

TAKING
COOPERATION
FORWARD



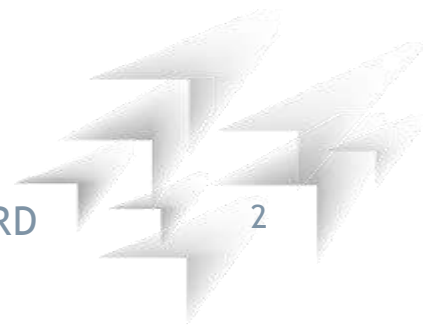
SUSTREE D.C.3.2 : Training Material for Schools and Universities



SUSTREE (2016-2019)

1.

A SUSTREE PROJEKT



SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN

A SUSTREE egy nemzetközi együttműködés, amely a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás elősegítését és a közép-európai erdők diverzitásának megőrzését tűzte ki céljául.

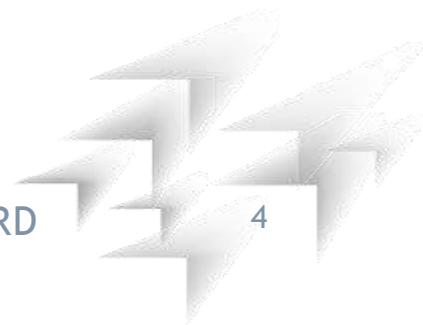


A SUSTREE projekt résztvevői

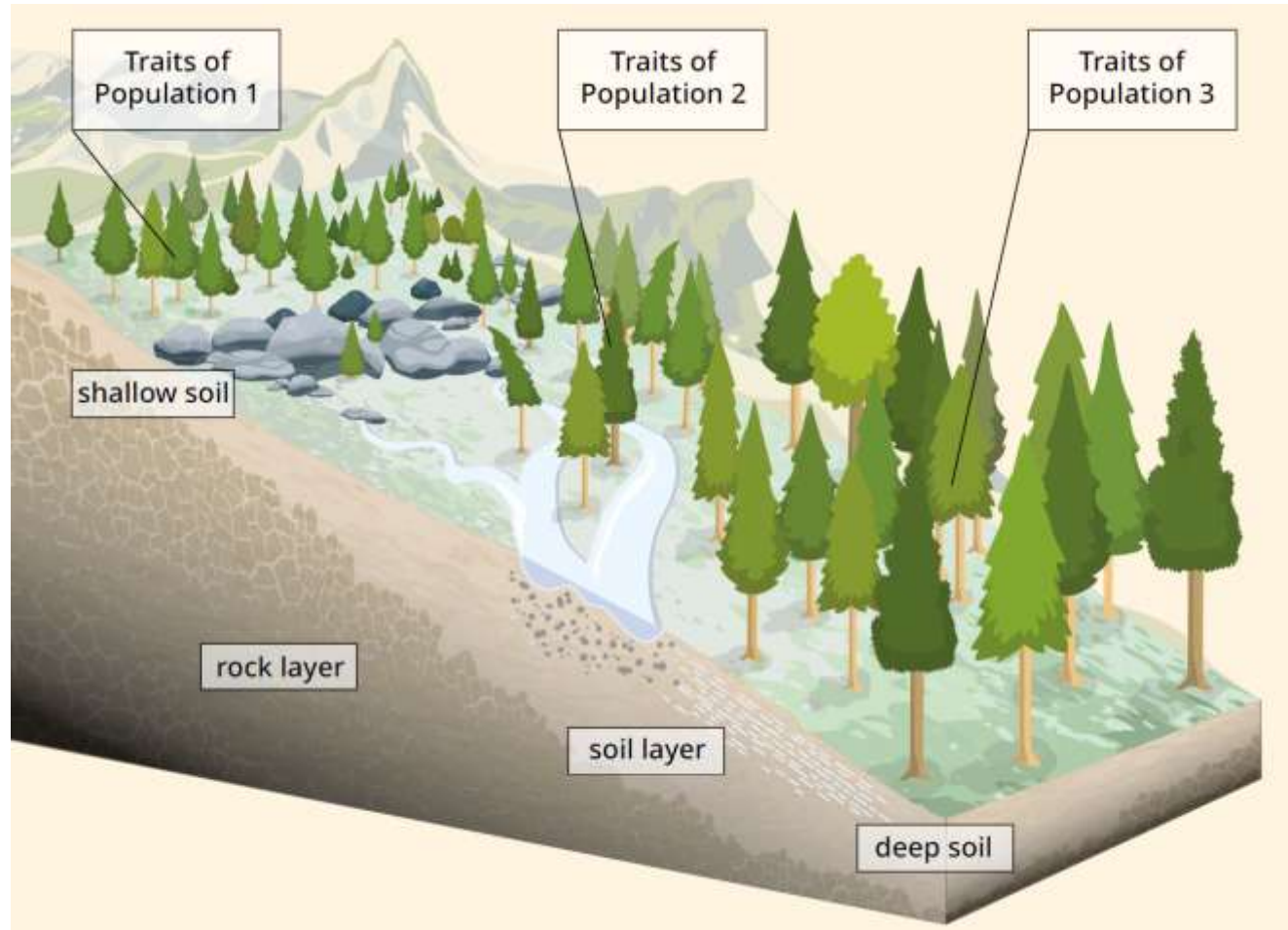


Fő üzenetek:

- Az erdei fák populációi alkalmazkodnak élőhelyükhöz, garantálva a túlélést és az optimális növekedést állandó környezeti feltételek mellett.
- Az éghajlatváltozás következtében a helyi alkalmazkodottság és az aktuális környezeti hatások közötti egyensúly felbomlik, elvész az alkalmazkodottságból eredező előny.
- A származási körzetek kijelölésének szempontrendszere és gyakorlata országonként eltérő, nem tükrözik megfelelően az éghajlati viszonyokat, nem támogatják az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó szaporítóanyag-gazdálkodás kialakítását.
- Az erdősítésre és a szaporítóanyag-gazdálkodásra vonatkozó szabályozásnak az éghajlatváltozásra való tekintettel, az alkalmazkodottság figyelembe vételével elő kell segítenie a genetikai erőforrások megőrzését és okszerű hasznosítását.



SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN

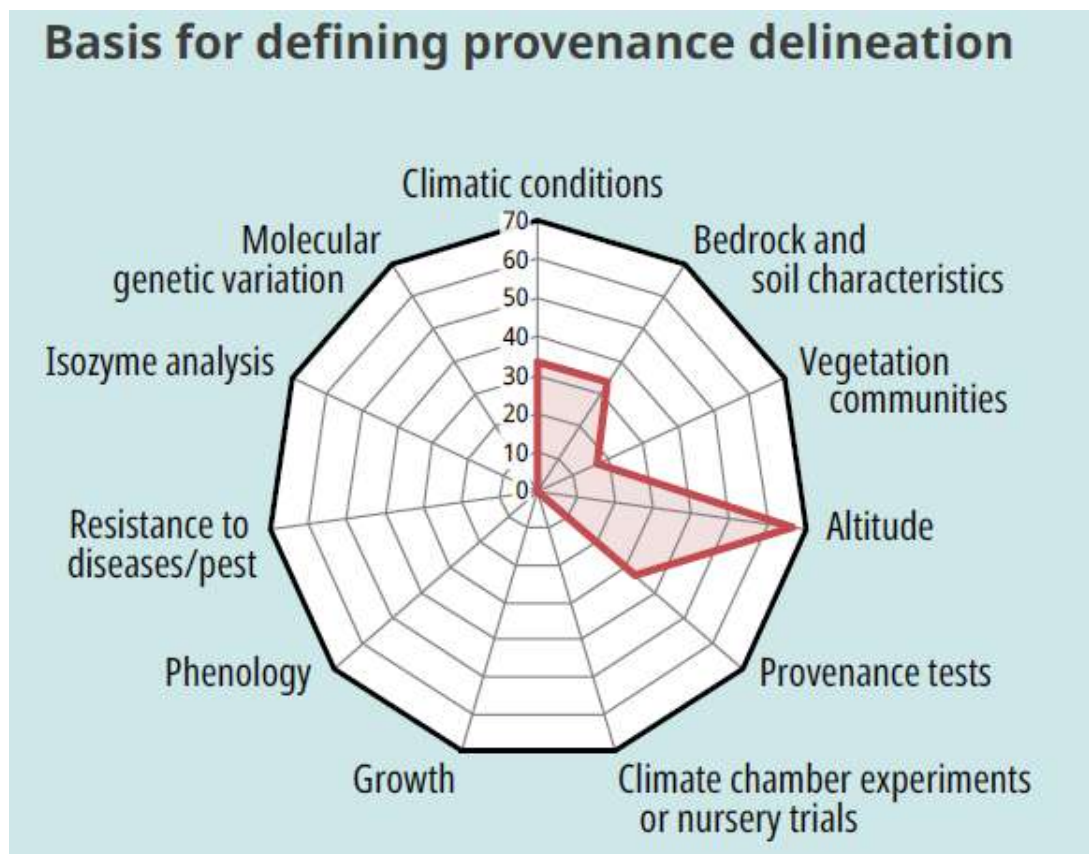


Magassági grádiens és a talajviszonyok változatossága következtében kialakult populációk közötti változatosság



A SZAPORÍTÓANYAG-FORGALMAZÁS JOGI SZABÁLYOZÁSA

A származási körzetek meghatározásának szempontjai

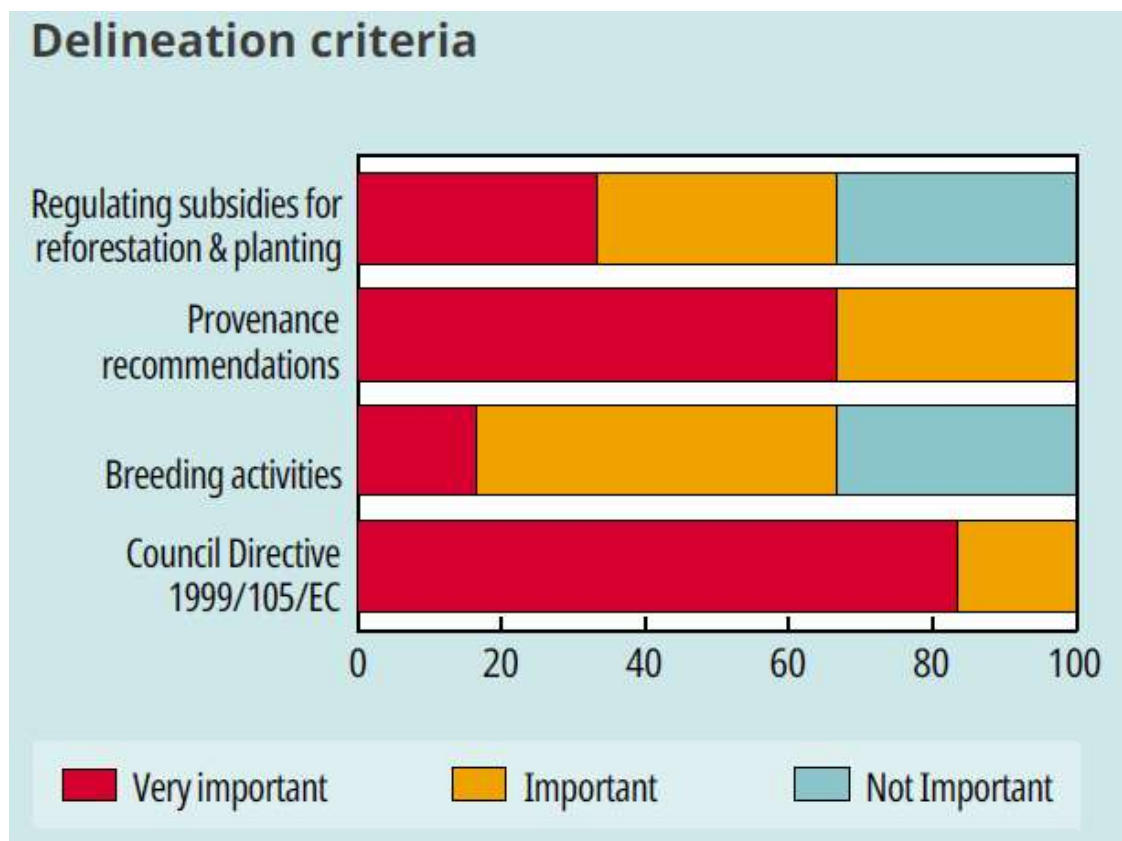


A származási körzetek kialakítása során figyelembe vett szempontok - ökológiai egységek, zonáció, genetikai mintázat, stb. - nem egységesek az EU tagországaiban.



A SZAPORÍTÓANYAG-FORGALMAZÁS JOGI SZABÁLYOZÁSA

A származási körzetek szerepe



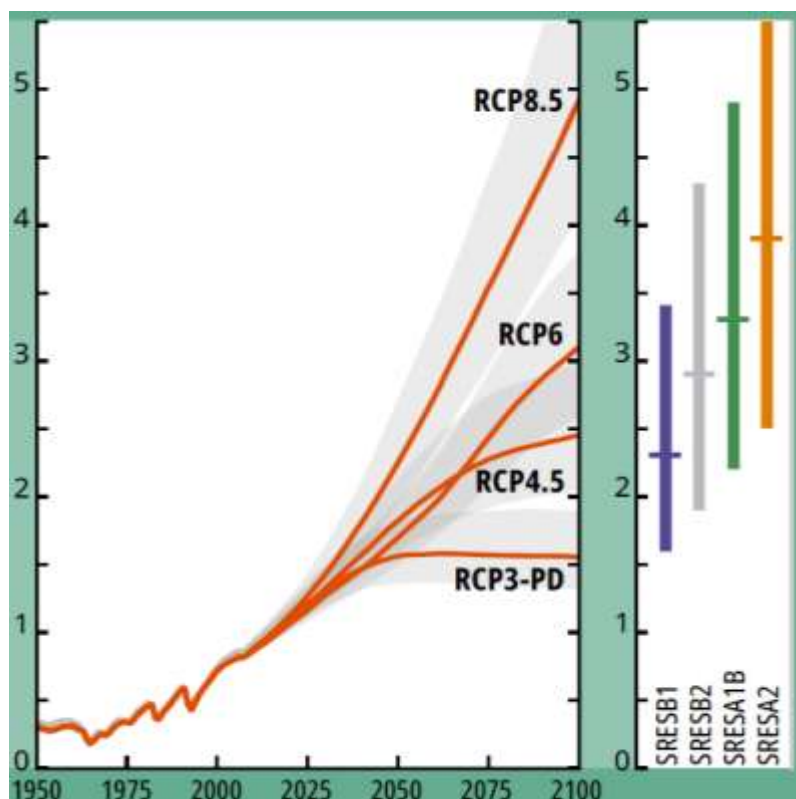
A nemzeti szintű jogszabályok gyakran közvetetten hátráltatják az alkalmazkodó gazdálkodás kialakítását, mivel gátolhatják az alkalmazkodott szaporítóanyag nemzetközi forgalmazását.

Például külföldi származású szaporítóanyag Lengyelországban, Szlovákiában és Csehországban nem használható fel erdősítésben.



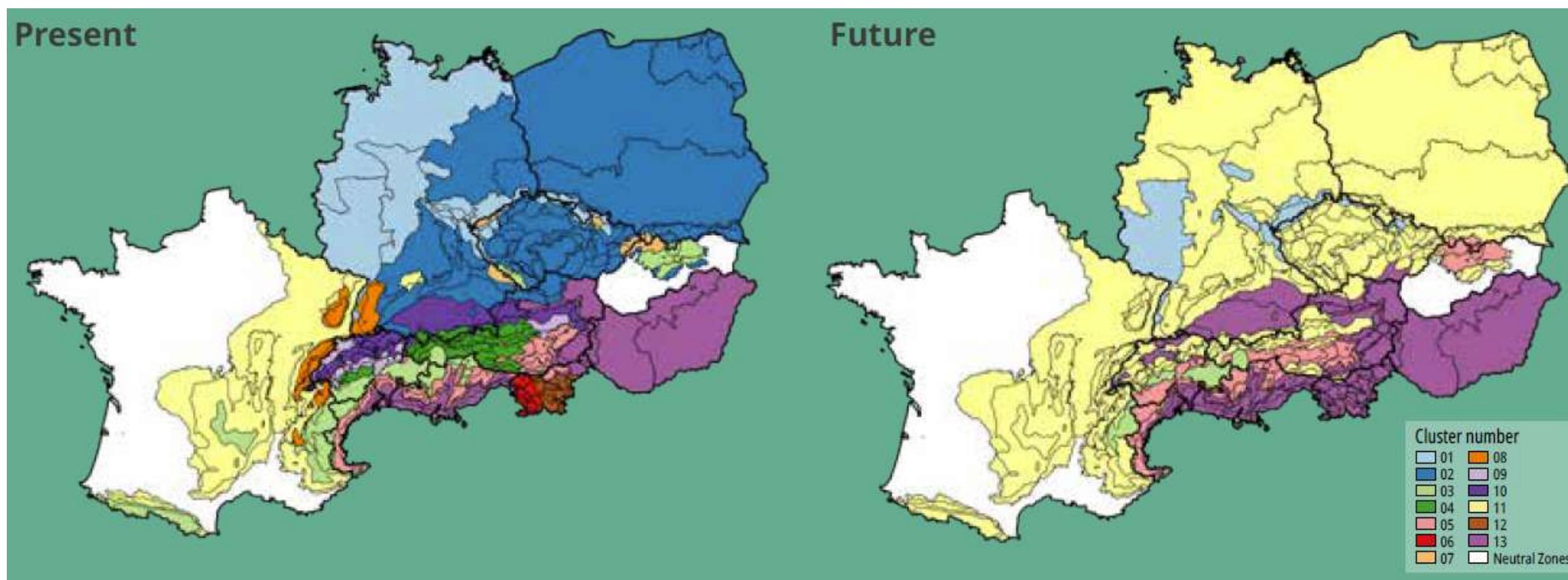
SZÁRMAZÁSI KÖRZETEK ÉS KLÍMAVÁLTOZÁS

Mért és prognosztizált globális felszíni átlaghőmérséklet-emelkedés az 1950-2100 időszakra az 1980-1999 bázishoz képest, 4 reprezentatív kibocsátási forgatókönyv alapján. Forrás: Rogelj et al. (2012)



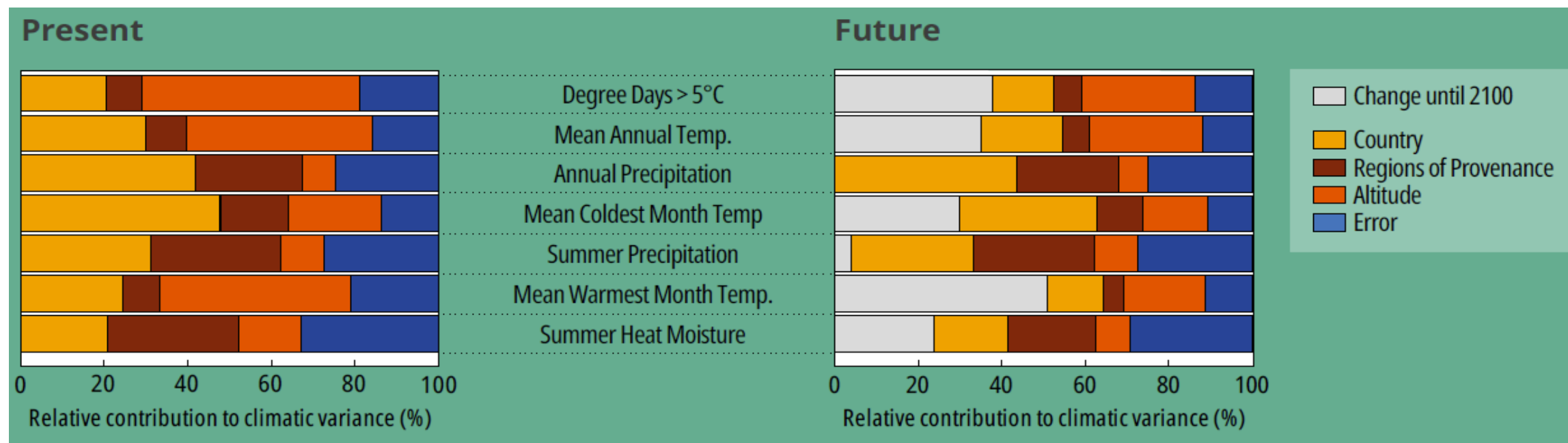
SZÁRMAZÁSI KÖRZETEK ÉS KLÍMAVÁLTOZÁS

A jelenlegi lucfenyő származási körzetek éghajlati hasonlóságuk alapján képzett csoportjai (bal) és a feltételezett változás: a délnyugati és pannon klímájú csoportok kiterjedése növekszik (jobb).



SZÁRMAZÁSI KÖRZETEK ÉS KLÍMAVÁLTOZÁS

Leírják-e, követik-e a fajok helyi alkalmazkodottsága szempontjából kritikus éghajlati változatosságot a származási körzetek határai, az országhatárok és a tengerszint feletti magasság?



Leírják-e, követik-e a fajok helyi alkalmazkodottsága szempontjából kritikus éghajlati változatosságot a származási körzetek határai, az országhatárok és a tengerszint feletti magasság?

Látható, hogy a hőmérsékleti változatosság sem az országhatárokkal, sem pedig a származási körzetek határaival nincs meghatározó kapcsolatban.

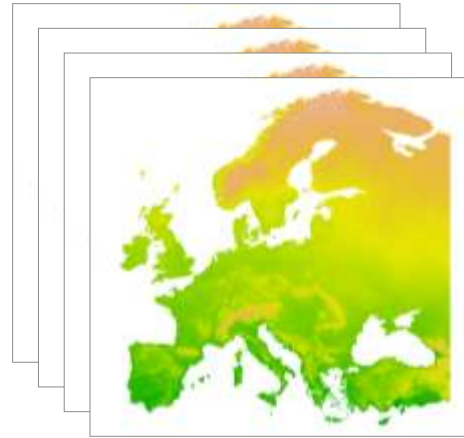
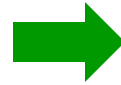
Ezek az eredmények arra mutatnak, hogy a származási körzetek határait felül kell vizsgálni, figyelembe véve a jövőben várható éghajlati változásokat.



MODELLEZÉS

Származási kísérletek adatai

Ökológiai adatok



Adatmátrix (kísérleti+ökológiai adatsorok)

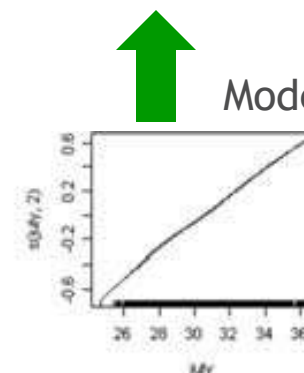
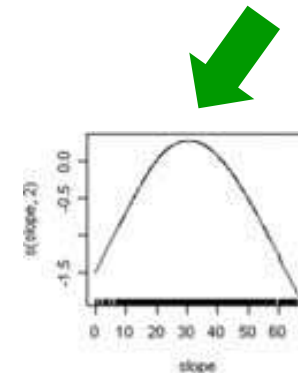
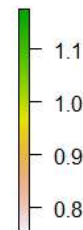
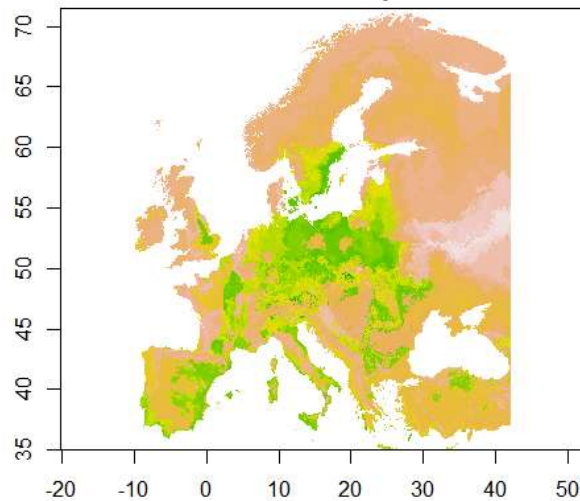
x	y	Env1	Env2	Env3	Douglas-fir
25.4499998	71.1500011	1.50	4.25	21.90	1
25.5499998	71.1500011	1.27	4.46	22.40	1
25.6499998	71.1500011	1.42	3.46	20.06	1
25.7499998	71.1500011	1.46	3.94	21.57	1
25.8499998	71.1500011	1.79	3.28	18.67	0
27.6499998	71.1500011	0.47	3.86	20.17	0
27.7499998	71.1500011	1.25	3.90	21.52	0



Statisztikai modell

$$\text{Produkció} = f(\text{Env}_1 + \text{Env}_2 + \text{Env}_3 \dots \text{Env}_n)$$

Produkció térképek



Modell kiértékelés és hangolás

TAKING COOPERATION FORWARD

UNIVERSAL RESPONSE FUNCTION

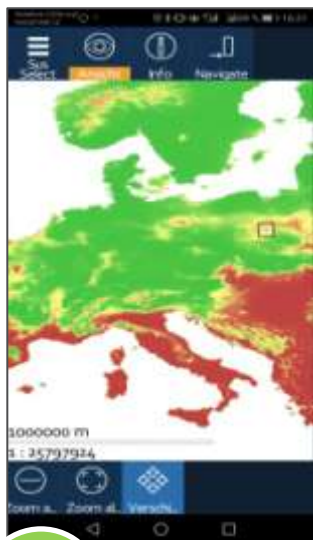
$$\text{Produkció} = f(\text{Env}_1 + \text{Env}_2 + \text{Env}_3 \dots \text{Env}_n)$$

Négyzetes függvények

Random Forest

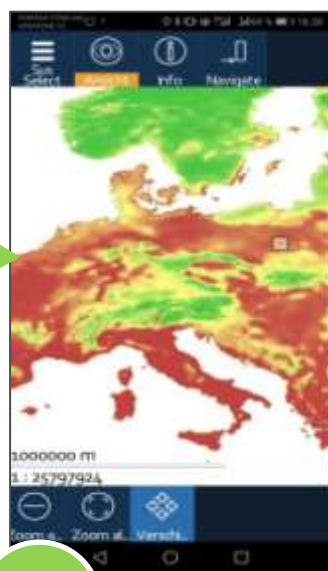


A SUSSELECT ALKALMAZÁS



1

Sérülékenységi
térképek a
jelenlegi éghajlati
környezetben...



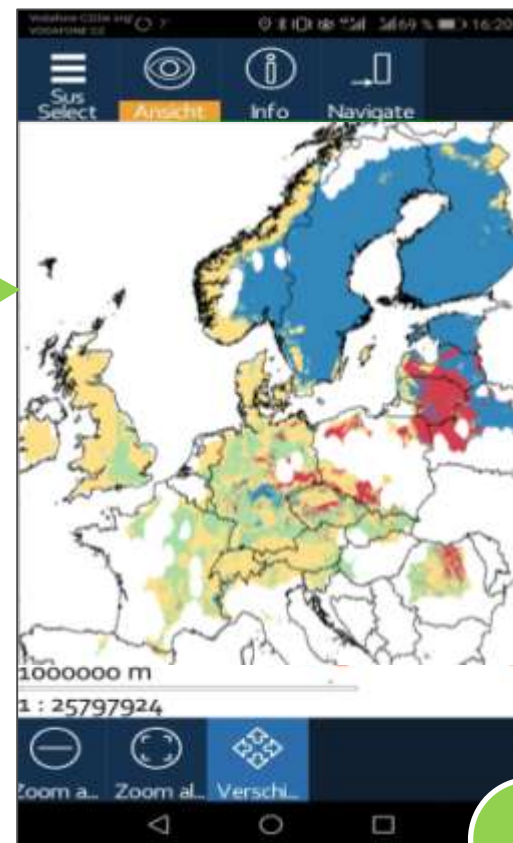
2

...és a jövőben



3

Fafajok
összehasonlítása
sérülékenységük
alapján



4

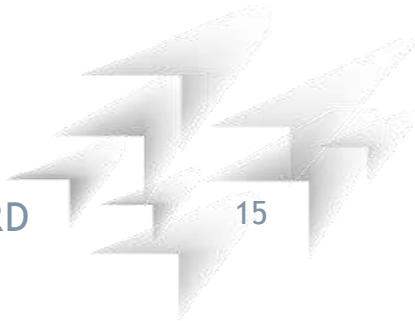
A megfelelő
szaporítóanyag-forrás
kiválasztása

SusSelect - a SUSTREE
térképes alkalmazása
megmutatja 7 állományalkotó
fafaj jelenlegi és jövőbeli
sérülékenységét és segítséget
nyújt a megfelelő
szaporítóanyag-források
megkereséséhez.



2.

SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



Származás: azonosított, behatárolható földrajzi területről származó populáció vagy egyedek csoportja.

A származási kísérletek olyan közös tenyészkerti kísérletek, amelyek több, az adott fafaj elterjedési területéről származó (populáció) mintát tartalmaznak. Ezek a minták gyakran nagyobb régiót képviselnek, mint egy-egy állomány.



Duglaszfenyő populációk eltérő növekedési tulajdonságai egy kelet-ausztriai kísérletben.
(Fotó: Lambert Weißenbacher, BFW)



A korai megfigyelések igazolták, hogy az elterjedési terület különböző részeiről származó minták eltérő tulajdonságokat hordoztak és eltérően reagáltak új környezetükre.

Az egyik legfőbb célkitűzés a kedvezőtlen tulajdonságokat mutató, gyenge minőségű, rossz tűrőképességű növényanyag kiküszöbölése, a kedvező magforrások megtalálása volt.



A SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK CÉLJA

Kettős cél, illetve lehetőség:

- populációk tulajdonságainak összehasonlítása
- egy adott populáció teljesítményének vizsgálata eltérő termőhelyeken

Jelenleg:

- a szaporítóanyag-választás (seed transfer, assisted migration) támogatása
- nemesítési alapanyag begyűjtése, kiválasztása
- az elterjedés és a genetikai háttér megváltozásának előrejelzése



A SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK CÉLJA

Más szavakkal: a származási kísérletek információt szolgáltatnak

- a vizsgált populációk (ökotípus) sajátosságairól,
- fatermesztési értékéről,
- alkalmazkodóképességéről,
- fenotípusos plaszticitásáról/stabilitásáról.



Az elterjedési terület mérete

A nagy elterjedési területtel bíró fajok (pl. *Pinus sylvestris*, *Picea mariana*) általában nagyobb genetikai változatosságot hordoznak, mint a behatárolt areájú fajok (pl. *Pinus radiata*, *Picea omorika*).

→ kiterjedt területen belül nagyobb eséllyel fordulnak elő erős, nagy változatosságot átfogó ökológiai grádiensek (klinek)



A FÖLDRAJZI VÁLTOZATOSSÁG MEGHATÁROZÓI



Picea mariana



Picea omorika



A FÖLDRAJZI VÁLTOZATOSSÁG MEGHATÁROZÓI



Pinus sylvestris



Pinus uncinata

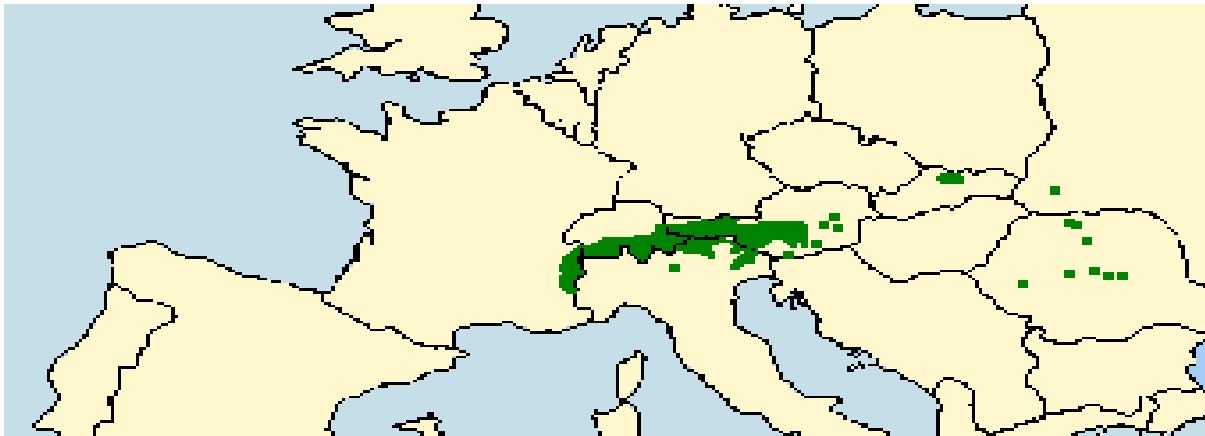


A FÖLDRAJZI VÁLTOZATOSSÁG MEGHATÁROZÓI

Környezeti változatosság - geográfiai, topológiai összetettség az areán belül

Az elterjedési terület jellege - folytonos vagy felszakadozott

Nem összefüggő, diszjunkt, elszigetelt részekből álló elterjedési területen belül a génáramlás lehetősége korlátozott (pl. *Pinus cembra*, *Larix decidua*).



Pinus cembra



Általános trendek

➤ Észak-déli irány

Földrajzi szélességgel változó tényezők által meghatározott (tenyészidőszak hossza, hőmérsékleti különbségek, fotóperiódus, stb.)

➤ Vízellátottság

Csapadékmennyiség- és eloszlás, felszíni vizek

➤ Magassági trend - 1000 m magasságkülönbség mintegy 10 földrajzi szélességi eltéréssel és 10°C középhőmérséklet-eltéréssel egyenértékű -> száraz adiabatikus grádiens

➤ Terepi körülmények között ez a légnedvesség hatása, a besugárzás, a konvekció miatt

0.5- 0.65 °C / 100 m.



- Megfelelő reprezentáció: a vizsgált terület, vagy az egész elterjedési terület kellően sűrű mintázása
- Alapvető grádiensek lefedése: min. 15-20 minta
- Eltérések, finom mintázatok kimutatása: 20-30 (kis area) -> 50-100 (nagy area) minta
- Az eddigi legkiterjedtebb származási kísérlet egy adott fafajon belül: IUFRO IPTNS 1964/68, lucfenyő, 20 kísérlet, 1100 minta. Hazai helyszín: Gyöngyössolymos, Nyírjes



- A származások száma: alapvetően a faj elterjedési területének sajátosságai, illetve a faj változatossága által meghatározott (nagy változatosság = sok minta)
- A kísérletek száma: a célzott felhasználási terület ökológiai változatosságától függ (nagy változatosság = sok kísérlet)
- Az ismétlések száma kísérletenként: az adott kísérleti helyszín termőhelyi változatosságától függ (heterogén termőhely = sok ismétlés) , általában minimum 3-4
- Parcellánkénti egyedszám: a kísérlet tervezett élettartamától függ (hosszú lejáratú kísérlet = magasabb egyedszám), kezdeti kísérletekben 25-36 egyed/parcella



A leggyakrabban használt kísérleti elrendezések

Random blokk - hazai körülmények között általánosan használt

- 1 ismétlés - 1 blokk, minimum 3-4
- Minden minta előfordul minden ismétlésben, blokkon belül véletlenszerű elrendezésben
- Egyszerű, statisztikai szempontból kedvező elrendezés alacsony faktorszám esetén

Egyfaparcellás elrendezés



SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



Három erdeifenyő-populáció egy közép-lengyelországi származási kísérletben (IUFRO 1982)



SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



Nagy ökológiai távolságokra áthelyezett populációk pusztulófélben a Kámoni Arborétumban



SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



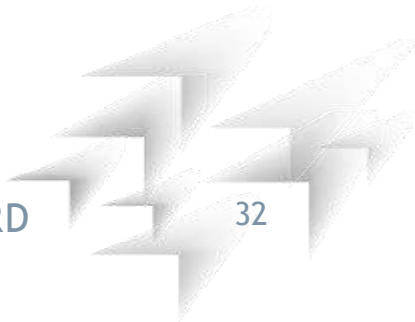
Az előbbi dián (már nem) látható ajáni származás növekedése Kelet-Szibériában. Összehasonlításul: a hazai kísérletekben kiválóan teljesítő balti populációk ugyanott. (Fotó: Nagy L.)



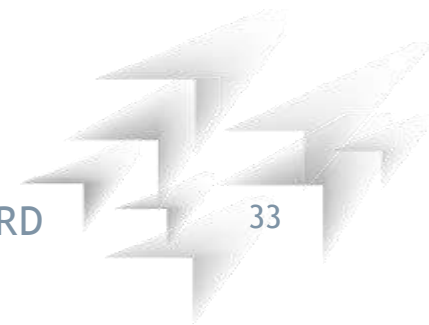
SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



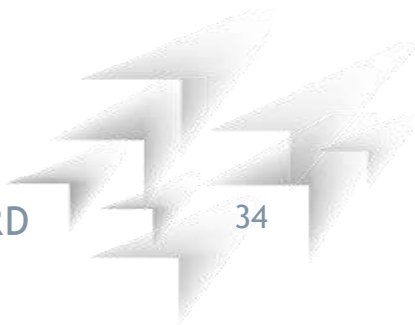
Ágszerkezet



SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



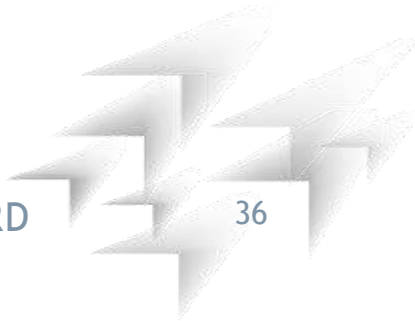
SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



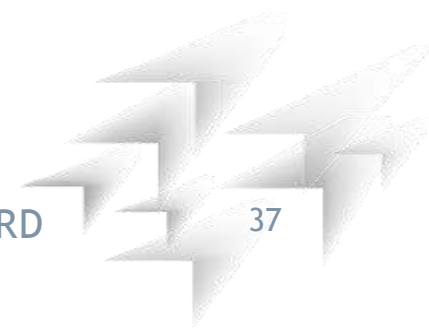
SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



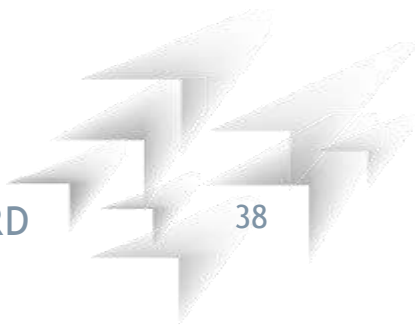
SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



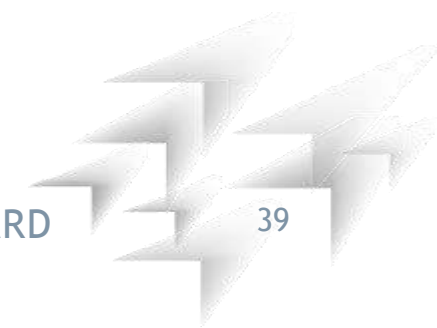
SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



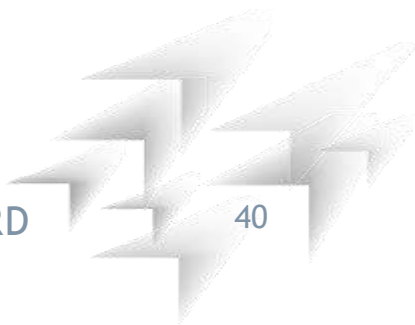
SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN

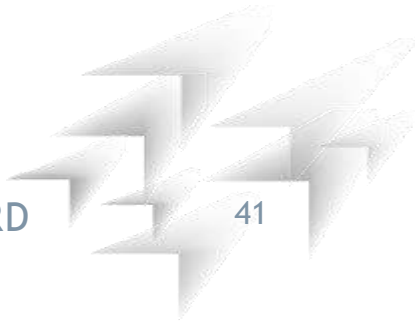


SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLETEK AZ ERDÉSZETI KUTATÁSBAN



3

Genetikai erőforrások megőrzése



A GENETIKAI ERŐFORRÁSOK MEGŐRZÉSÉNEK CÉLJA

- a létező változatosság megőrzése (ökoszisztéma-diverzitás, faji sokféleség, genetikai változatosság)
- a fajok evolúciós potenciáljának, alkalmazkodóképességének fenntartása
- etikai vonatkozások <-> mindennapi (fogyasztási) szokások



Hatás

- effektív populációméret ↓
- földrajzi izoláció ↑
- demográfia ↓
- környezeti változások

Folyamat

- genetikai sodródás (drift)
- génáramlás
- beltenyésztés
- szelekció



A BELTENYÉSZET HATÁSA (ACACIA MANGIUM)

	Csemete- magasság (cm)
1. generáció	32.5
2. generáció	20.7
3. generáció	18.1



Source: Byjus.com



- **50/500** szabály (Franklin 1980)
- **50** - a beltenyészetből fakadó leromlás elfogadható mértékű
- **500** - elegendő mutációs (új) változatosság a driftből adódó veszteségek ellensúlyozására
- Nem pusztán egyedszám, hanem effektív populációméret!
- Fák esetében az átfedő generációk, kétlakiság, fenológiai és termőképességi eltérések miatt $N_e \ll N$



In situ - eredeti környezetben, eredeti élőhelyen történő megőrzés
(ökoszisztéma-alapú megközelítés)

Ex situ - evakuált génforrások megőrzése ellenőrzött körülmények
között (fajalapú megközelítés)



Ideális megőrzési mód

fókusz: nagy kiterjedésű, természetközeli állományok

szempontok: élőhely, méret, biztonság, kezelés

- a génáramlás lehetősége
- több faj, népes populációk
- változatos élőhely
- a természetes folyamatok érvényesülése
- genetikai tartalom

Nélkülözhetetlen, de nem elégséges



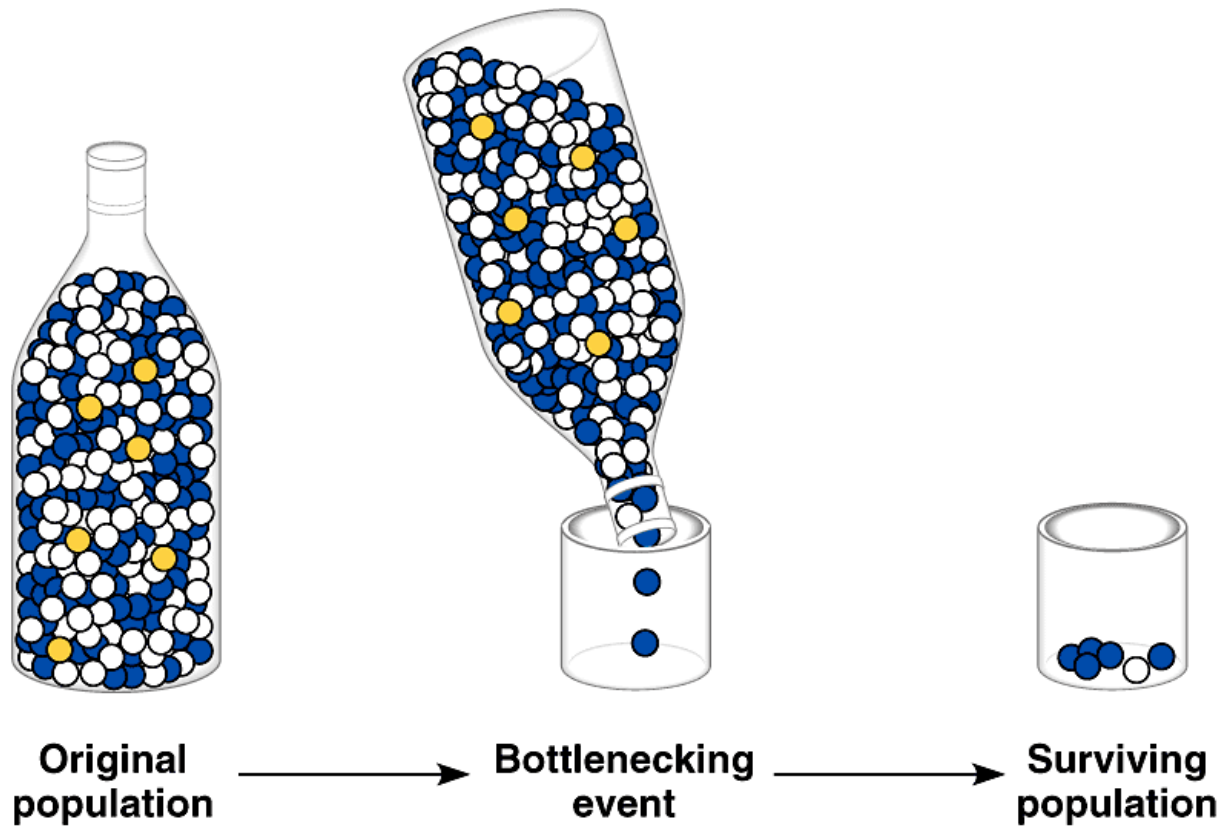
mag- és szövetbankok
géngyűjtemények
botanikus kertek, élő gyűjtemények
(kísérleti állományok)



- kevés számú genotípus megőrzése
- nemesítési alapanyagok, populáció-töredékek
- veszélyeztetett génforrások, fajok
- veszélyeztetett élőhelyeken előforduló génforrások



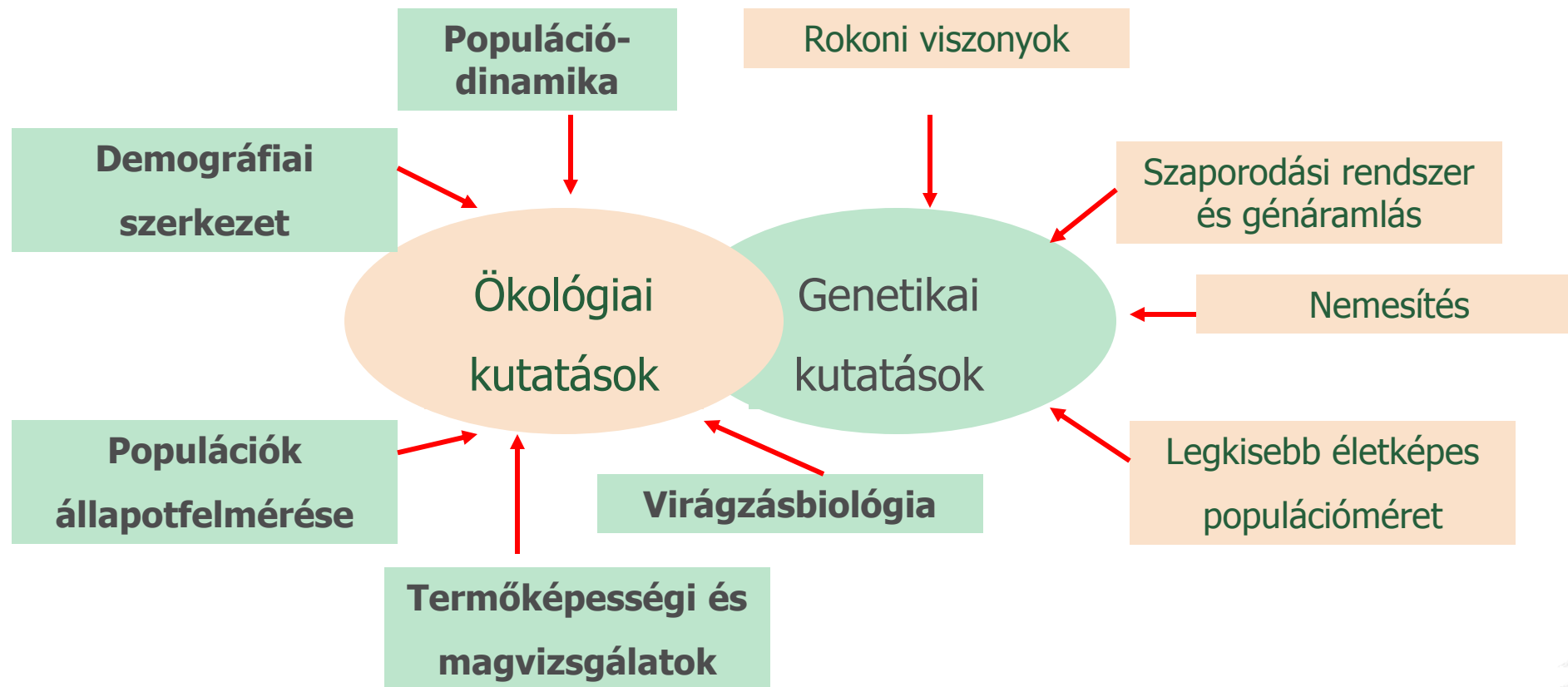
Palacknyak hatás → genetikai drift



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

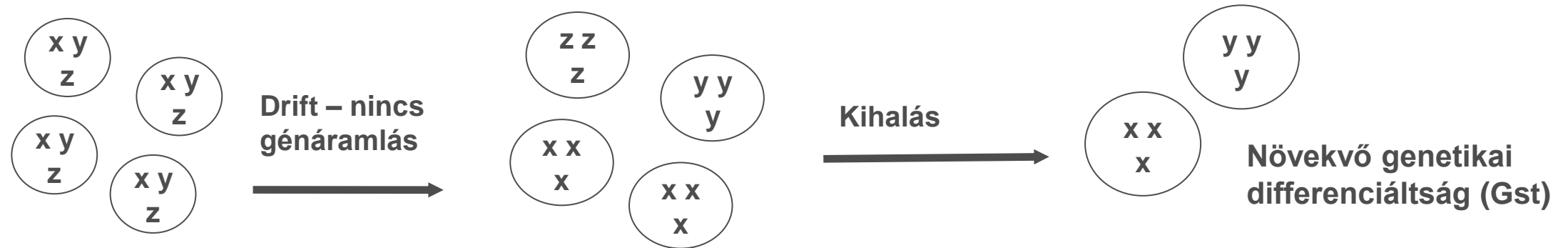


➤ Fontos: genetika és ökológia komplementerek!

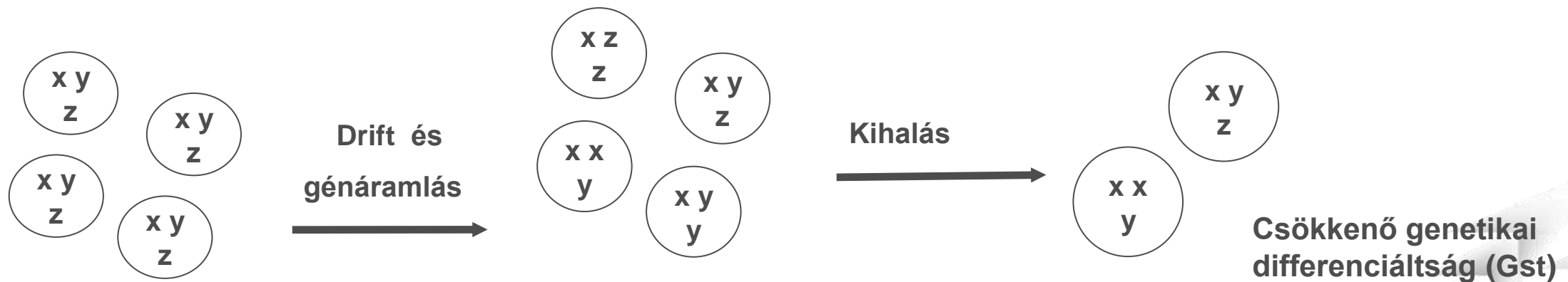


A GENETIKAI VÁLTOZATOSSÁG MEGŐRZÉSE

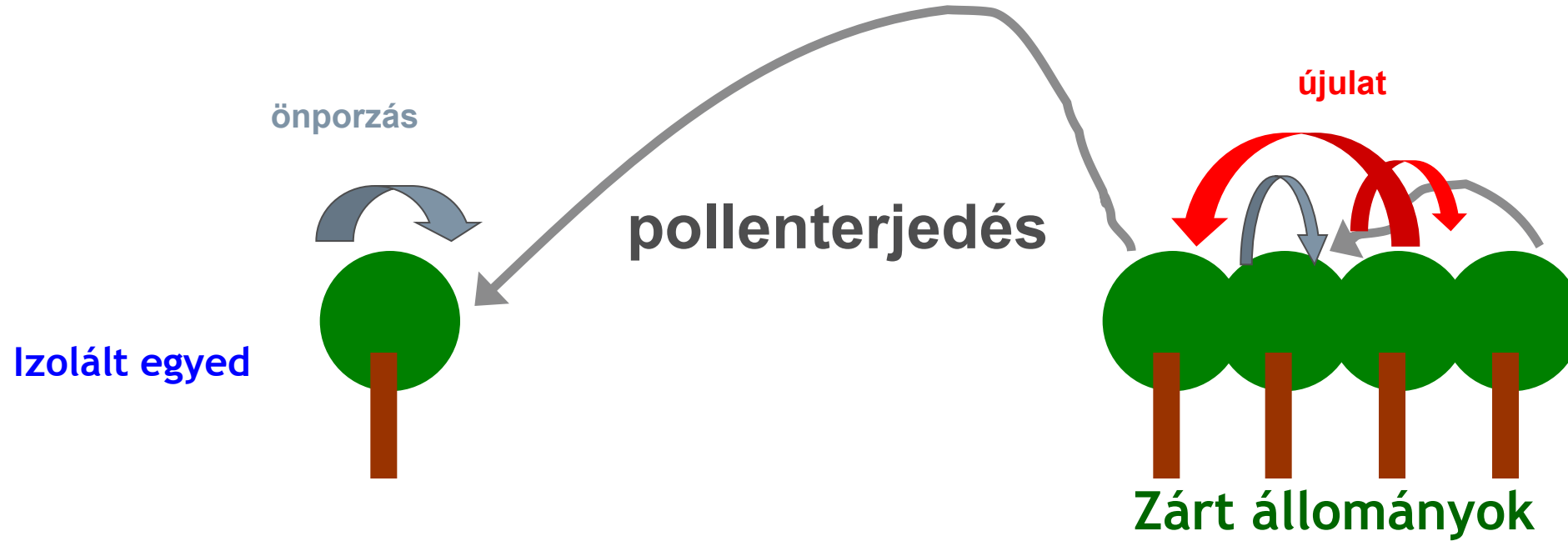
A: Drift és kihalás: a genetikai változatosság csökkenése



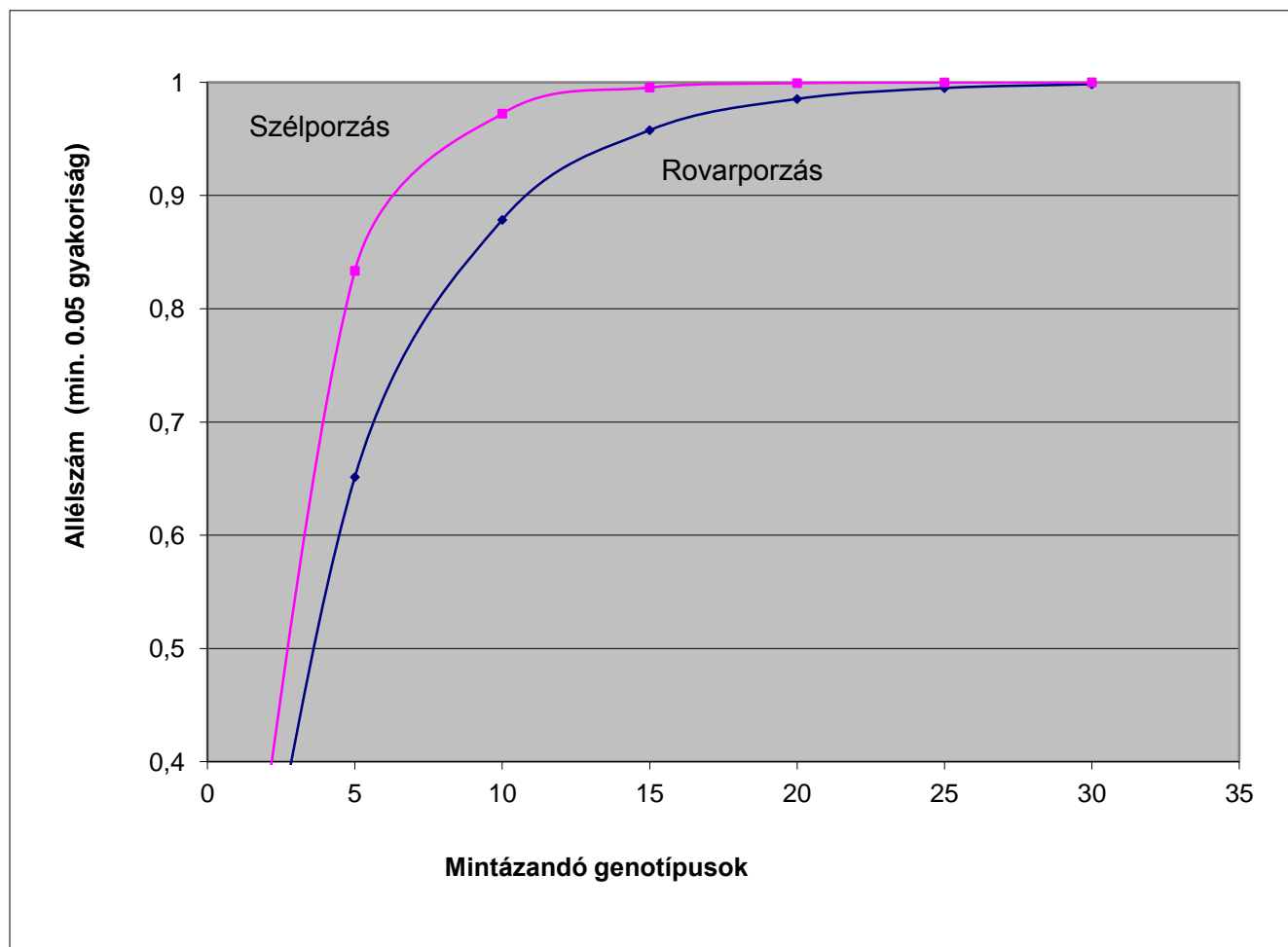
B: A génáramlás csökkentheti a változatosságot



növekvő önporzás -> beltenyésztettség
kevesebb megporzó hatékony távolságon belül

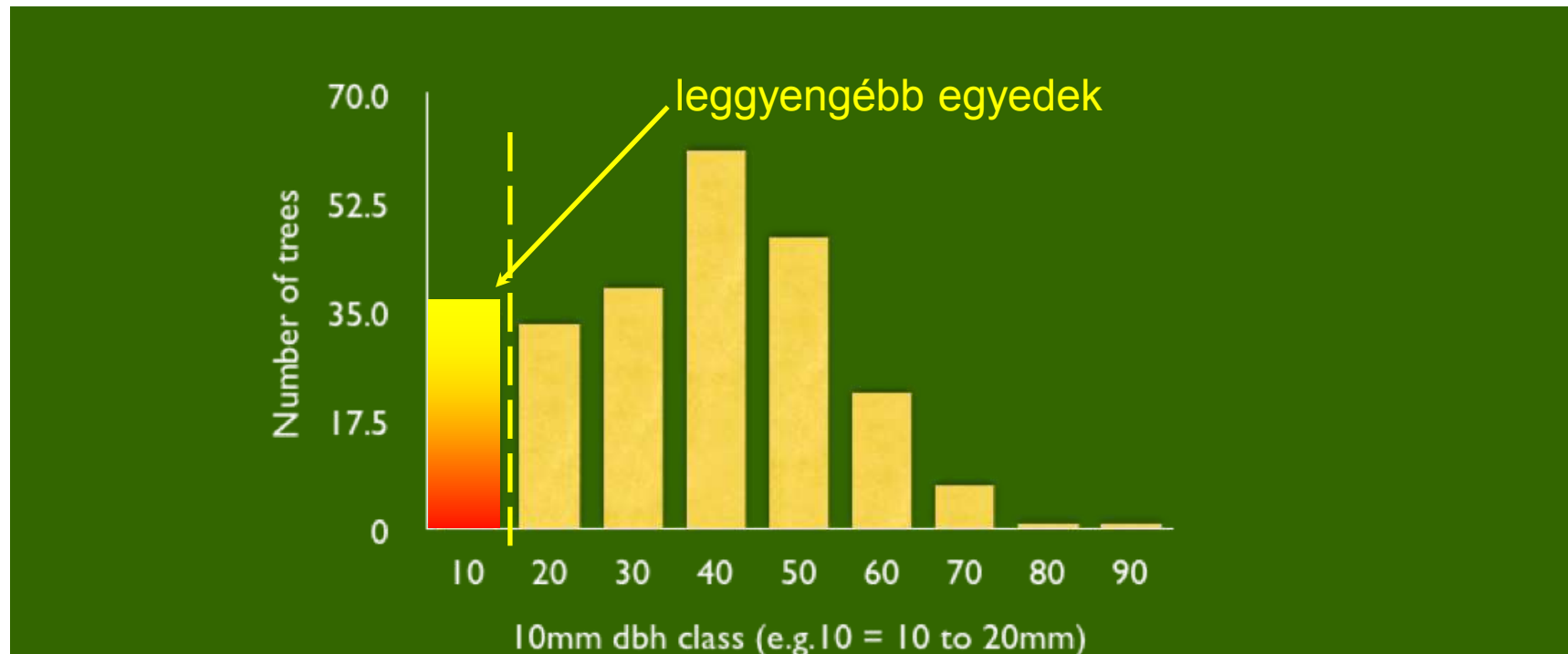


EGYEDSZÁM?



DISZGÉNÍKUS SZELEKCIÓ

- a génkészlet minőségére nézve hátrányos hatású szelekció
- gyors leromlás alig néhány generáció alatt



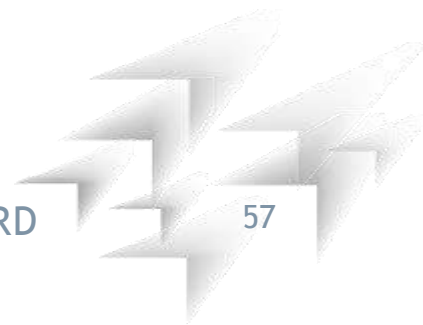
DISZGÉNIKUS SZELEKCIÓ ÉS A VÁLOGATÓ FAHASZNÁLAT

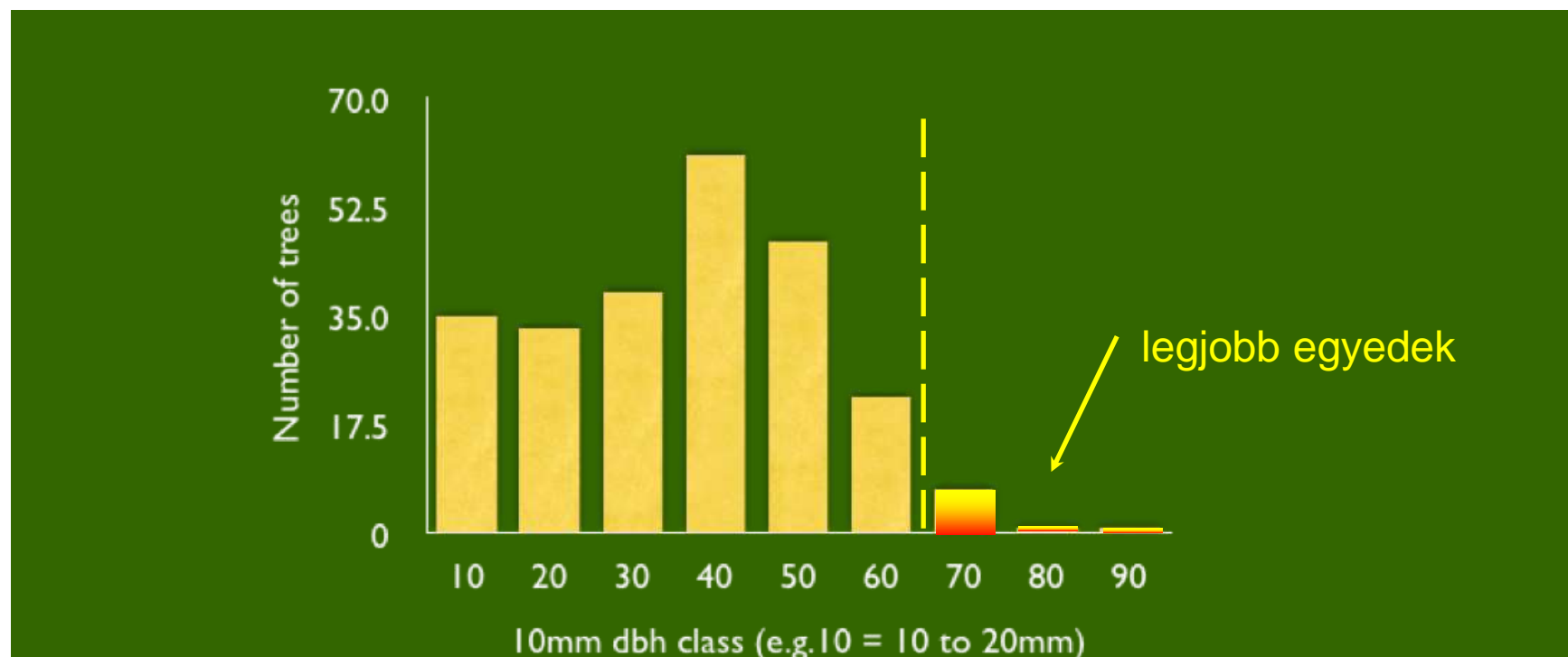
“... szembetűnő, hogy a földrajzi szélességi és hosszúsági viszonyok által meghatározott mintázat hiányzik. Ennek oka lehet az, hogy a Mediterraneum természetes erdőtakaróját az ember hosszú évezredek óta rombolja és diszgénikus szelekció alá veti.” (Palmberg 1975)



DISZGÉNIKUS SZELEKCIÓ ÉS A VÁLOGATÓ FAHASZNÁLAT

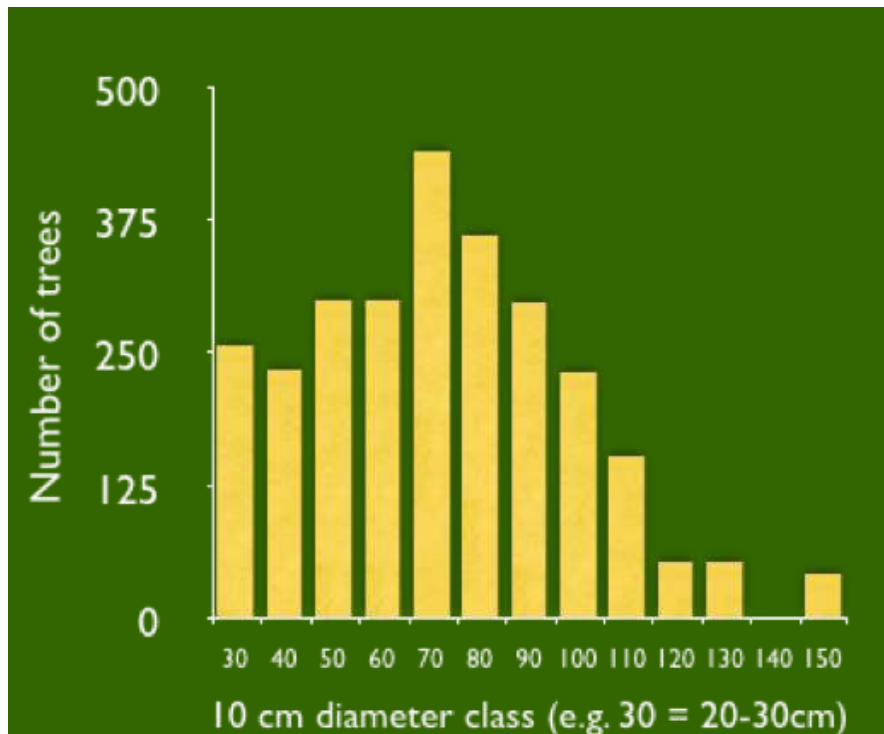
“...ez az egykor neves fa, amely mai előfordulásainak többségében már csak harmadrendű, vagy egy sűrűn elágazó cserje, a legjobb genotípusok kivágása által okozott, szélsőséges genetikai erózió mintapéldája.” (Pennington et al. 1981)



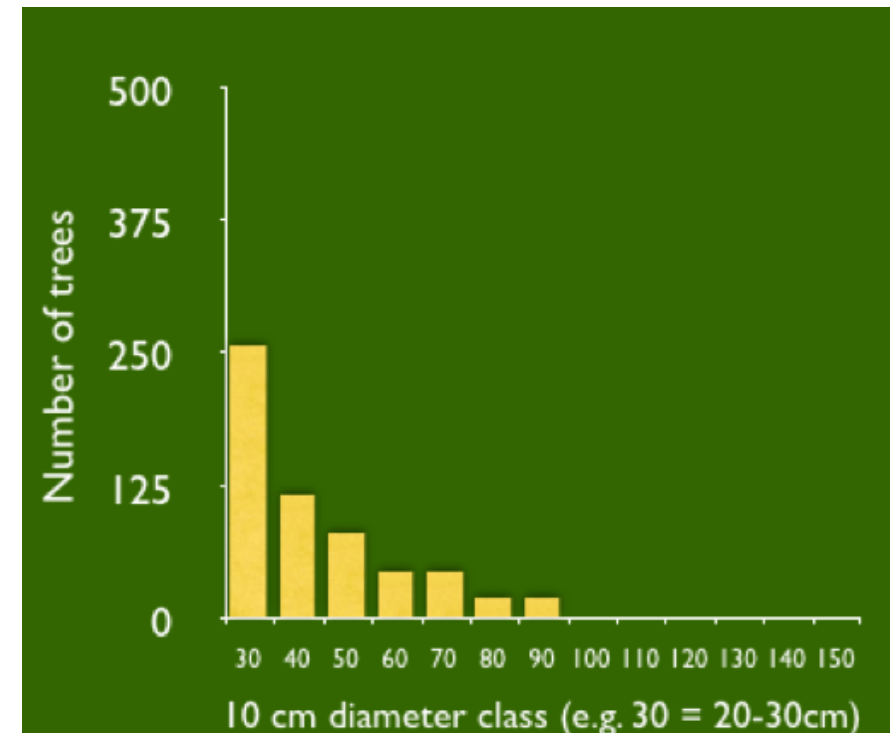


A FAKITERMELÉS SZELEKCIÓS HATÁSA

előtte



utána



Forrás: Grogan et al. 2008

TAKING COOPERATION FORWARD



genetikai nyereség = szelekciós különbség x örökölhetőség (h^2)

- ...a fenotípusos szelekció eredményének becslése, függetlenül a szelekció irányától (pozitív vs. diszgénikus)



genetikai nyereség = szelekciós különbség x örökölhetőség (h^2)

- szelekciós különbség: az eredeti populáció és a szelektált egyedek fenotípusos középértékének eltérése
- a fenotípusos fölény generáción belüli mértéke
- genetikai háttér és környezet által egyaránt befolyásolt



genetikai nyereség = szelekciós különbség x örökölhetőség (h^2)

Örökölhetőség (heritabilitás): annak mértéke, hogy egy adott jelleg generációkon át való kifejeződését mennyiben határozzák meg genetikai faktorok, s mennyiben környezeti hatások.

(0: csak környezeti hatások alakítják a jelleget ... 1: a jelleg genetikailag determinált)



genetikai nyereség = szelekciós különbség x örökölhetőség (h^2)

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

$$h^2 = \frac{V_A}{V_G + VE}$$

➤ a szűkebb értelemben vett heritabilitás csak az additív varianciát (V_A) veszi figyelembe

$$h^2 = \frac{V_A}{V_A + VD + VI + VE}$$



- FRANKLIN, Ian Robert. Evolutionary change in small populations. 1980.
- PALMBERG, Christel. Geographic variation and early growth in south-eastern semi-arid Australia of *Pinus halepensis* Mill. and the *P. brutia* Ten. species complex. *Silvae Genetica*, 1975, 24: 150-160.
- PENNINGTON, Terence D., et al. *A monograph of neotropical Meliaceae (with accounts of the subfamily Swietenioideae by BT Styles and the chemotaxonomy by DAH Taylor)*. 1981.
- GROGAN, James, et al. What loggers leave behind: impacts on big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) commercial populations and potential for post-logging recovery in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 2008, 255.2: 269-281.

