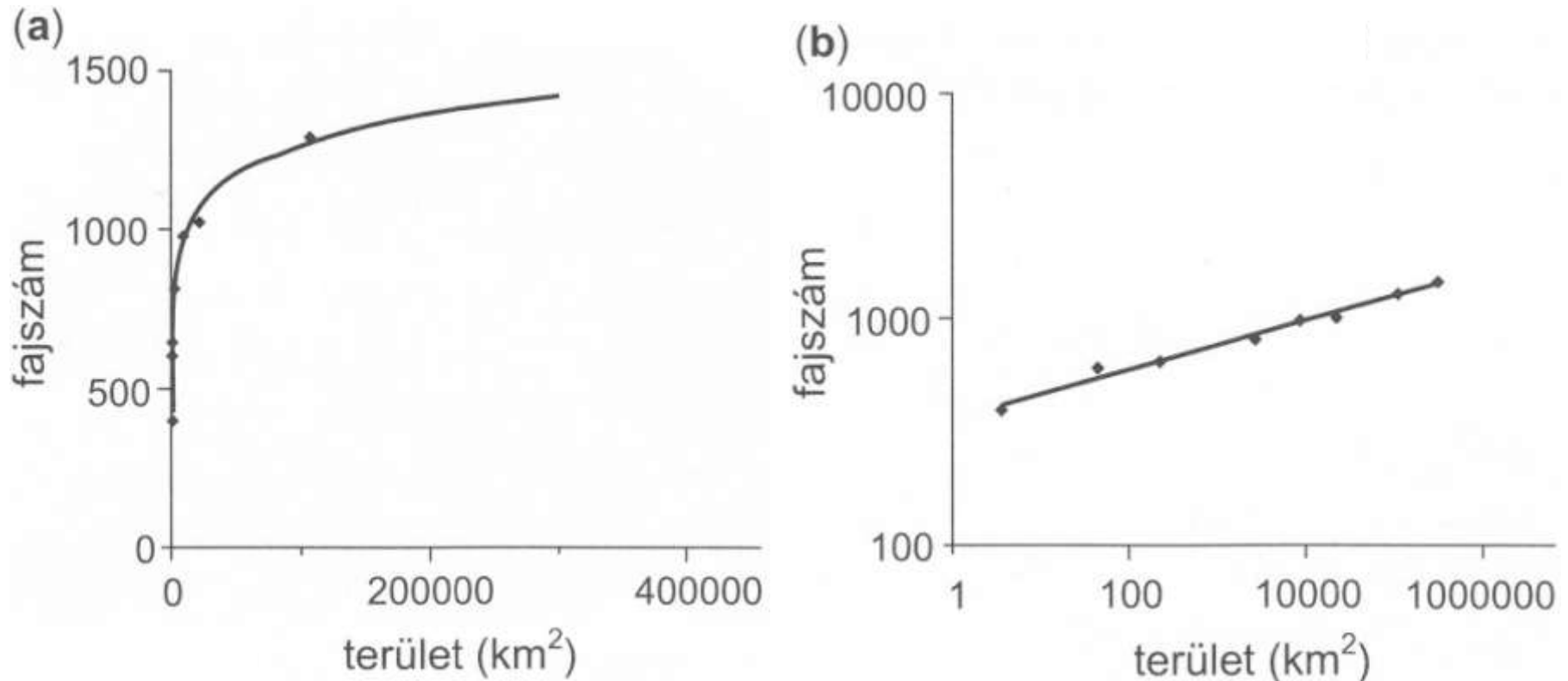
- Az eloszlásra kapott érték: **0,714**, ami kb.1-gyel egyenlő ($= 1$),
tehát **véletlen az egyedek eloszlása.**

**TÁRSULÁSOK
SZERKEZETÉNEK
JELLEMZÉSE KVANTITATÍV
MÓDSZEREKKEL**

- A társulások megismerése és tanulmányozása terepi **mintavétellel** kezdődik.
- A mintavétel
 - **célja** a terület minél alaposabb és torzításmentesebb megismerése.
 - **pontossága** az átvizsgált területi hányaddal arányos.

(A mintavételi egység nagysága és a benne talált fajok száma között ideális esetben telítési görbével leírható összefüggés van.)

A fajszám területfüggősége



1. ábra Az adatok Nagy-Britannia növényfajaiból származnak. A legkisebb munkaterület kb. 3 km²-es; 400 faj él ott. Nagyobb területen, a több tízezer km²-es Dél-Temzei tájegységben már kb. 1000 faj található, egész Nagy-Britanniában, 350 ezer km²-en pedig 1600 faj. Az **a)** grafikonon mindkét tengely lineáris. A **b)** grafikonon is ugyanezt az adatsort használtuk fel, de megváltoztattuk a tengelyek skálázását: log-log skálát alkalmaztunk. Látható, hogy ebben az ábrázolásban egy egyenest kapunk, tehát az adatsor jól illeszkedik az Arrhenius-modellhez (ROSENZWEIG 1999 nyomán)

Minimum / Minimi area

- Egy növényállomány jellemzését célzó mintavételben elvárható, hogy szinte az összes jellemző faj előforduljon a kvadrátban (rendszerint mintavételi négyzetben - vagy az állomány alakjához igazodó alakú területen). Ezt a területnagyságot nevezik **minimum / minimi areának**.
- Korábbi vizsgálatok alapján elfogadható, hogy hazánkban
 - fás (erdő) társulásokban 20x20 m-es,
 - cserjésekben 10x10 m-es,
 - gyepekben 2x2 m-es nagyságú négyzettel érdemes általában dolgozni,
 - nagy területet használó állatfajok esetében nagyobb területek (100x100m, 1x1 km, 2.5x2.5 km,...) használatosak.

TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

Mintavételi kvadrátok kijelölése



TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

A **terepjegyzőkönyvbe** a következő adatokat szükséges rögzíteni a felmért mintavételi kvadrátok esetében:

- a mintavétel dátuma
- a felvételező(k) neve(i)
- a felvétel helyének pontos földrajzi megnevezése
- a felvételi sorszám (pl. kvadrát száma/sorszáma)
- a felvételezett társulás (közelítő) megnevezése
- tengerszint feletti magasság
- a lejtőszögre, az égtáji kitettségére vonatkozó adatok
- információk az alapkőzetről és a talajról

Növények esetén a kvadrát növényzetéről becsülni kell :

- a különböző vertikális szintek összborítási százalékát (lombkorona-, cserje-, gyep-, mohaszint),
- az elkülönülő szintek magasságát,
- a fák korát, az átlagos törzsvastagságot (1.3 m–re a talajszint felett),
- összeírni a négyzeten belüli törzsszámot.

A mintavételi területeken végzett felmérés során (a kvadrát kijelölése után) a teendők a következők (1-4):

- **1 - Fajlista készítése**

- **2 - Egyedszám megállapítása**

Abundancia=egyedszám: N_i

ahol N_i : i-edik faj egyedeinek száma a területen

vagy

- **3 - Biomassza becslése**

Biomassza: B_i

ahol B_i : i-edik faj egyedeinek összömege a területen

vagy

- **4 - Borítás becslése**

Borítás: D_i

ahol D_i : i-edik faj egyedeinek borítása a vizsgált területen belül (%)

A felmérés után a teendők a következők (5-6):

- **5 - Fajok tömegviszonyának számítása**

A növénytársulások összetételének sokkal pontosabb leírását kaphatjuk, ha a fajok **tömegviszonyait** is figyelembe vesszük. Így kapható meg a **fajtextúra**, amely az állományban előforduló fajok részesedését adja meg (gyakran %-ban).

Hagyományosan használt formulák:

Relatív gyakoriság (p_i): értékét úgy adhatjuk meg, ha az N_i , B_i vagy D_i értékeket az összes faj összesített N , B , D értékeiből vett részesedésként fejezzük ki.

A fajok tömegviszonyának számítása:

- relatív gyakoriság az abundancia (egyedszám) alapján

$$p_i = (N_i / N) \quad \text{ahol } N_i : i\text{-edik faj egyedszáma,}$$

N : összegyedszám a vizsgált területen,
függetlenül a faji hovatartozástól

- relatív gyakoriság a biomassa alapján

$$p_i = (B_i / B) \quad \text{ahol } B_i : i\text{-edik faj össztömege,}$$

B : a vizsgálat területen lévő egyedek
össztömege, függetlenül a faji
hovatartozástól

- relatív gyakoriság a borítás alapján

$$p_i = D_i \quad \text{ahol } D_i : i\text{-edik faj borítási aránya, a kvadrát}$$

területének hány %-át borítják az adott
növény faj egyedei

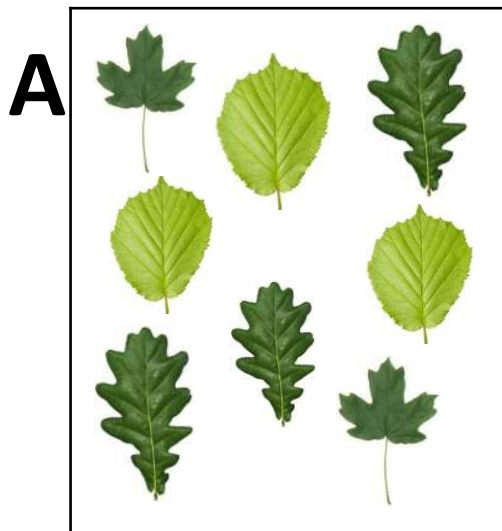
Mindhárom módszer **sajátos problémákat** vet fel:

- az egyedszám meghatározása sarjtelepes növényeknél nem lehetséges,
- a borítás és a biomassa meghatározása szubjektív hibát okozhat,
- a földfeletti növényi részekre vonatkozó adatok esetén (relatív gyakoriság abundancia alapján, borítás alapján) torzított lehet egy növényfaj társuláson belüli szerepének felméréséhez, fontos lenne a föld alatti arányok ismerete (relatív gyakoriság a biomassa alapján).

- **6 - Biológiai sokféleség mérése**
(fajszám, fajtextúra, diverzitás index, egyenletesség, mozaikosság)

- **6 - a) Fajszám (S)**

Egy társulás gazdagságát legelemibb módon a felépítő komponensek számával, vagyis a **fajszámmal** jellemezhetjük. Korán felismert hiányossága e mutatónak, hogy nem veszi figyelembe a fajok tömegességének különbségeit.

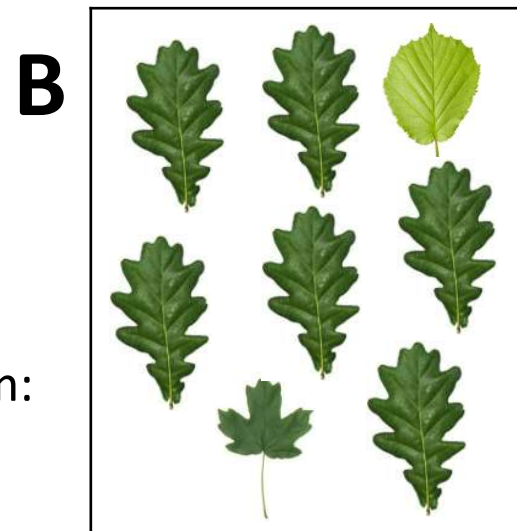


Fajszám:

S=3

Össz. egyedszám:

N=8



- 6 - b) Fajtextúra

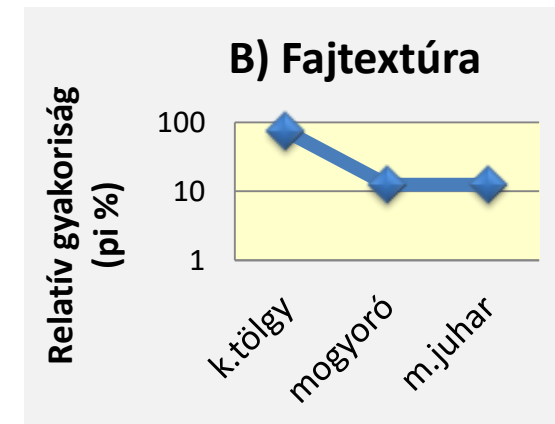
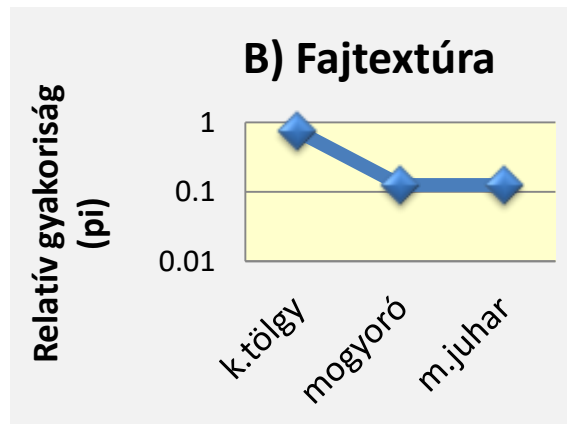
Mennyire egyenletes a fajok tömegességének az eloszlása.

Minden faj esetében megállapítjuk, hogy az öszegyedszám (v. biomassa) **hányad részét** adják, majd a **leggyakoribbtól a legritkébbig** ábrázoljuk a fajok gyakoriságát. Ehhez sorba rendezzük a fajokat gyakoriságuk alapján és a leggyakoribb fajtól a legritkébb felé haladva ábrázoljuk a gyakoriságukat úgy, hogy a gyakoriság értékeknek a **logaritmusát** tüntetjük fel az y-tengely mentén.

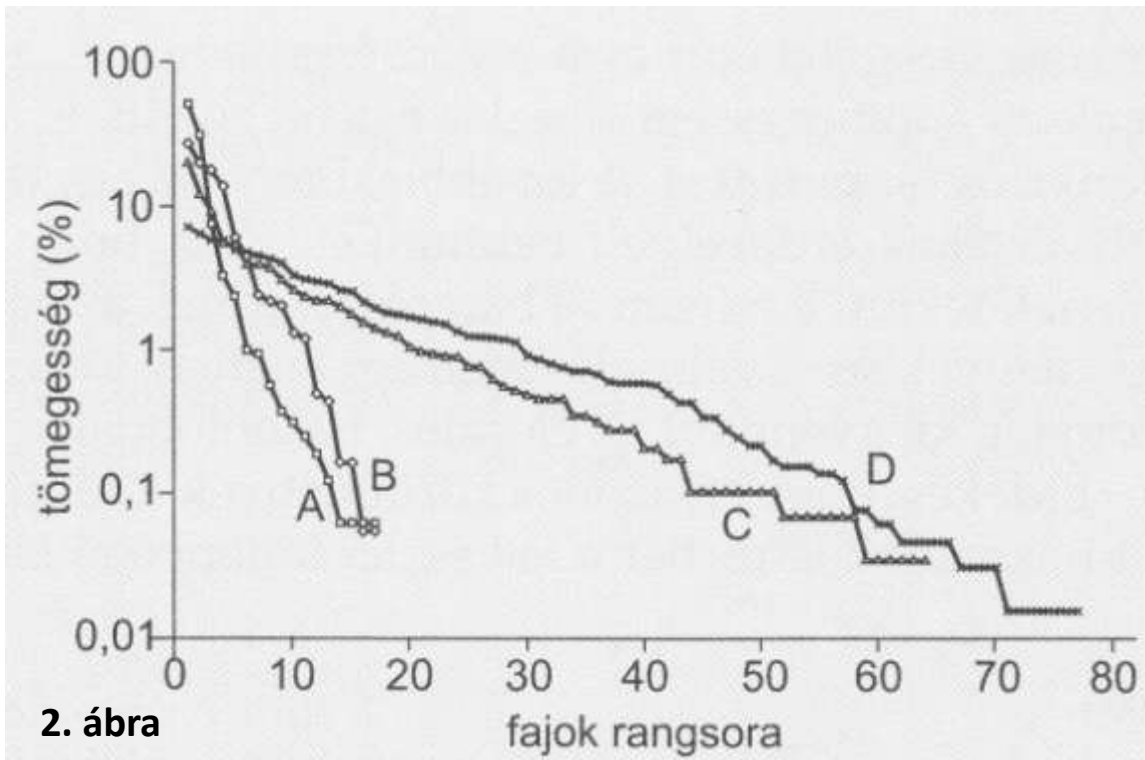
B) terület

i	Faj	N_i	$N_i/N = p_i$	$p_i(\%)$
1	k.tölgy	6	0,75	75
2	mogyoró	1	0,125	12,5
3	m.juhar	1	0,125	12,5
	ÖSSZ	8	1	100

N = 8



A fajok tömegességi sorrendje négy növénytársulásban



- A** – Nyílt homoki gyepek (Fülöpháza, Kiskunság)
- B** – Szikes puszták (Hortobágy)
- C** – Erdőssztyepprétek (Belsőbáránd, Mezőföld)
- D** – Lőszpusztagyep (Virágosvölgy, Erdélyi mezőség)

Érdekes észrevenni, hogy a függőleges tengely skálázása logaritmikus, tehát az egyes fajok tömegességei közt igen nagy különbségek vannak. A vízszintes tengely a rangot mutatja csökkenő tömegesség szerint.

- A homoki gyeptársulásban és a sziki növényzetben a fajok száma nem túl magas (kevesebb, mint 20, a vízszintes tengelyen látható). A tömegesség eloszlása erősen hierarchikus: egy-két faj nagyon gyakori, a többi ritka.
- Ezzel szemben a lőszpusztagyep és erdőssztyepprétek társulásokat jóval több faj alkotja. Sok a közepesen gyakori faj. Az összkép azt sugallja, hogy jóval kiegyenlítettebbek a fajok közti erőviszonyok.
- Az **A** és **B** közösségek élőhelyét az erős abiotikus stressz jellemzi: a vízhiány, ill. a talaj magas sótartalma és erősen lúgos kémhatása. A **C** és **D** közösségek kedvezőbb életfeltételek között, viszonylag jó vízellátottság mellett alakultak ki (BARTHA S., HORVÁTH A., RUPRECHT E. ÉS VIRÁGH K. adataiból szerkesztette VIRÁGH K.).

TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

Három alapmodell:

A: Mértani sorozat

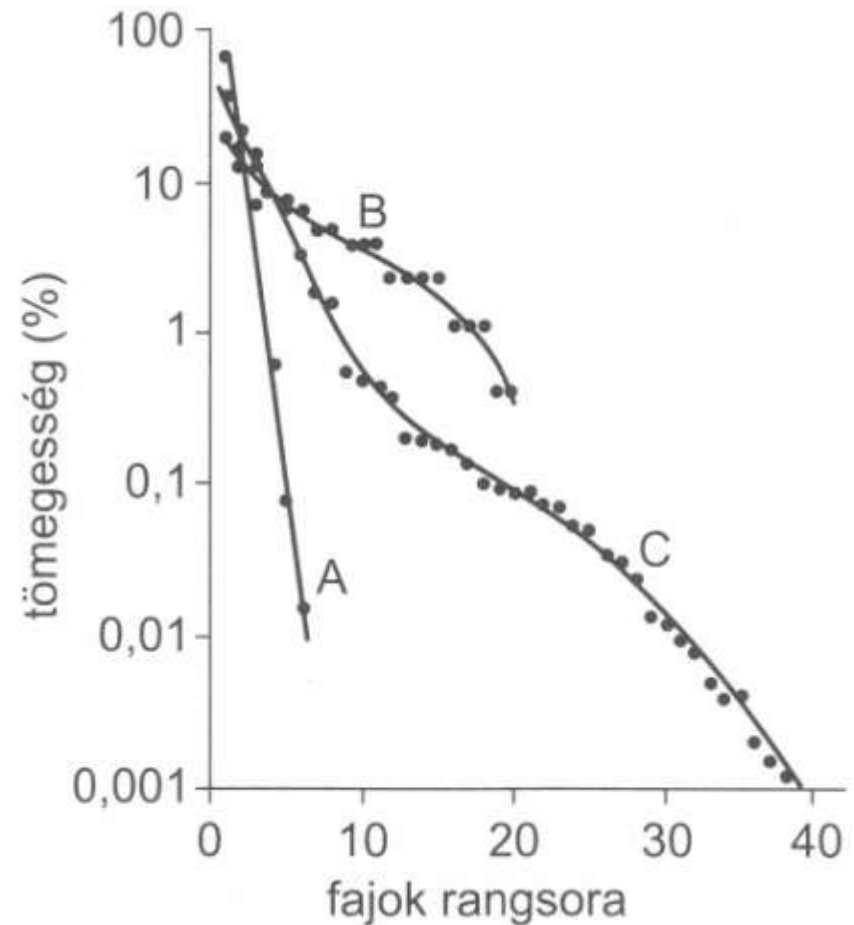
Szukcesszió korai stádiumaiban.
Dominancia sorrend, adott fajt a felette álló faj forrásfogyasztása korlátozza.

B: Törtpálca

Főként állattársulások esetében.
A fajok véletlenszerűen osztják fel maguk között a forrásokat.

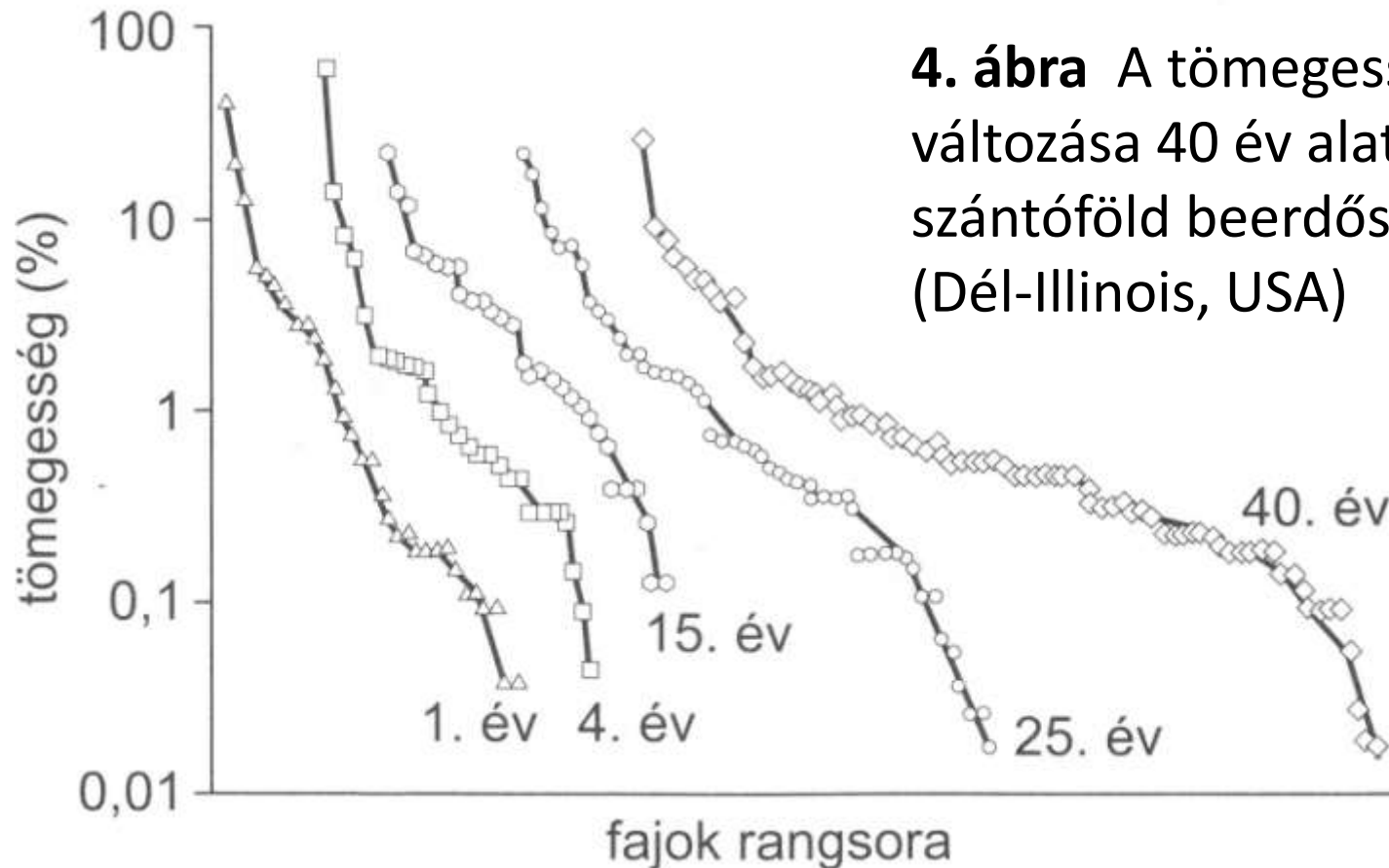
C: Lognormál

Szukcesszió késői stádiumaiban.
Hierarchikus forráselosztás, nem faji hanem fajcsoport szinten történik.



3. ábra Néhány példa az elméleti és a tapasztalati adatok illeszkedésére. (**A**) mértani sorozat modell: egy alhavasi fenyves növényfajai (Tennessee, USA), (**B**) törtpálca modell: egy kevésfajú madártársulás fajai (Nyugat-Virginia, USA), (**C**) lognormál modell: egy mérsékelt övi lombhullató erdő növényzete (Tennessee, USA), (WHITTAKER 1970 nyomán.)

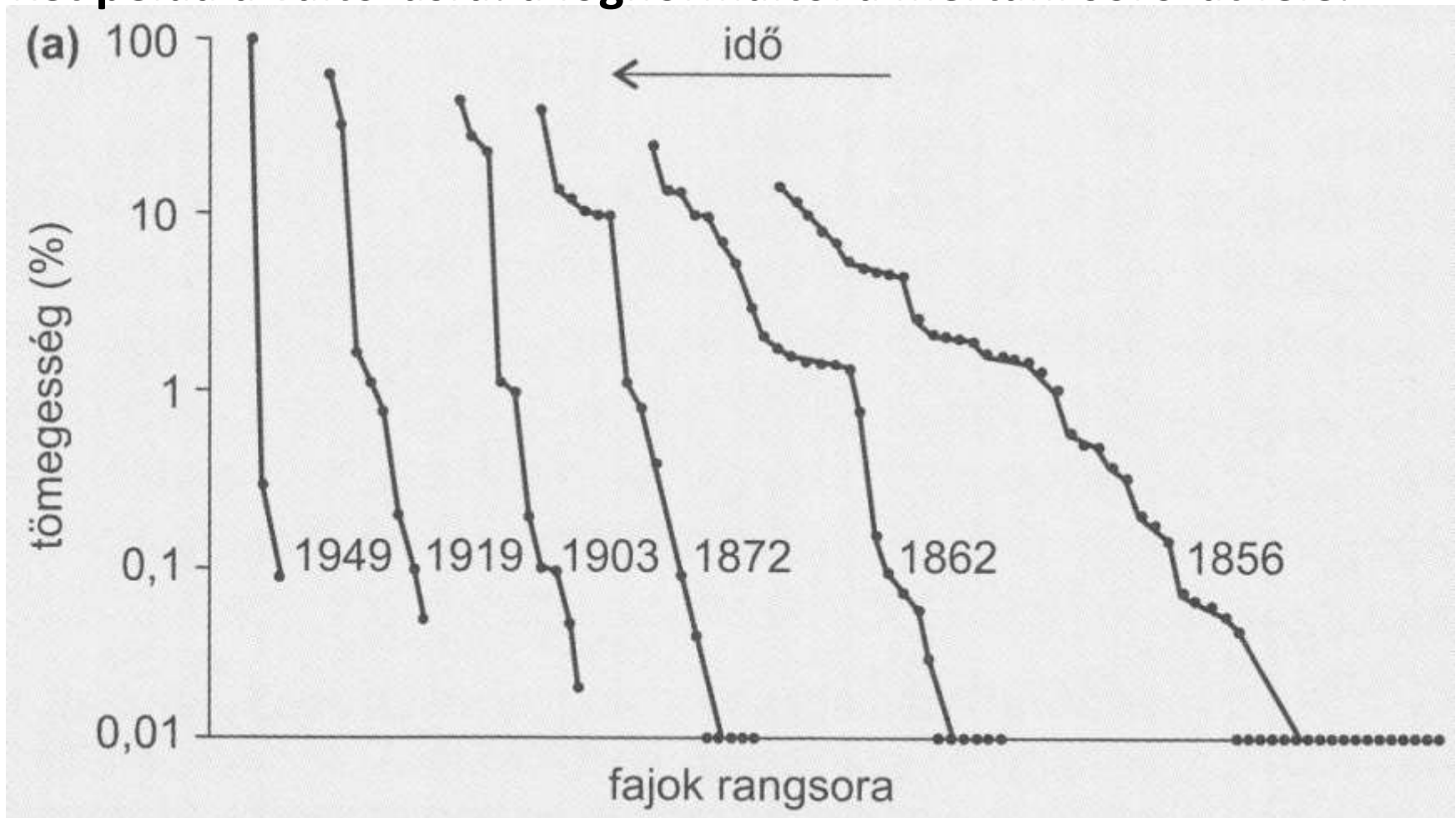
A textúra változása az adott közösség változását jelzi



4. ábra A tömegességi rangsor változása 40 év alatt, egy felhagyott szántóföld beerdősülése során (Dél-Illinois, USA)

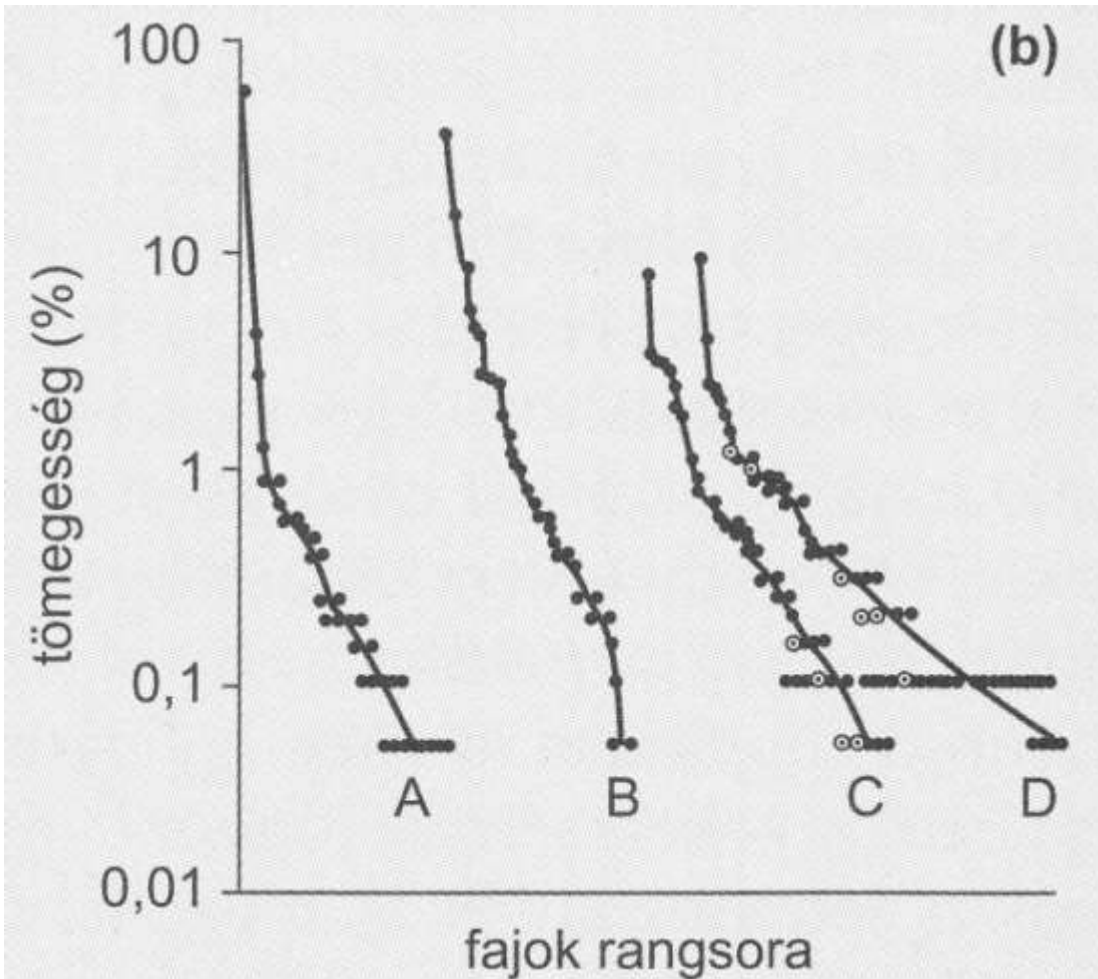
A függőleges tengelyen borítás adatok szerepelnek logaritmikus skálán. Látható, hogy a parlag szukcessziója során nő a fajszám, és egyre kiegyenlítettebbé válnak a fajok közötti tömegarányok. A korai stádiumban (első év) a mértani sorozat szerinti eloszlás jellemző. A 40 éves parlagnál már lognormál eloszlást látunk. (BAZZAZ 1975 nyomán, módosítva).

Két példa a változásra: a lognormáltól a mértani sorozat felé.



5.a) ábra Műtrágyázási kísérlet egy angliai gyeppen: a kísérleti parcellákat folyamatosan nitrogén-, foszfor- és káliumtartalmú műtrágyával kezelték. Ennek hatására drasztikusan lecsökkent a fajok száma.

Két példa a változásra: a lognormáltól a mértani sorozat felé.



- A** : a területről kizárták a legelő emlősöket
- B** : a területet erősen legeltették
- C** : a területet mérsékelten legeltették
- D** : a területet még enyhébben legeltették

Eredmények

A és B esetén: kevesebb fajszám, mértani sorozat szerinti eloszlás.

C és D esetén: magasabb fajszám, lognormál eloszlás.

5.b) ábra A legeltetés erősségének hatása egy fáslegelő fajösszetételére

- 6 - c) Diverzitás indexek

A fajszámnál kielégítőbb jellemzést adnak a faj és az egyedszám arányán alapuló diverzitás indexek, amelyeket diverzitás függvények alapján számítunk. A diverzitásfüggvények jellemző tulajdonsága, hogy **értékük növekszik a fajszámmal és az egyenletességgel is**. A leggyakrabban alkalmazott diverzitás index a Shannon-Wiener.

Shannon-Wiener diverzitás index:

$$H = - \sum_{i=1}^S (p_i * \ln p_i)$$

ahol H : a diverzitásindex jele,
 S : a közösségben felmért fajok száma,
 p_i : az i -edik faj relatív gyakorisága

(pl.: $p_i = N_i / N$)

Értéke 0 és 1 között lehet.

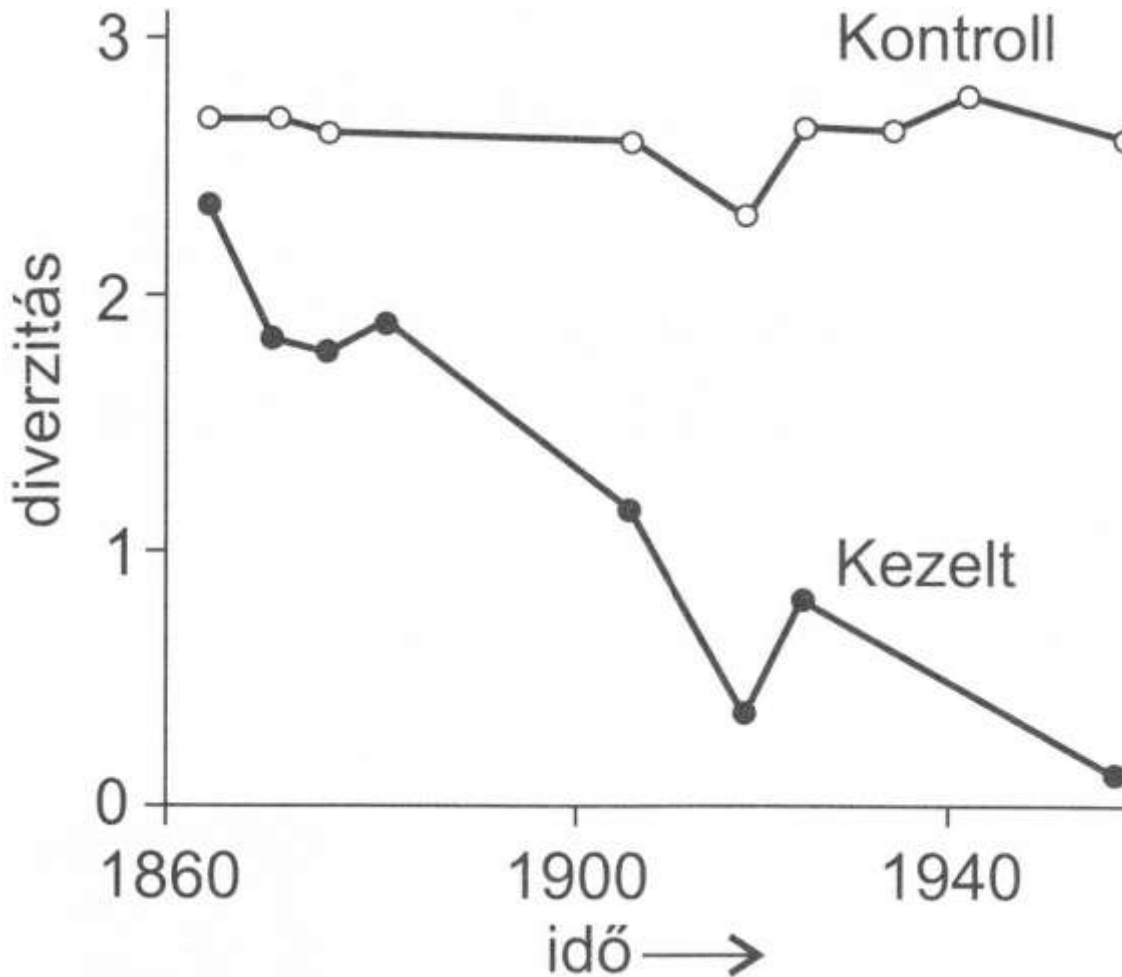
$\ln p_i$: p_i természetes alapú logaritmus.
 (mindig negatív érték lesz)

A negatív előjel arra szolgál, hogy H értéke pozitív legyen.

- **6 - c) Diverzitás indexek**

Számos más diverzitásfüggvény létezik, mindegyik másra érzékeny. A bemutatott függvény inkább a ritka fajokra érzékeny, míg van olyan diverzitásfüggvény, ami a domináns fajok egyedszámára. Ezért fordulhat elő, hogy két társulás diverzitását rangsorolva ellentmondó eredményre juthatunk a használt diverzitásfüggvények eltérő érzékenységei miatt. Napjainkban a különböző közösségek diverzitásának összehasonlításakor a diverzitás rendezés számítógépes módszerét alkalmazzák.

Fajtextúra - diverzitás index



6. ábra A Shannon-diverzitás változása az **5.a)** ábrán bemutatott gyepleromlás során. Látható, hogy a kezelt, túlműtrágyázott gyepliben idővel erősen csökken a diverzitás: szegényedik a gyeplé. (Már az **5.a)** ábrán is megfigyelhető, amint csökken a fajszám, és döntő többségre jut egyetlen faj.) A kontroll területeken viszont a kezdeti diverzitás – kisebb ingadozásokkal – megmarad (TILMAN 1982 nyomán).

- **6 - d) Egyenletesség**

Az *egyenletesség* (evenness = E) kifejezi, hogy a társulásban az összegyedszám (ill. borítás, biomassza) mennyire egyenletesen oszlik meg a fajok között. **Értéke mindig 0 és 1 közé esik.**

Számítása: $E = H/H_{max}$

ahol H : az aktuális diverzitás,

H_{max} : az adott fajszám melletti maximális diverzitás.

$$H_{max} = -\sum_{i=1}^S (1/S) * \ln(1/S)$$

ahol S : a csoportot alkotó fajok száma,

$\ln(1/S)$: $1/S$ természetes alapú logaritmus.

$$H_{max} \geq H$$

Azonos fajszámú társulások közül az a diverzebb, amelyiknek nagyobb az egyenletessége.

- 6 - e) Mozaikosság

A fajok térbeli eloszlása mennyire egyenletes ill. mozaikos a területen.

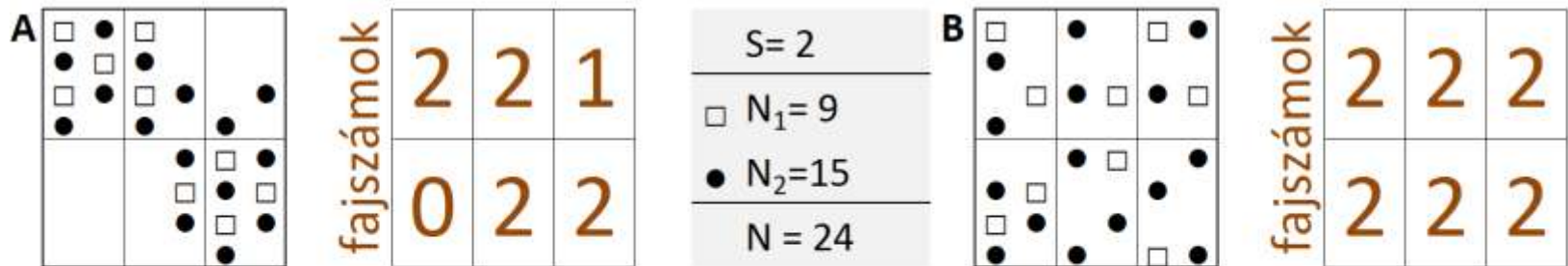
$$\text{Whittaker index : } \beta_w = \frac{S}{\text{átlag}(S_{kvad})} - 1$$

ahol S : a fajok száma a teljes területen,

$\text{átlag}(S_{kvad})$: a felmért kvadrátokban számolt átlagos fajszám

Minél mozaikosabb egy terület, annál nagyobb β_w értéke (azonos fajszám és azonos fajonkénti egyedszám esetén).

β_w értéke 0 és $(r-1)$ között lehet, ahol r a felmért kvadrátok száma.



$S=2$ $\text{átlag}(S_{kv})=9/6= 1,5$

$\beta_w= 2/1,5-1=0,333$

$S=2$ $\text{átlag}(S_{kv})=12/6= 2$

$\beta_w= 2/2-1=0$

FONTOS

A közösségek diverzitásának elemzése, összehasonlítása során azonban körültekintően kell eljárni a számítások során nyert eredményekkel.

A közösséget alkotó fajok jelentősége eltérő, amely nagymértékben befolyásolja az adott közösség természetes diverzitásának megítélését.

Például a **nem honos** és **invazív fajok** növelik a fajszámot, azonban az adott közösség természetes diverzitása szempontjából **kedvezőtlenek**, amely körülményt figyelembe kell venni a közösségek elemzése, összehasonlítása során.

Az erdők természetességének megítélésekor egyéb kritériumokat is érdemes figyelembe venni (pl.: faállomány/cserjeszint/gyepszint/újulat összetétele és szerkezete, holtfa, termőföld, vadhatás).

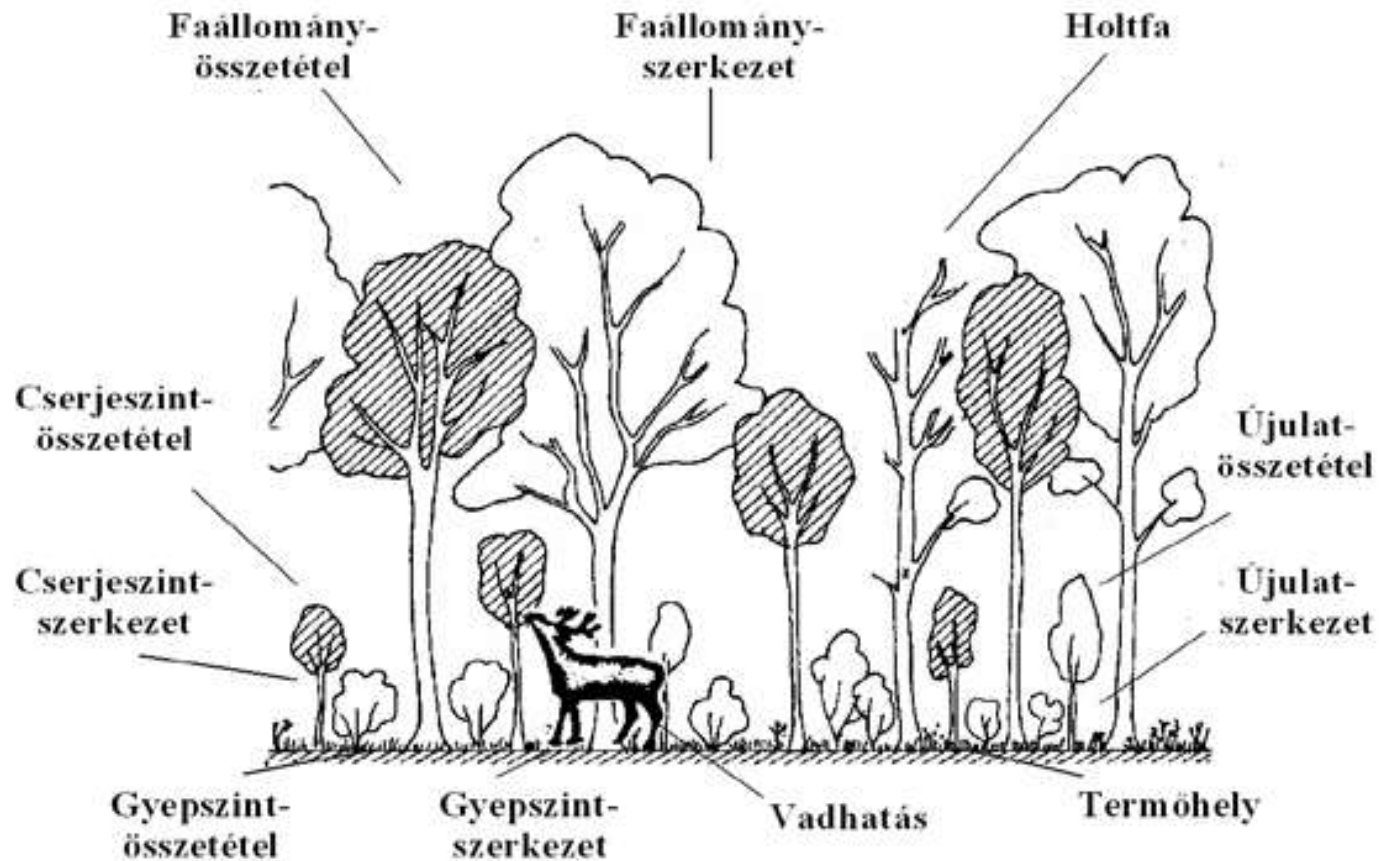
TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

A Sóstói erdőben elforduló leggyakoribb cserje- és fafajok, valamint azok jellemzői.

X-szel jelölve a Magyarországon nem honos (betelepített), invazív, illetve nitrofil fajok.

Magyar név	Latin név	nem honos	invazív	nitrofil
Bálványfa	<i>Ailanthus altissima</i>	X	X	
Bibircses nyír	<i>Betula pendula</i>			
Borostyán	<i>Hedera helix</i>			
Csíkos kecskerágó	<i>Euonymus europaeus</i>			
Egybibés galagonya	<i>Crataegus monogyna</i>			
Erdei fenyő	<i>Pinus sylvestris</i>	X		
Fehér akác	<i>Robinia pseudoacacia</i>	X	X	
Fehér nyár	<i>Populus alba</i>			
Fekete bodza	<i>Sambucus nigra</i>			X
Gyepűrózsa	<i>Rosa canina</i>			
Hárs	<i>Tilia sp</i>			
Hegyi juhar	<i>Acer pseudoplatanus</i>			
Juharlevelű platán	<i>Platanus hybrida</i>	X		
Kései meggy	<i>Padus serotina / Prunus serotina</i>	X	X	
Kocsányos tölgy	<i>Quercus robur</i>			
Korai juhar	<i>Acer platanoides</i>			
Madárcseresznye	<i>Cerasus avium / Prunus avium</i>			
Mezei juhar	<i>Acer campestre</i>			
Mogyoró	<i>Corylus avellana</i>			
Nyugati ostorfa	<i>Celtis occidentalis</i>	X	X	
Szil	<i>Ulmus sp</i>			
Tatár juhar	<i>Acer tataricum</i>			
Vörös tölgy	<i>Quercus rubra</i>	X		
Zöld juhar	<i>Acer negundo</i>	X	X	

TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL



Az erdő természetességi kritériumként figyelembe vett elemei

(forrás: WWF füzetek 27. -

Bartha Dénes és Gálhidy László: A magyarországi erdők természetessége)

Az erdők természetességét növelő tényezők

(forrás: WWF füzetek 27. -

Bartha Dénes és Gálhidy László:

A magyarországi erdők természetessége)

A faállomány faji összetételének sajátosságai

A természetességet növeli, ha

- uralkodók benne az adott termőhelyre jellemző klimax fafajok (de ennek hiánya nem feltétlenül csökkenti a természetességet);
- megjelennek benne az elegyfajok, amik a természetes bolygatásokhoz, illetve termőhelyi mozaikossághoz kötődnek (az elegyfajok optimális aránya termőhelyenként, erdőtípusokként és szukcesszionális stádiumonként változó, esetenként uralkodók is lehetnek, pl. pionír fafajok lékekben);
- idegenhonos fafajok hiánya;
- őshonos, de termőhelyidegen fafajok hiánya.

TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

A faállomány szerkezeti sajátosságai

A természetességet növeli, ha

- az élő fák :
 - vegyes kor- és méreteloszlást mutatnak;
 - jelen vannak az állomány koránál jóval idősebb egyedek;
 - jelen vannak több száz éves famatuzsálemek;
 - alakja változatos, az állományban ferde, villás stb. alakú fák is jelen vannak a sudár fák mellett;
- az élő fák között vannak száradó és odvas fák;
- a felső lombkoronaszint nem teljesen zárt, abban kisebb-nagyobb lécek jelennek meg;
- a holt faanyagban megtalálhatók álló holt fák, facsonkok;
- az álló holt fák között vannak vastag facsonkok, kiszáradt fák (felső lombkoronaszint egykori idős egyedei), az alászorult vékonyabb faegyedek mellett;
- az erdő talaján fekvő holt faanyag található;
- a fekvő holt faanyagban nem csak letört ágak, hanem vastagabb törzsek is megjelennek;
- a holt faanyagban a korhadás minden stádiuma egy időben megtalálható.

TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

A cserjeszint faji összetételének sajátosságai

A természetességet növeli, ha

- jelen vannak az adott erdőtípusra jellemző cserjefajok, melyek közt nincs aránytalan eltolódás valamely faj javára;
- az idegenhonos, illetve termőhelyidegen cserjefajok hiányzanak.

4 - A cserjeszint szerkezeti sajátosságai

A természetességet növeli, ha

- a cserjék között több kor- és méretosztály jelenik meg;
- a cserjeszint borítása a biotikus és abiotikus feltételeknek megfelelően térben heterogén (pl. lékekben, fellazult foltokban borításuk megnő);
- a cserjeszintben nem figyelhető meg a vad rágásának, ember általi eltávolításának drasztikus nyoma.

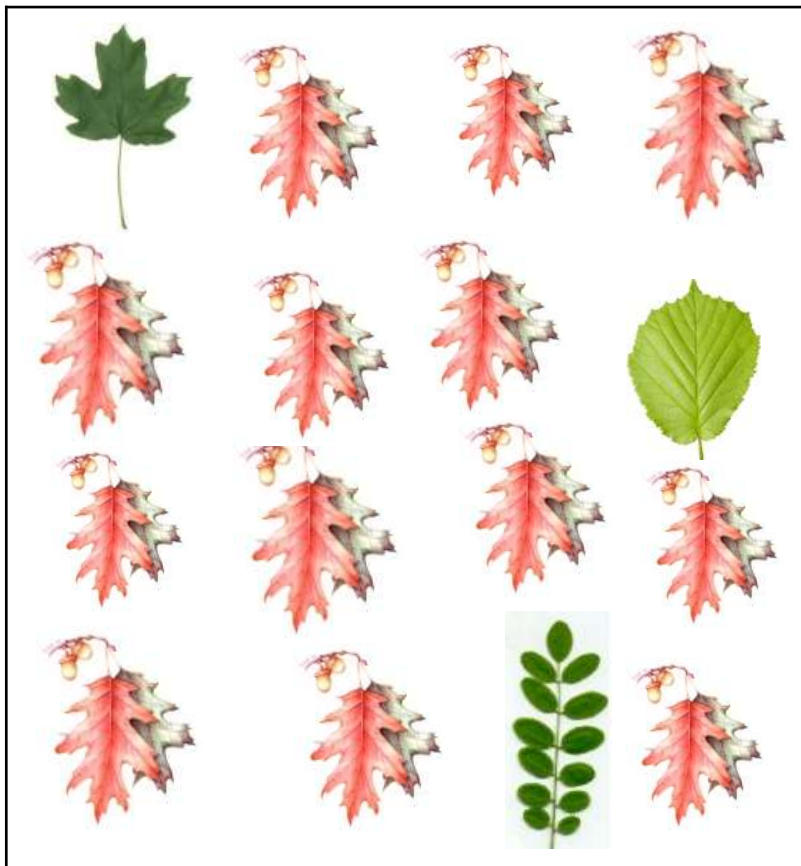
Példák

Egyéb számításos példa feladatok (Excel-ben) a kurzusinformációk honlapon a következő file-ban elérhetők:

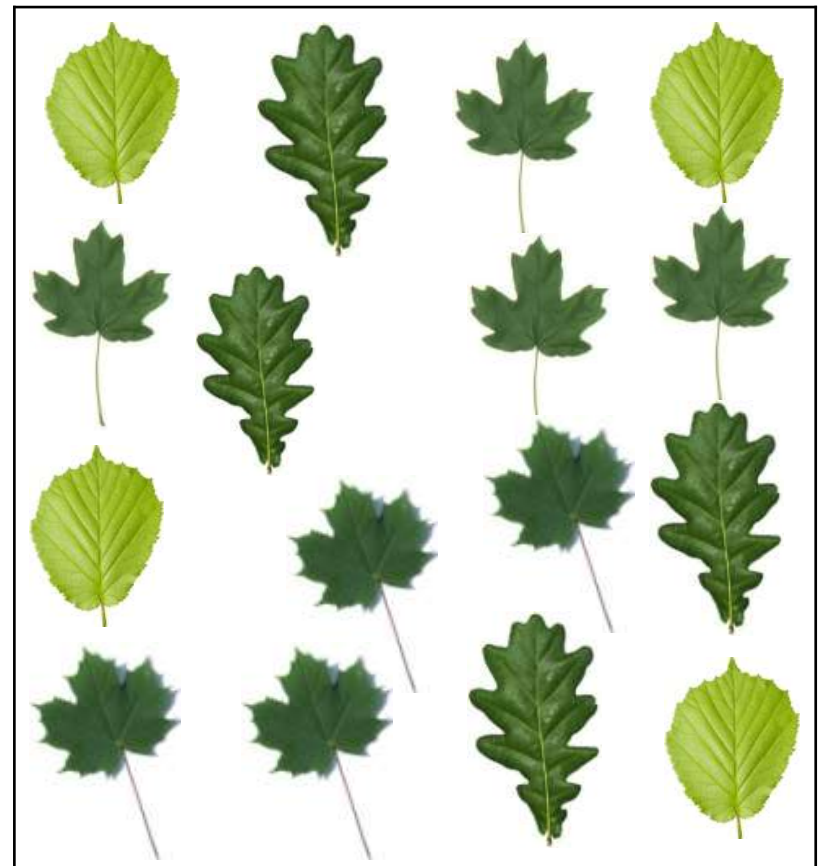
- kozosseg_pelda1.xls
- kozosseg_pelda2.xls (példaként más függvényeket is alkalmaz a számításokhoz az 1-es példához képest)

1. Példa : Melyik a diverzebb terület? Számítással igazoljuk sejtésünket! (fajszám: S, diverzitás-index: H, egyenletesség: E, fajtextúra grafikon)

A) terület



B) terület



1. Példa - Számítás:

$$p_i = N_i / N$$

$$H = -\sum_{i=1}^S (p_i * \ln p_i)$$

$$H_{\max} = -\sum_{i=1}^S (1/S) * \ln(1/S)$$

A) terület

A) terület			H számítása		
i	Faj	N _i	p _i	ln p _i	p _i * ln p _i
1	mezei juhar	1	0,06	-2,8	-0,173
2	vörös tölgy	13	0,81	-0,2	-0,169
3	mogyoró	1	0,06	-2,8	-0,173
4	fehér akác	1	0,06	-2,8	-0,173
össz		16	1		-0,689

S= 4

H= 0,689

N= 16

H _{max} számítása		
1/S	ln 1/S	1/S * ln 1/S
0,25	-1,4	-0,34657
0,25	-1,4	-0,34657
0,25	-1,4	-0,34657
0,25	-1,4	-0,34657
össz		-1,38629

H_{max}= 1,38629

E= 0,4967

1. Példa - Számítás:

$$p_i = N_i / N$$

$$H = - \sum_{i=1}^S (p_i * \ln p_i)$$

$$H_{\max} = - \sum_{i=1}^S (1/S) * \ln(1/S)$$

B) terület

B) terület			H számítása		
i	Faj	N _i	p _i	ln p _i	p _i * ln p _i
1	mogyoró	4	0,25	-1,39	-0,3466
2	mezei juhar	4	0,25	-1,39	-0,3466
3	kocsányos tölgy	4	0,25	-1,39	-0,3466
4	korai juhar	4	0,25	-1,39	-0,3466

össz 16 **1** **-1,3863**

S= 4 H= 1,3863

N= 16

H _{max} számítása		
1/S	ln 1/S	1/S * ln 1/S
0,25	-1,39	-0,346574
0,25	-1,39	-0,346574
0,25	-1,39	-0,346574
0,25	-1,39	-0,346574

1 **-1,386294**

H_{max}= 1,386294

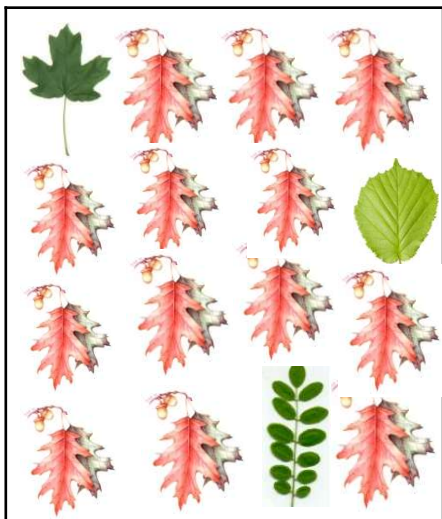
E= 1

1. Példa - Számítás:

$$p_i = N_i / N$$

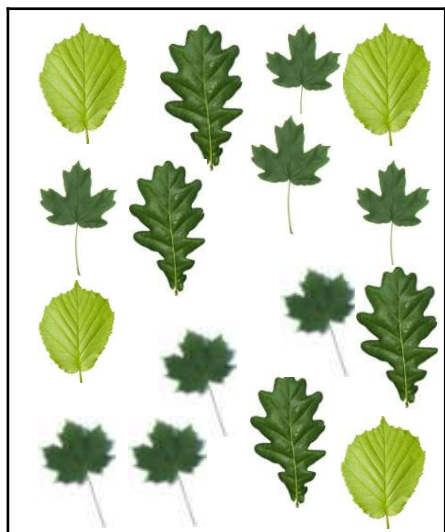
$$H = -\sum_{i=1}^S (p_i * \ln p_i)$$

$$H_{\max} = -\sum_{i=1}^S (1/S) * \ln(1/S)$$



A) terület			H számítása		
i	Faj	N _i	p _i	ln p _i	p _i * ln p _i
1	mezei juhar	1	0,0625	-2,77	-0,173
2	vörös tölgy	13	0,8125	-0,21	-0,169
3	mogyoró	1	0,0625	-2,77	-0,173
4	fehér akác	1	0,0625	-2,77	-0,173
össz		16	1		-0,689
		S = 4	H = 0,689		
		N = 16			

H _{max} számítása		
1/S	ln 1/S	1/S * ln 1/S
0,25	-1,39	-0,346574
0,25	-1,39	-0,346574
0,25	-1,39	-0,346574
0,25	-1,39	-0,346574
1		-1,386294
		H_{max} = 1,386294
		E = 0,496696



B) terület			H számítása		
i	Faj	N _i	p _i	ln p _i	p _i * ln p _i
1	mogyoró	4	0,25	-1,39	-0,347
2	mezei juhar	4	0,25	-1,39	-0,347
3	kocsányos tölgy	4	0,25	-1,39	-0,347
4	korai juhar	4	0,25	-1,39	-0,347
össz		16	1		-1,386
		S = 4	H = 1,386		
		N = 16			

H _{max} számítása		
1/S	ln 1/S	1/S * ln 1/S
0,25	-1,39	-0,346574
0,25	-1,39	-0,346574
0,25	-1,39	-0,346574
0,25	-1,39	-0,346574
1		-1,386294
		H_{max} = 1,386294
		E = 1

1. Példa - Fajtextúra grafikon készítése az A) területhez

A) terület

i	Faj	N_i	p_i
1	mezei juhar	1	0,063
2	vörös tölgy	13	0,813
3	mogyoró	1	0,063
4	fehér akác	1	0,063
össz		16	1

S= 4

N= 16

Rendezés



Diagram beszúrása

Diagram formázása

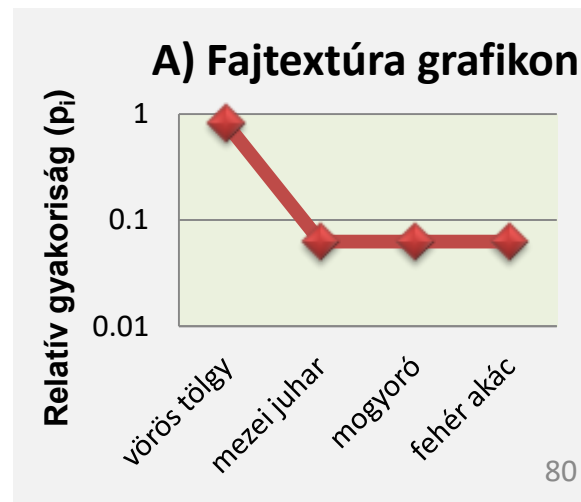
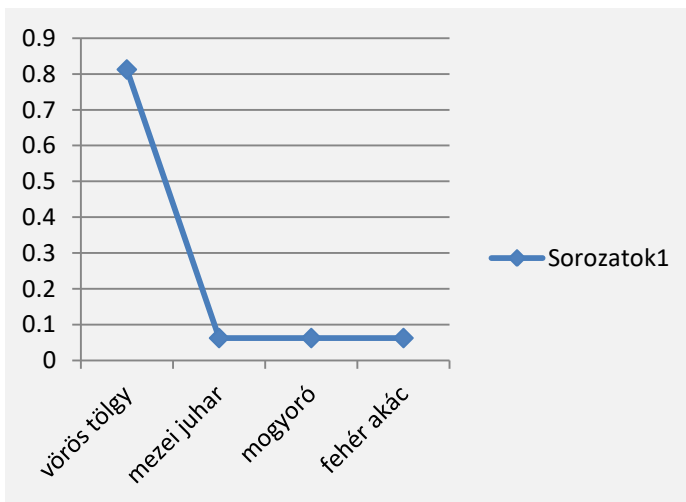
- Rendezni az excel-táblázat adatsorait p_i szerint **csökkenő** sorrendbe
- Kijelölni a **fajneveket** és hozzá tartozó p_i vagy $p_i(\%)$ értékeket egyszerre
- Beszúrás - **Vonal diagram**
- A diagramterület kijelölése után - **Tervezés - Diagramelrendezés** : beállítható a megfelelő elrendezés és lehet a diagramcím, tengelycím szövegét is módosítani, letörölni a felesleges feliratot.
- Függőleges tengely kijelölése – **Tengely formázása** → **logaritmikus skála**
Vízszintes-tengely metszéspontja: Ezen értéknél (általában : **0,01** vagy **0,001** értéket adunk meg - kisebbet, mint a legkisebb p_i)
- Diagramterület, rajzterület, tengelyek további formázása is lehetséges (pl.: cím, tengely cím, betűtípus, betűszín, beállítható a jelölő vonal színe, stílusa, ...)

A) terület

i	Faj	N_i	p_i
2	vörös tölgy	13	0,813
1	mezei juhar	1	0,063
3	mogyoró	1	0,063
4	fehér akác	1	0,063
össz		16	1

S= 4

N= 16



1. Példa - Fajtextúra grafikon a B) területhez

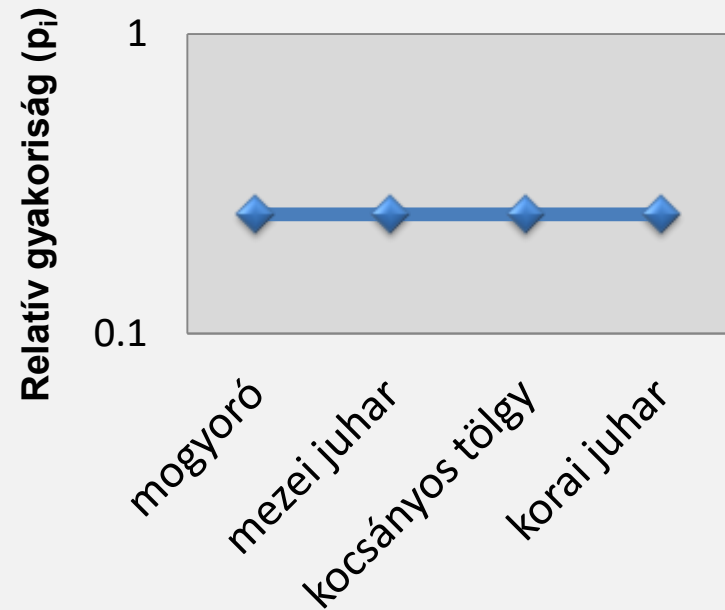
B) terület

i	Faj	N_i	p_i
1	mogyoró	4	0,25
2	mezei juhar	4	0,25
3	kocsányos tölgy	4	0,25
4	korai juhar	4	0,25
össz		16	1

$$S = 4$$

$$N = 16$$

B) Fajtextúra grafikon



1. Példa - A két erdőrésztlet összehasonlítása

	A)		B)
fajszámok:	$S_A = 4$	=	$S_B = 4$
egyedszámok:	$N_A = 16$	=	$N_B = 16$
diverzitás index:	$H_A = 0,689$	<	$H_B = 1,386$
egyenletesség:	$E_A = 0,497$	<	$E_B = 1,000$
invazív fajok száma:	1 faj		0 faj
invazív egyedek száma:	1 egyed		0 egyed
invazív egyedek aránya (%):	6,25%		0%
nem őshonos fajok:	1 faj		0 faj
nem őshonos egyedek:	13 egyed		0 egyed
nem őshonosok aránya (%):	81,25%		0%

Mindkét területen ugyanannyi faj és ugyanannyi egyed található. Azonban a B) területnél jóval nagyobb a diverzitásindex és az egyenletesség is. Csak őshonos fajok találhatók a B) területen, míg az A)-nál 81,25% a nem őshonos fajok + 6,25% az invazív fajok aránya. Ezek alapján a B) diverzebb és természetesebb terület.

TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

2. Példa

Hasonlítsuk össze a két erdőrészt a fajtextúra grafikonjaik alapján!

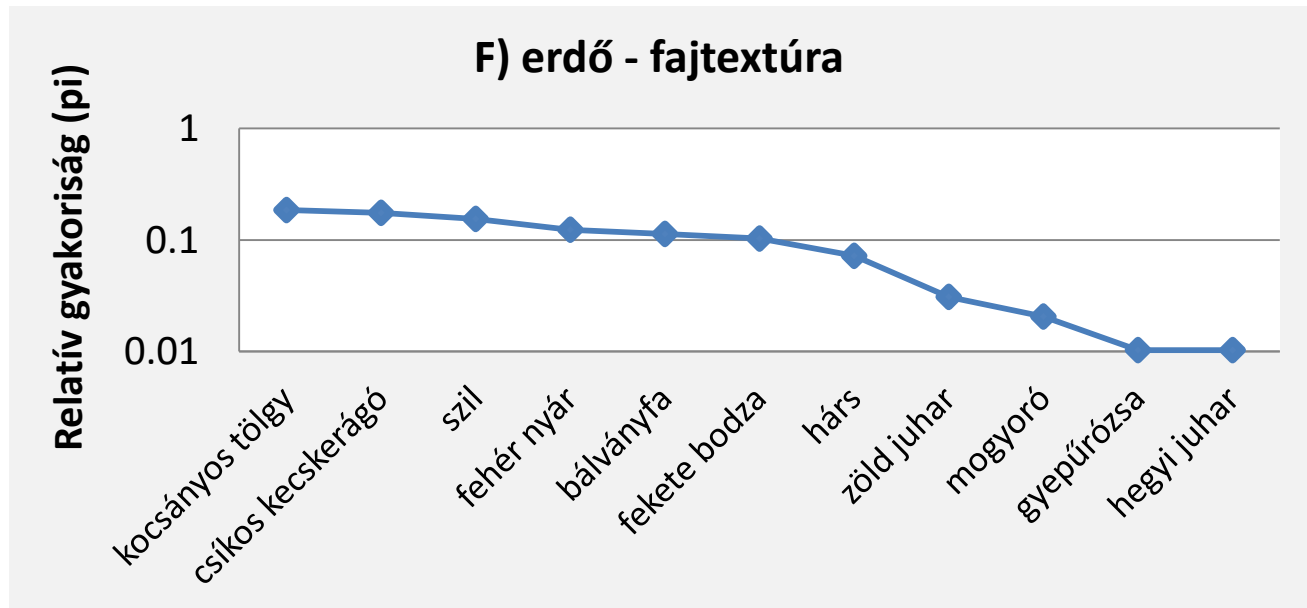
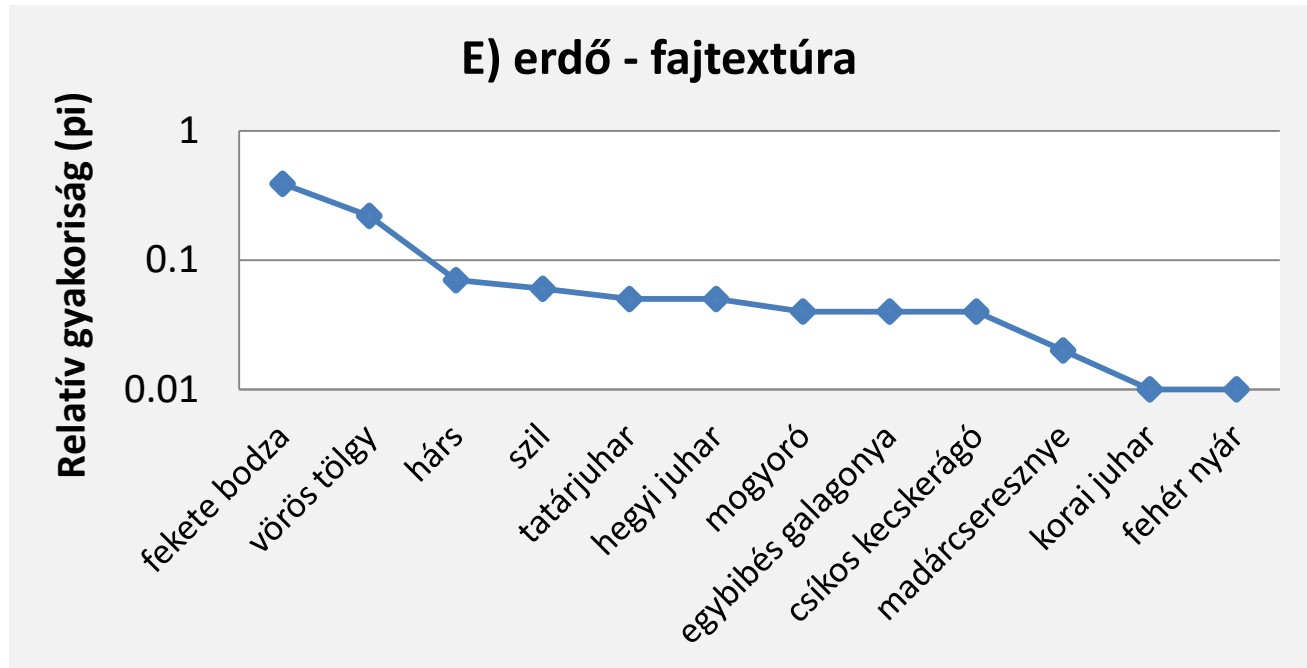
A fajok száma?

Különbségek a fajok tömegességében?

Van-e dominancia?

Kiegyenlített-e a fajok közti tömegarány?

Vannak-e invazív, nem honos, nitrofil fajok?



3. Példa A táblázat az E) erdőrészlet 6 kvadrátjában történt fafelmérés összesített fajlistáját és egyedszámait tartalmazza. Ezek alapján számítsuk ki a mozaikosságot ezen a területen!

Faj	1.kv	2.kv	3.kv	4.kv	5.kv	6.kv	N_i
fekete bodza	5	3	7	23	1		39
vörös tölgy	6	6		1	8	1	22
hárs	1	1			1	4	7
szil			5		1		6
tatárjuhar	3		2				5
hegyi juhar		3	1			1	5
mogyoró			2		1	1	4
egybibés galagonya	1					3	4
csíkos kecskerágó				4			4
madárcseresznye			1			1	2
korai juhar	1						1
fehér nyár						1	1
össz egyedszám : N							100
S_{kvad}, S							

Whittaker index:

$$\beta_w = \frac{S}{\text{átlag}(S_{kvad})} - 1$$

$S =$

$$\text{átlag } S_{kvad} =$$

$$\beta_w =$$

3. Példa A táblázat az E) erdőrészlet 6 kvadrátjában történt fafelmérés összesített fajlistáját és egyedszámait tartalmazza. Ezek alapján számítsuk ki a mozaikosságot ezen a területen!

Faj	1.kv	2.kv	3.kv	4.kv	5.kv	6.kv	N_i
fekete bodza	5	3	7	23	1		39
vörös tölgy	6	6		1	8	1	22
hárs	1	1			1	4	7
szil			5		1		6
tatárjuhar	3		2				5
hegyi juhar		3	1			1	5
mogyoró			2		1	1	4
egybibés galagonya	1					3	4
csíkos kecskerágó				4			4
madárcseresznye			1			1	2
korai juhar	1						1
fehér nyár						1	1
össz egyedszám : N							100
S_{kvad}, S	6	4	6	3	5	7	12

Whittaker index:

$$\beta_w = \frac{S}{\text{átlag}(S_{kvad})} - 1$$

$S =$

$$\text{átlag } S_{kvad} =$$

$$\beta_w =$$

3. Példa A táblázat az E) erdőrészlet 6 kvadrátjában történt fafelmérés összesített fajlistáját és egyedszámait tartalmazza. Ezek alapján számítsuk ki a mozaikosságot ezen a területen!

Faj	1.kv	2.kv	3.kv	4.kv	5.kv	6.kv	N _i
fekete bodza	5	3	7	23	1		39
vörös tölgy	6	6		1	8	1	22
hárs	1	1			1	4	7
szil			5		1		6
tatárjuhar	3		2				5
hegyi juhar		3	1			1	5
mogyoró			2		1	1	4
egybibés galagonya	1					3	4
csíkos kecskerágó				4			4
madárcseresznye			1			1	2
korai juhar	1						1
fehér nyár						1	1
össz egyedszám : N							100
S_{kvad}, S	6	4	6	3	5	7	12

Whittaker index:

$$\beta_w = \frac{S}{\text{átlag}(S_{kvad})} - 1$$

$$S=12$$

$$\begin{aligned} \text{átlag } S_{kvad} &= \\ (6+4+6+3+5+7) / 6 &= \\ 5,1667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_w &= 12/5,1667 - 1 \\ &= 1,3225 \end{aligned}$$

4. Példa

Egy felmérő két 0,9 ha nagyságú erdőrészben végzett fafelmérést 4-4 db 10x10m-es kvadrátban.

A két területen (A és B) végzett felmérés fajlistái és egyedszámai a következő lapon láthatók.

- Készítsük el a két területhez külön-külön az összesített táblázatot!

- Végezzük el a felmérés adatai alapján a következő számításokat, feladatokat a két erdőrészhez külön:

a) Fajszám megállapítása (S)

b) Fajtextúra elkészítése (p_i és grafikon)

c) Shannon-Wiener index meghatározása (H)

d) Egyenletesség értékének kiszámítása (E)

e) Mozaikosság értékének meghatározása (β_w)

- Hasonlítsuk össze a két területet a számításaink alapján!

TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

A) Terület

<i>1. kvadrát</i>	
Faj	egyed- szám
Egybibés galagonya	5
Fehér akác	3
Csíkos kecskerágó	1
Fekete bodza	5
Nyugati ostorfa	8
Kocsányos tölgy	14

<i>2. kvadrát</i>	
Faj	egyed- szám
Hegyi juhar	1
Vöröstölgy	1
Fekete bodza	8
Bálványfa	5
Fehér akác	5
Kései meggy	30

<i>3. kvadrát</i>	
Faj	egyed- szám
Fekete bodza	7
Fehér akác	8
Kocsányos tölgy	12
Nyugati ostorfa	3

<i>4. kvadrát</i>	
Faj	egyed- szám
Fekete bodza	21
Egybibés galagonya	5
Bálványfa	2
Fehér akác	18
Csíkos kecskerágó	1
Vöröstölgy	3

B) Terület

<i>1. kvadrát</i>	
Faj	egyed- szám
Madárcseresznye	1
Korai juhar	5
Egybibés galagonya	2
Fekete bodza	4
Nyugati ostorfa	2
Kocsányos tölgy	4
Csíkos kecskerágó	2

<i>2. kvadrát</i>	
Faj	egyed- szám
Szil	5
Madárcseresznye	5
Korai juhar	4
Egybibés galagonya	3
Hegyi juhar	1
Fekete bodza	2

<i>3. kvadrát</i>	
Faj	egyed- szám
Korai juhar	10
Fekete bodza	10
Hegyi juhar	1
Nyugati ostorfa	1
Kocsányos tölgy	2
Egybibés galagonya	3

<i>4. kvadrát</i>	
Faj	egyed- szám
Korai juhar	8
Madárcseresznye	1
Kocsányos tölgy	6
Fekete bodza	15

A) Terület összesítő táblázatának készítése						
i	Faj	1.kv	2.kv	3.kv	4.kv	N _i
1	Egybibés galagonya	5			5	10
2	Fehér akác	3	5	8	18	34
3	Csíkos kecskerágó	1			1	2
4	Fekete bodza	5	8	7	21	41
5	Nyugati ostorfa	8		3		11
6	Kocsányos tölgy	14		12		26
7	Hegyi juhar		1			1
8	Vörös tölgy		1		3	4
9	Bálványfa		5		2	7
10	Kései meggy		30			30
fajsám		6	6	4	6	10
össz. egyedszám		36	50	30	50	166

Minden faj csak egyszer szerepelhet a listában!!!

A fajsámokat NEM az egyedszámok összeadásával számoljuk!!!

1. kvadrát	
Faj	egyed-szám
Egybibés galagonya	5
Fehér akác	3
Csíkos kecskerágó	1
Fekete bodza	5
Nyugati ostorfa	8
Kocsányos tölgy	14

2. kvadrát	
Faj	egyed-szám
Hegyi juhar	1
Vörös tölgy	1
Fekete bodza	8
Bálványfa	5
Fehér akác	5
Kései meggy	30

3. kvadrát	
Faj	egyed-szám
Fekete bodza	7
Fehér akác	8
Kocsányos tölgy	12
Nyugati ostorfa	3

4. kvadrát	
Faj	egyed-szám
Fekete bodza	21
Egybibés galagonya	5
Bálványfa	2
Fehér akác	18
Csíkos kecskerágó	1
Vörös tölgy	3

TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

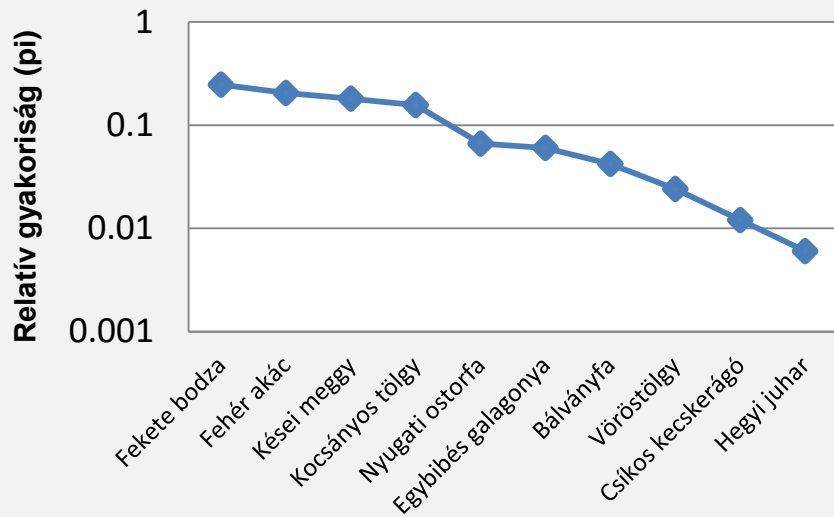
A) összesítő táblázata							H számítás			H _{max} számítás		
i	Faj	1.kv	2.kv	3.kv	4.kv	N _i	p _i	ln p _i	p _i * ln p _i	1/S	ln 1/S	1/S*ln1/S
1	Egybibés galagonya	5			5	10	0,06	-2,809	-0,16924	0,1	-2,3	-0,23026
2	Fehér akác	3	5	8	18	34	0,205	-1,586	-0,32477	0,1	-2,3	-0,23026
3	Csíkos kecskerágó	1			1	2	0,012	-4,419	-0,05324	0,1	-2,3	-0,23026
4	Fekete bodza	5	8	7	21	41	0,247	-1,398	-0,34539	0,1	-2,3	-0,23026
5	Nyugati ostorfa	8		3		11	0,066	-2,714	-0,17985	0,1	-2,3	-0,23026
6	Kocsányos tölgy	14		12		26	0,157	-1,854	-0,29037	0,1	-2,3	-0,23026
7	Hegyi juhar		1			1	0,006	-5,112	-0,0308	0,1	-2,3	-0,23026
8	Vörös tölgy		1		3	4	0,024	-3,726	-0,08978	0,1	-2,3	-0,23026
9	Bálványfa		5		2	7	0,042	-3,166	-0,13351	0,1	-2,3	-0,23026
10	Kései meggy		30			30	0,181	-1,711	-0,30918	0,1	-2,3	-0,23026
fajsám		6	6	4	6	10	1		-1,92612	1		-2,30259
össz. egyedszám		36	50	30	50	166	H = 1,92611			H_{max} = 2,30259		
átlag S _{kvad} = 5,5					S = 10		E = 0,8365					
β_w = 0,81818					N = 166							

TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

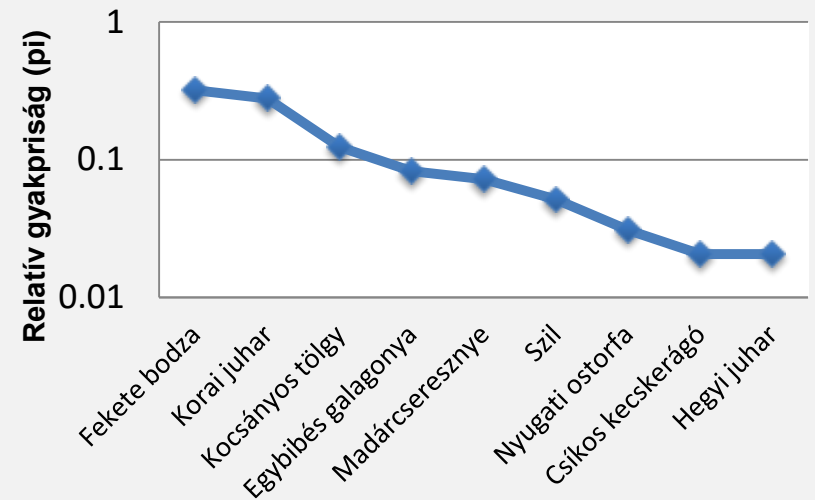
B) összesítő táblázata							H számítás			H_{\max} számítás		
i	Faj	1.kv	2.kv	3.kv	4.kv	N_i	p_i	$\ln p_i$	$p_i * \ln p_i$	1/S	$\ln 1/S$	$1/S * \ln 1/S$
1	Madárcseresznye	1	5		1	7	0,072	-2,629	-0,18971	0,111	-2,2	-0,24414
2	Korai juhar	5	4	10	8	27	0,278	-1,279	-0,35598	0,111	-2,2	-0,24414
3	Egybibés galagonya	2	3	3		8	0,082	-2,495	-0,2058	0,111	-2,2	-0,24414
4	Fekete bodza	4	2	10	15	31	0,32	-1,141	-0,36456	0,111	-2,2	-0,24414
5	Nyugati ostorfa	2		1		3	0,031	-3,476	-0,10751	0,111	-2,2	-0,24414
6	Kocsányos tölgy	4		2	6	12	0,124	-2,09	-0,25853	0,111	-2,2	-0,24414
7	Csíkos kecskerágó	2				2	0,021	-3,882	-0,08003	0,111	-2,2	-0,24414
8	Szil		5			5	0,052	-2,965	-0,15285	0,111	-2,2	-0,24414
9	Hegyi juhar		1	1		2	0,021	-3,882	-0,08003	0,111	-2,2	-0,24414
fajszám		7	6	6	4	9	1		-1,79499	1		-2,19722
össz. egyedszám		20	20	27	30	97	H = 1,79499			H_{max} = 2,19722		
átlag $S_{kvad} =$		5,75			S = 9					E = 0,81694		
$\beta_w = 0,56522$				N = 97								

TÁRSULÁSOK SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE KVANTITATÍV MÓDSZEREKKEL

A) Fajtextúra grafikon



B) Fajtextúra grafikon



A két erdőrészlet összehasonlítása:

Terület:	A)	B)
S (fajszám)	10	9
N (egyedszám)	166	97
H (diverzitás-index)	1,926	1,795
E (egyenletesség)	0,837	0,817
β_w (mozaikosság)	0,818	0,565

A kapott értékek alapján az A) erdőrészletet lehetne egy kicsit diverzebbnek mondani: 1-gyel nagyobb a fajszám, jóval nagyobb az összegyedszám, kicsit nagyobb a diverzitás index, az egyenletesség is kicsit nagyobb a B)-hez képest. A) terület mozaikosabb, mint a B).

Azonban, ha figyelembe vesszük a nem honos és invazív fajokat is: A) területen 5 invazív és nem honos faj (86 egyed) található (ami több, mint 50%). A B)-nél csak 1 nem honos faj 3 egyede van (kb.3%). Ezek alapján a B) terület sokkal természetesebbnek mondható, mint az A) terület.