

TAKING  
**COOPERATION**  
FORWARD



 **SUSTREE D.C.3.2 :Materiały szkoleniowe dla szkół i uniwersytetów**



**SUSTREE (2016-2019)**

# CZĘŚĆ 1

## Projekt SUSTREE



# BADANIA PROWENIENCYJNE DRZEW LEŚNYCH

SUSTREE to międzynarodowy projekt promujący adaptację do zmian klimatu i różnorodność genetyczną ekosystemów leśnych w Europie Środkowej.



*Uczestnicy projektu SUSTREE*



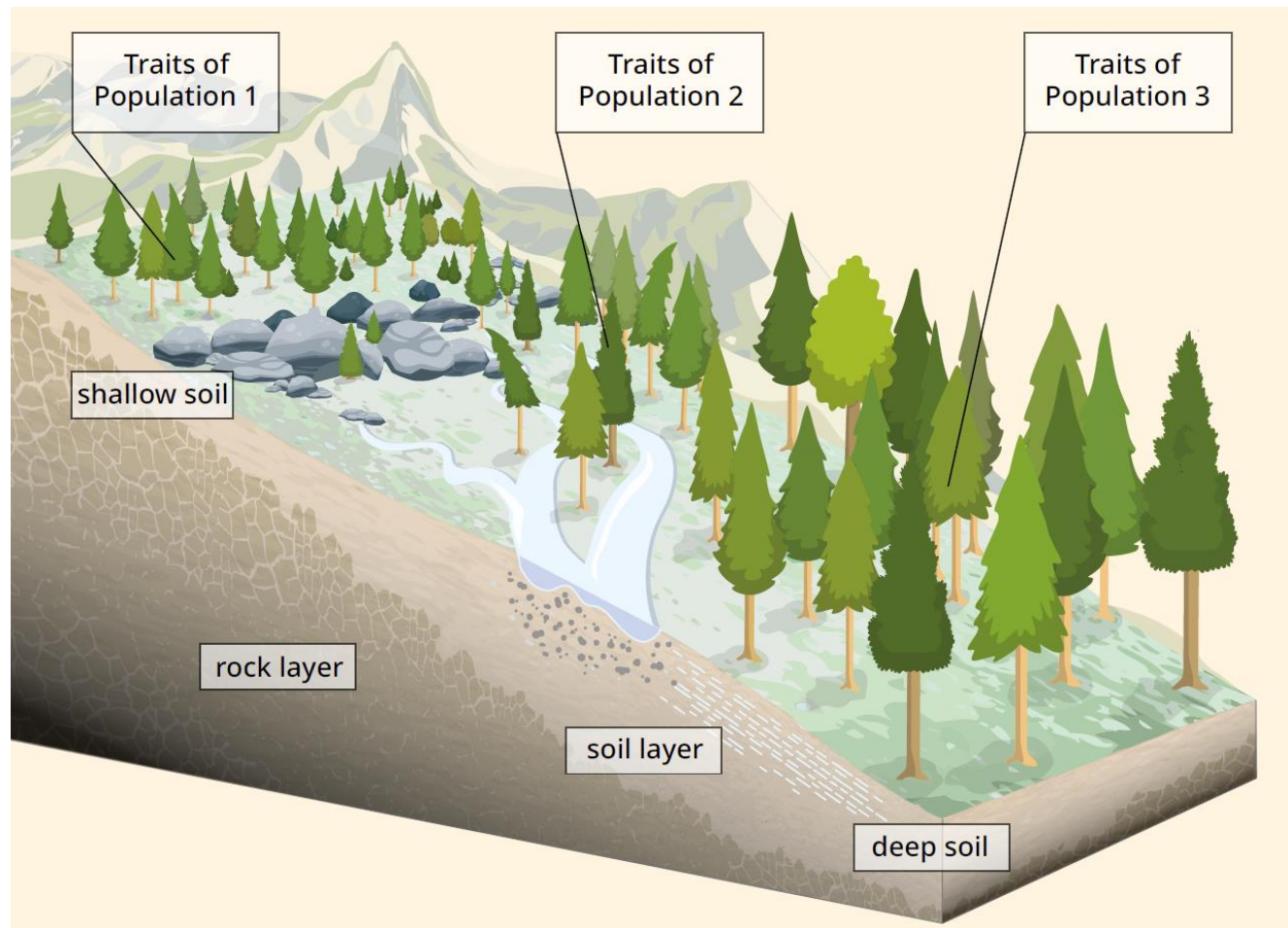
## Przestanie SUSTREE :

- Drzewa leśne wykazują bardzo dużą zdolność adaptacji do lokalnego klimatu gwarantując optymalny wzrost w niezmiennych warunkach środowiska.
- Zachodzące zmiany klimatu zakłócają dotychczasowe warunki, tym samym podważając powszechne przekonanie o „przewadze populacji lokalnych”.
- Regiony pochodzenia leśnego materiału podstawowego (LMP) w krajach Europy centralnej, różnią się co do kryteriów ich wyznaczenia i nie wspomagają adaptacji lasów do zmian klimatycznych.
- Przepisy dotyczące przemieszczania i wykorzystania leśnego materiału rozmnożeniowego (LMR) powinny uwzględniać, oprócz lokalnego przystosowania, także aktywne zarządzanie leśnymi zasobami genowymi i LMR w warunkach zmian klimatu.





# BADANIA PROWENIENCYJNE DRZEW LEŚNYCH

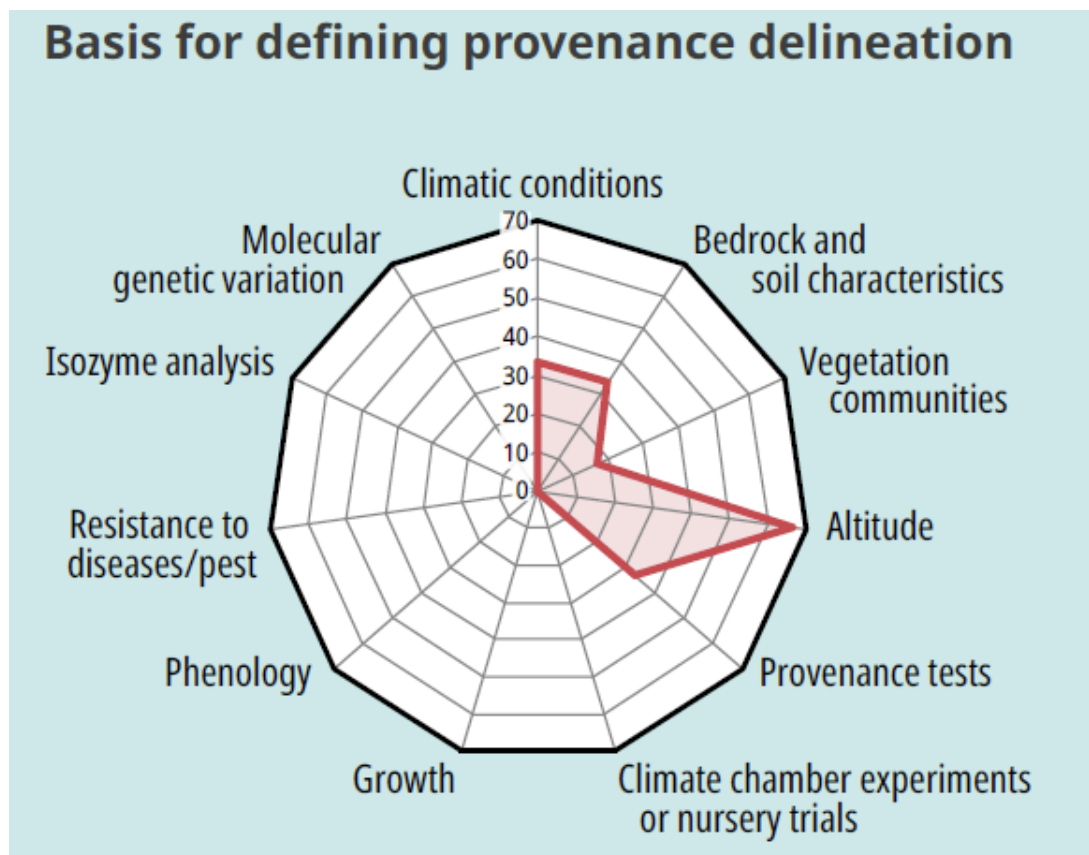


*Populacje drzew wyróżnione na podstawie gradientu wysokości i gleby*



# PRAWODAWSTWO EUROPEJSKIE DOTYCZĄCE TRANSFERU NASION

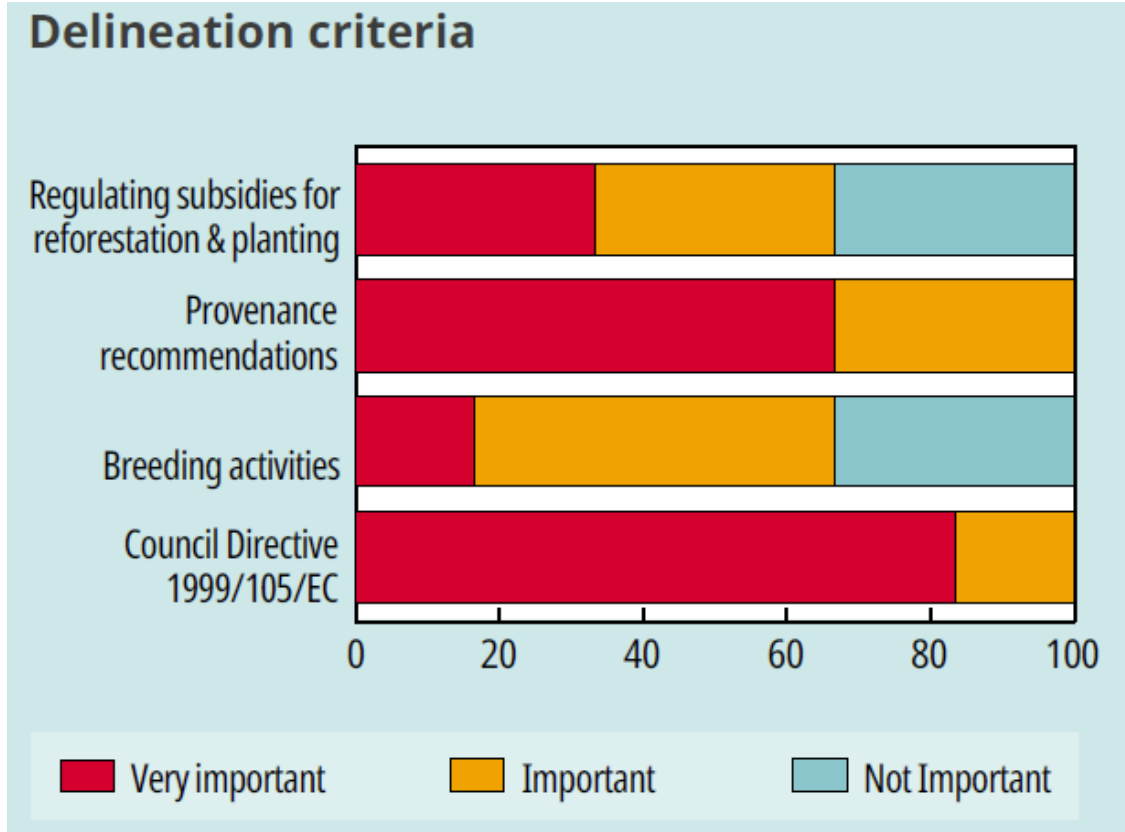
## *Kryteria wyznaczania regionów pochodzenia LMR*



Regiony pochodzenia wydzielone na podstawie kryterium zasięgu regionów przyrodniczo leśnych, okresów wegetacji, podobieństwa fenotypowego i genetycznego, różnią się w zależności od kraju.



## *Funkcje Regionów Proweniencji*



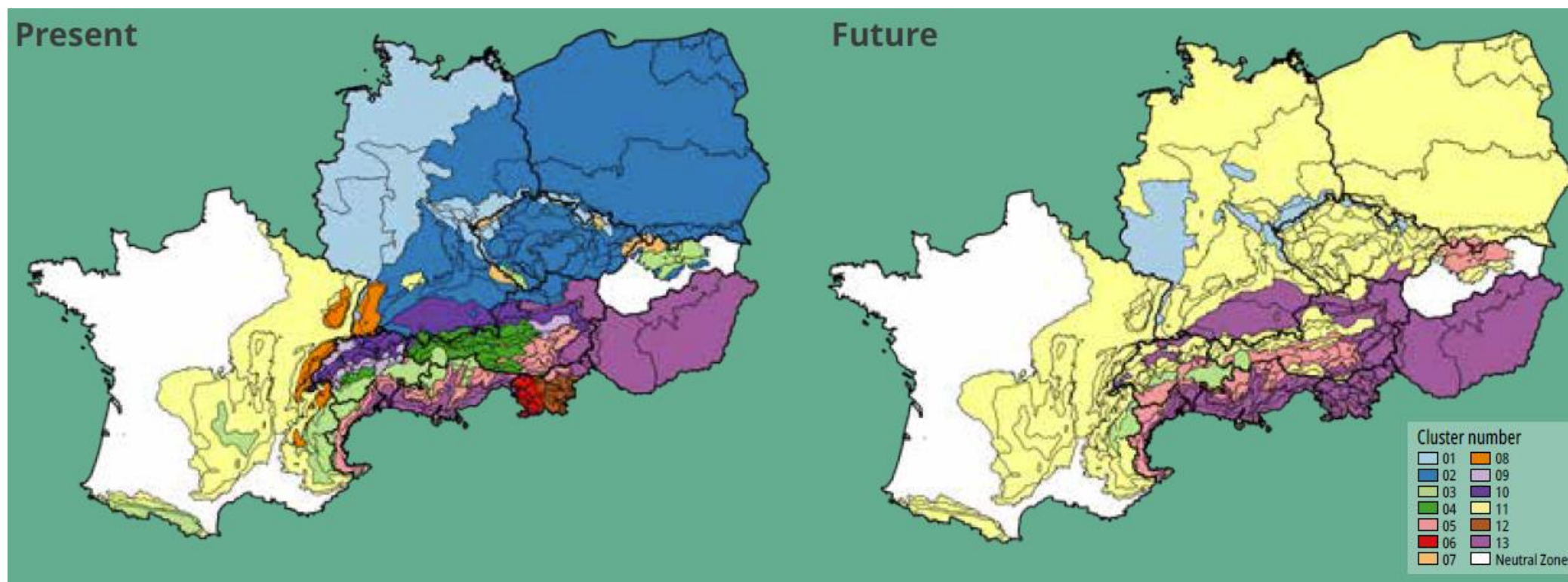
Przepisy krajowe mogą pośrednio utrudniać adaptacyjne zarządzanie na podstawie zmian klimatycznych poprzez ograniczenie transferu LMR między regionami pochodzenia i między krajami.

Np. Ograniczona jest możliwość przenoszenia nasion i sadzonek drzew leśnych przez granice do Polski, Słowacji i Czech.



# REGIONY POCHODZENIA W WARUNKACH ZMIAN KLIMATU

*Klimatyczne podobieństwo regionów pochodzenia dla świerka pospolitego (*Picea abies* L.) w obecnym klimacie (po lewej) i spodziewane zmiany w przyszłym klimacie (po prawej). Present - Stan Obecny , Future -Prognoza, Cluster number - Liczba grup, neutral zone - strefa neutralna.*

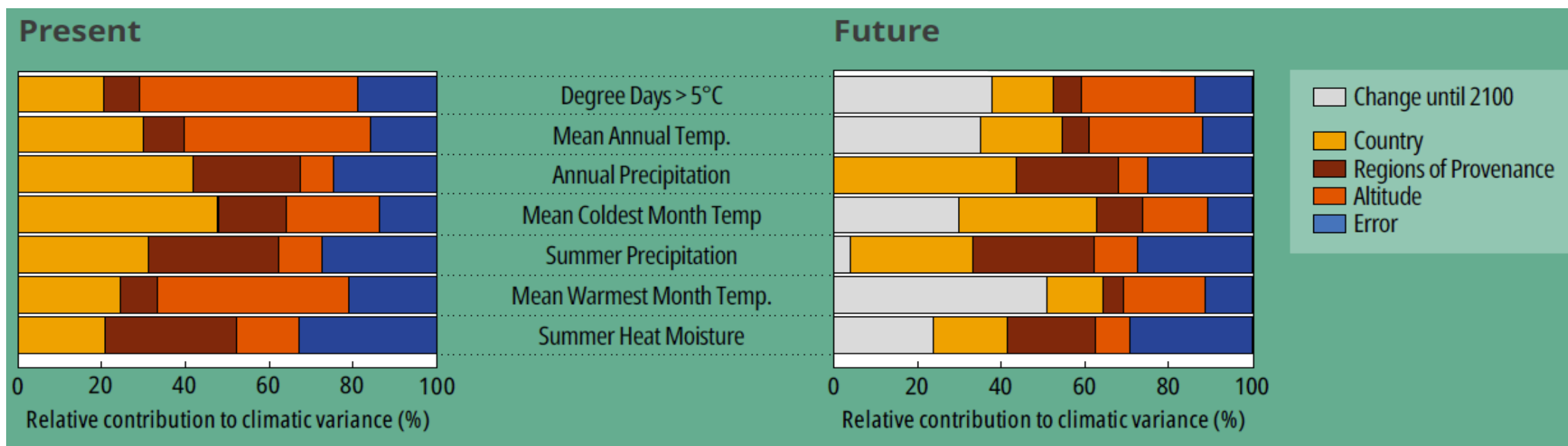




# REGIONY POCHODZENIA W WARUNKACH ZMIAN KLIMATU

*Jak dobrze regiony pochodzenia, granice państw i wysokość n.p.m. odzwierciedlają zmienność parametrów klimatycznych.*

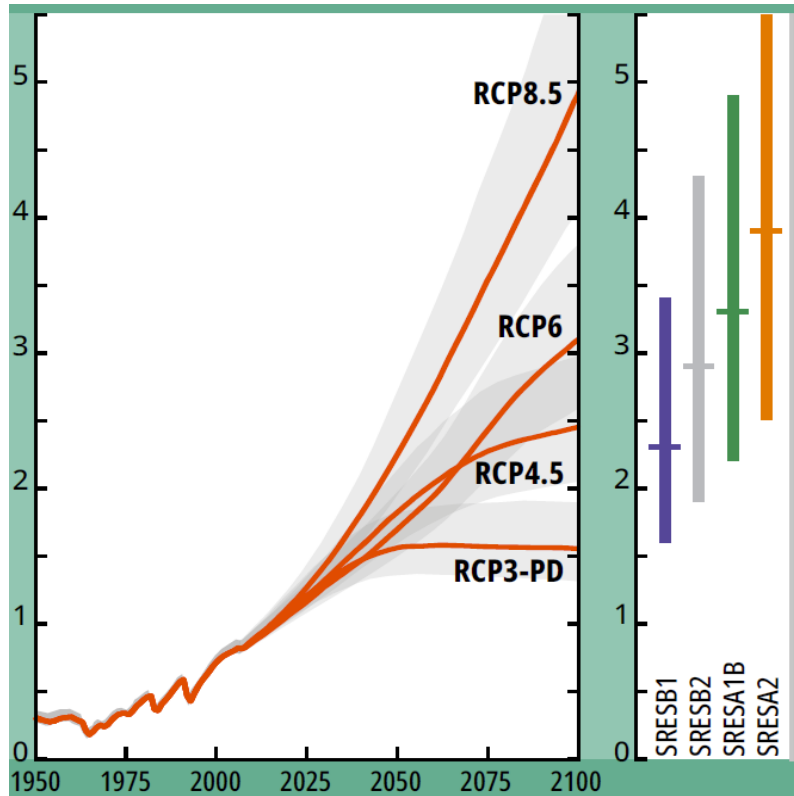
*(%) - Procent wyjaśnianej zmienności klimatu*





# REGIONY POCHODZENIA W WARUNKACH ZMIAN KLIMATU

Biorąc pod uwagę spodziewane zmiany klimatu, wydaje się, że ani regiony pochodzenia, ani granice państw nie odzwierciedlają zmienności czynników klimatycznych w europejskich lasach. Dlatego też reguły przenoszenia LMR, oparte na granicach państwowych i obecnych regionach pochodzenia powinny być zrewidowane.



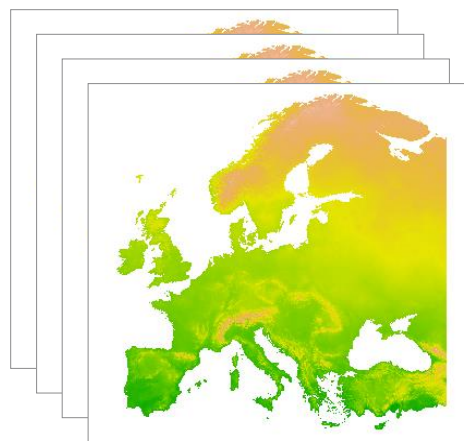
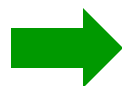
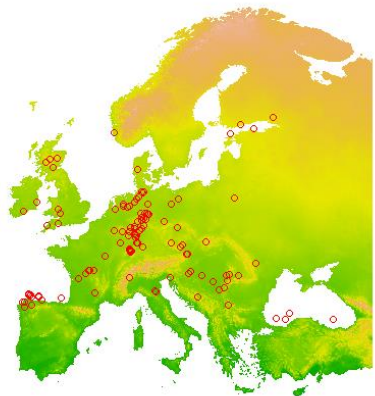
Obserwowane i symulowane średnie temperatury w pobliżu powierzchni ziemi, w okresie 1950-2100, przedstawione jako odchylenia od średniej temperatury z lat 1980-1999 dla czterech scenariuszy RCP (ang. Representative Concentration Pathways - RCP). Źródło: Rogelj i in. (2012)



# OPRACOWANIE MODELU

Wyniki doświadczeń proweniencyjnych

Dane środowiskowe



Matryca danych (Prov trial+Environment data)

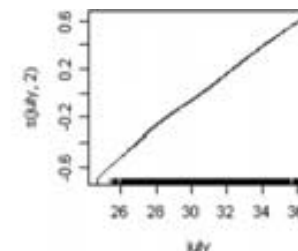
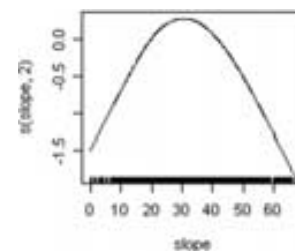
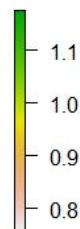
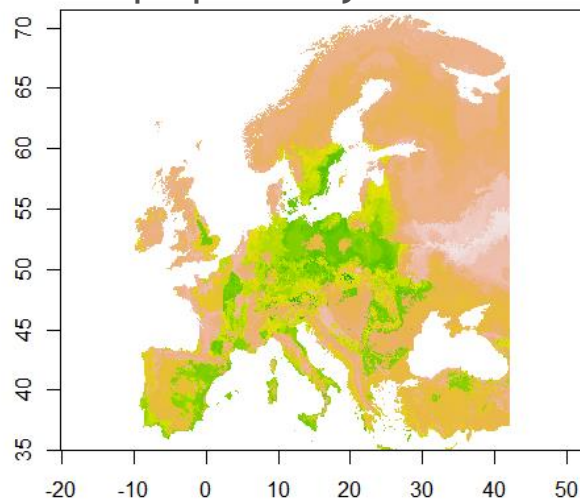
x	y	Env1	Env2	Env3	Douglas-fir
25.4499998	71.1500011	1.50	4.25	21.90	1
25.5499998	71.1500011	1.27	4.46	22.40	1
25.6499998	71.1500011	1.42	3.46	20.06	1
25.7499998	71.1500011	1.46	3.94	21.57	1
25.8499998	71.1500011	1.79	3.28	18.67	0
27.6499998	71.1500011	0.47	3.86	20.17	0
27.7499998	71.1500011	1.25	3.90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



Dopasowanie modelu statystycznego

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

Mapa produktywności



Ocena modelu i jego dostosowanie

TAKING COOPERATION FORWARD



## UNIVERSALNA FUNKCJA ODPOWIEDZI (Universal Response Function)

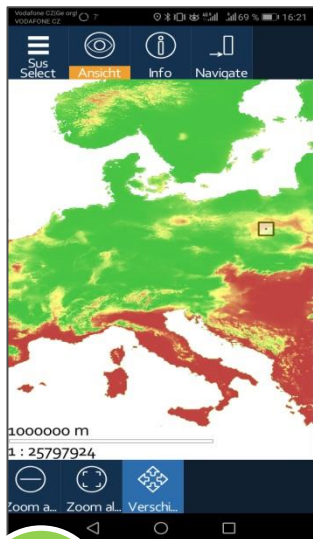
$$\text{Productivity} = f(\text{Env}_1 + \text{Env}_2 + \text{Env}_3 \dots \text{Env}_n)$$

*Z wykorzystaniem funkcji najmniejszych kwadratów  
(With Quadratic Function)*

*Funkcja Las losowy - Random Forest*

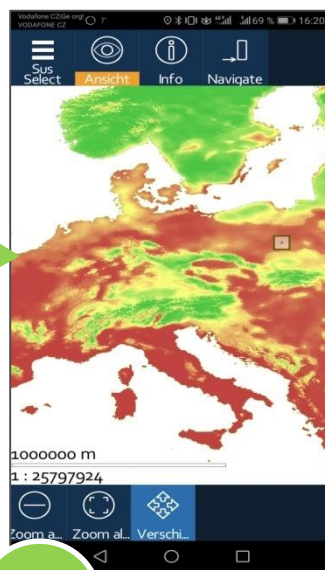


# APLIKACJA NA SMATFONY SUSSELECT



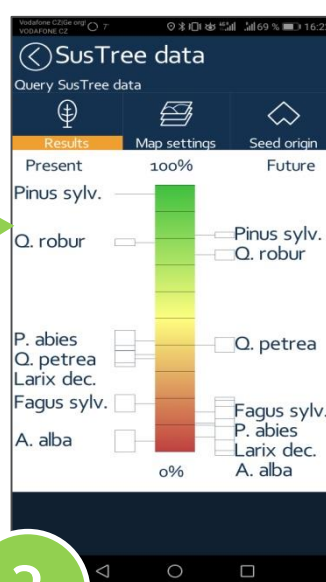
1

Mapa dostosowania populacji gatunków drzew w obecnym klimacie



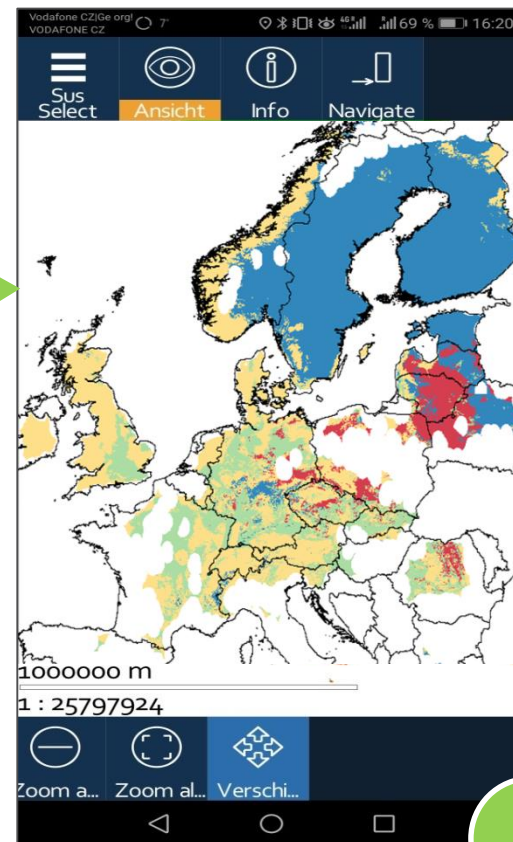
2

.....W  
prognozowanym  
przyszłym klimacie



3

Porównanie  
dostosowania  
różnych gatunków



4

Wyszukanie  
najodpowiedniejszego  
leśnego materiału  
rozmnożeniowego

SusSelect aplikacja GIS opracowana w SUSTREE podaje obecne i przyszłe dostosowanie dla siedmiu gatunków drzew leśnych oraz proponuje pochodzenia LMR do wykorzystania w zalesieniach i odnowieniach



# CZĘŚĆ 2

## Badania proveniencyjne drzew leśnych



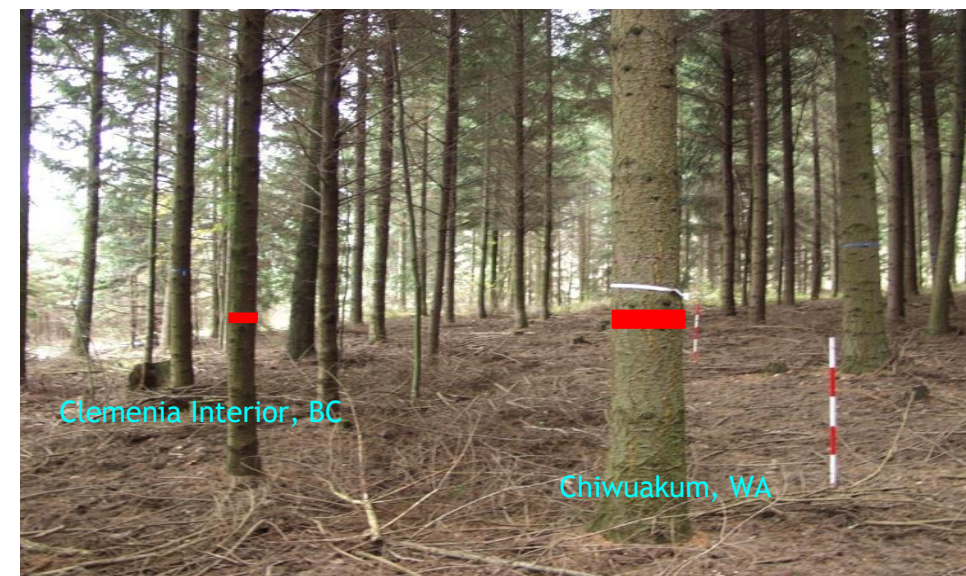


# Badania proveniencyjne drzew leśnych

Proweniencja = pochodzenie

Definicja: Proweniencja - wyróżniająca się grupa drzew lub populacja związana z geograficzną lokalizacją.

Doświadczenie proveniencyjne - eksperymenty, założone w jednej lub kilku lokalizacjach, w celu oceny zmienności genetycznej badanych proveniencji (patrz proveniencja).



Zróznicowanie wymiarów pierśnicy daglezi zielonej (Douglas-fir) pochodzącej z Waszyngtonu (WA) i Kolumbii Brytyjskiej (BC) w Ameryce Północnej na proveniencyjnej powierzchni doświadczalnej we wschodniej Austrii.  
(Fot.: Lambert Weißenbacher, BFW)



# HISTORIA BADAŃ PROWENIENCYJNYCH

Głównym powodem zakładania doświadczeń proveniencyjnych były niespełnione oczekiwania związane ze złą jakością i stanem zdrowotnym, niską produkcją drewna, drzewostanów które wyrosły z nasion pochodzących z zagranicy.

Drzewa, które wyrastały z nasion pochodzących z innych obszarów, znacząco odmiennych, reagowały na nowe warunki wzrostu.



# CELE BADAŃ PROWENIENCYJNYCH

Celem jest ocena, w jaki sposób to samo pochodzenie rośnie w różnych warunkach terenowych.

- Uzyskanie informacji na temat zmienności geograficznej gatunku w produkcji drewna, jakości, jak również wrażliwości na czynniki środowiskowe jako podstawy późniejszego wyboru najlepszych proveniencji dla potrzeb gospodarki leśnej (lub dla wprowadzenia badanych gatunków).
- Ograniczenie możliwości transferu nasion (odległość i ograniczenia kierunku).
- Uzyskanie materiału do dalszej hodowli.
- Przewidywanie dostosowania populacji i gatunków do przyszłego klimatu.

Innymi słowy: badania proveniencyjne dostarczają informacji na temat:

- Charakterystyki badanej populacji indywidualnej (ekotypów).
- Ich potencjału pod względem produkcji drewna.
- Ich potencjału adaptacyjnego
- Plastyczności fenotypowej / stabilności



# CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA ZMIENNOŚĆ GEOGRAFICZNĄ:

## OBSZAR NATURALNEGO WYSTĘPOWANIA

Gatunki o dużym zasięgu (np. *Pinus sylvestris*, *Picea mariana*) mają zazwyczaj wyższe zróżnicowanie genetyczne niż te o mniejszych zasięgach (np. *Pinus radiata*, *Picea omorika*).

→ Wpływ ogólnych klimatycznych i ekologicznych różnic (zwłaszcza ze względu na klimat kontynentalny vs oceaniczny) → stopniowa zmiana cech zgodnie z gradientem geograficznym nazywanym „klinem”.



# ZASIĘG GEOGRAFICZNY



*Picea mariana*



*Picea omorika*





# ZASIĘG GEOGRAFICZNY



*Pinus sylvestris*



*Pinus uncinata*

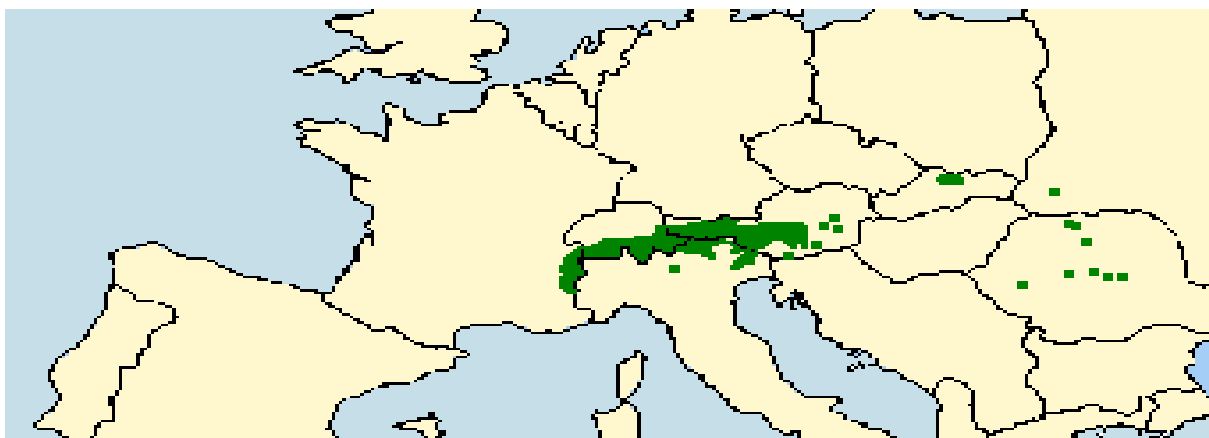


Występowanie gór, zakres wysokościowy - wpływa na lokalne różnice klimatyczne i typ gleby.

Ze względu na charakter obszaru naturalnego występowania

Zasięgi dzielimy na ciągły i nieciągły

Zasięg nieciągły składa się z kilku mniejszych części; wewnątrz tych grup nie ma przepływu genów (e.g. *Pinus cembra* or *Larix decidua*).



*Pinus cembra*



- **gradient szerokości geograficznej (północ -południe)** to najsilniejszy trend w zmienności klinalnej, konsekwencją jest zmienny sezon wegetacyjny, niższa średnia i ekstremalne temperatury na północy, różnice w fotoperiodzie,...)
- **gradient wilgotności (suchy-wilgotny obszar)** Porównanie proveniencji pochodzących z obszarów o różnych reżimach wilgotności.
- **gradient pionowy temperatury (wysokość npm)** - Różnica wysokości o 1000 m oznacza zmianę klimatu odpowiadającą  $10^{\circ}$  różnicy szerokości geograficznej (około  $10^{\circ}\text{C}$  w średniej temperaturze). Jest to tak zwany gradient suchoadiabatyczny. Na tempo zmian temperatury wraz z wysokością ma także wpływ wilgotność powietrza tj. konwekcja i promieniowanie cieplne gruntu, co sprawia, że rzeczywisty współczynnik upływu wynosi  $0,5-0,65^{\circ}\text{C}$  na 100m. Mówimy wówczas o wilgotnoadiabatycznym gradiencie temperatury.



- Na zakładanych proveniencyjnych powierzchniach doświadczalnych powinny znaleźć się próby (populacje) reprezentujące cały obszar naturalnej dystrybucji gatunku.
- Aby kontrolować gradient północ-południe, wsch.-zach. Powinno się znaleźć 10-15 pochodzeń
- Biorąc pod uwagę odchylenia od tych tendencji, liczba potrzebnych proveniencji wzrasta do 20 - 30 w obrębie gatunków o małych obszarach i 50 - 100 w obrębie gatunków o dużych obszarach naturalnego występowania.
- Największe doświadczenie proveniencyjne założone w Czechosłowacji (1964-1968) obejmowało 1100 pochodzeń świerka pospolitego.



- Liczba proveniencji testowanych na powierzchni jest funkcją naturalnego obszaru występowania gatunku (im większy obszar, tym więcej potrzebnych proveniencji), jak również jego zmienności w tym obszarze.
- Liczba doświadczeń proveniencyjnych jest funkcją zróżnicowania obszaru docelowego (Republika Czeska jest dość niejednorodna, w związku z czym należy ustalić więcej prób porównawczych).





- Liczba powtórzeń (bloków) jest funkcją zróżnicowania obszaru na którym założono doświadczenie. Najczęściej 3-4 bloki ( tzn. każde pochodzenie jest powtórzone 3-4 razy na powierzchni, dzięki czemu zmienność genetyczna i środowiskowa mogą być rozróżnione.
- Liczba drzew na poletku zależy od czasu trwania doświadczenia i testowanego gatunku najczęściej 25 - 36 drzew, odstępy zależą od dostępnej przestrzeni i indywidualnych wymagań gatunku (np. 2 x 2 m).

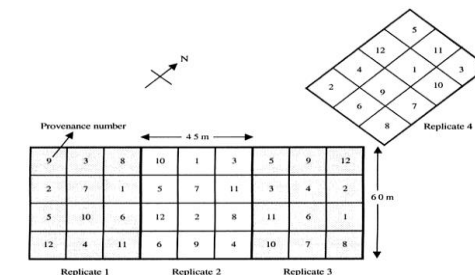
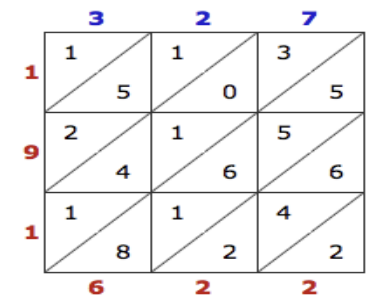


Metody rozmieszczania pochodzeń na powierzchni doświadczalnej

## Układ bloków losowanych

- Każdy blok zawiera wszystkie testowane proveniencje ich układ wewnątrz bloku jest losowy
- Liczba bloków jest zwykle większa niż 3, zwykle wynosi 4
- Jest to metoda progresywna; wystarczająca do miarodajnych analiz statystycznych.

## LATTICE METHOD - Kwadrat łaciński

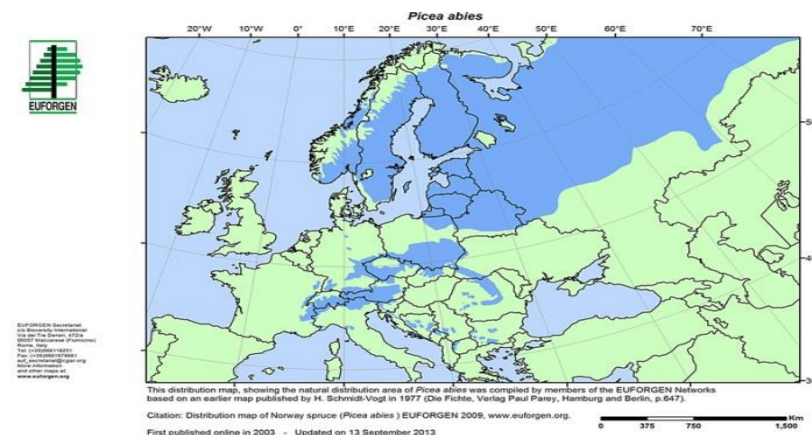


## SINGLE - TREE PLOTS - Poletka jednodrzewowe



# ZASIĘG WYSTĘPOWANIA ŚWIERKA POSPOLITEGO W EUROPIE

- Region alpejski- Południowo europejski  
obszary: południowa Europa, Południowa część Alp, Alpy Północne
- Region Hercyński - Carpathian  
obszary: Hercyński, Zachodnio-Karpacki (Sudecki),  
Wschodnio-Karpacki
- Region Bałtycki i Północny  
obszary: Północna Polska, Wschodnio-Bałtycki, Centralnej Skandynawi,  
Północnej Skandynawi





Lokalizacja gatunku







Drzewa reprezentujące trzy populacje sosny zwyczajnej na powierzchni w Sękocinie (centralna Polska) w doświadczeniu IUFRO 1982







*Różnice w ugałężeniu*







# DOŚWIADCZENIA PROWENIENCYJNE DRZEW LEŚNYCH







# DOŚWIADCZENIA PROWENIENCYJNE DRZEW LEŚNYCH



















# CZĘŚĆ 3

## Sposoby ochrony bioróżnorodności populacji drzew leśnych





- Zachowanie aktualnej różnorodności (ekosystem, gatunek, genetyka)
- Ochrona potencjału ewolucyjnego gatunków
- Zapewnienie możliwości korzystania ze zmienności dla przyszłych pokoleń



## *Działania bezpośrednie*

- Zmniejszenie efektywnej wielkości populacji
- Zwiększenie przestrzennej izolacji
- Zmniejszenie zagęszczenia populacji
- zmiany lokalnego środowiska

## *Procesy genetyczne*

- dryft genetyczny
- przepływ genów
- krzyżowanie - chów wsobny
- selekcja



Źródło nasion	Wysokość siewek(cm)
I pokolenie	32.5
II pokolenie	20.7
III pokolenie	18.1



Source: Byjus.com



# JAKA POWINNA BYĆ WIELKOŚĆ PRÓBY DO ZACHOWANIA ZASOBÓW GENOWYCH?

- zasada 50/500 (Franklin 1980)
- **50** - depresja chowu wsobnego do akceptowalnego poziomu
- **500** - wystarczające dla nowej mutacji, aby zastąpić utratę spowodowaną dryfem genetycznym
- Liczby odnoszą się raczej do efektywnej wielkości populacji ( $N_e$ ) niż do liczby osobników ( $N$ ) - dlatego być może potrzeba dużo więcej!
- Dla drzew  $N_e$  mniejsze niż  $N$  wynika z: nakładających się pokoleń, dwupienności, asynchronicznego kwitnienia i różnic płodności między osobnikami



## *In situ - Ex situ*

***In situ*** - rezerваты i parki narodowe  
niezniszczonych wewnątrz naturalnego  
zasięgu gatunku (oparty na ekosystemie)

***Ex situ*** - sztuczne utrzymywanie  
populacji poza naturalnym  
rozmieszczeniem (w oparciu o gatunek)





# ZACHOWANIE BIORÓŻNORODNOŚCI *IN SITU* : DRZEWA JAKO PARADYGMAT

## Idealny model rezerwatu

Nacisk: duże, ciągłe, chronione obszary

Ograniczenia: lokalizacja, rozmiar, odległość, bezpieczeństwo, biologia

- Przemieszczanie się zwierząt
- Duży zasięg wielu gatunków
- Przepływ genów między populacjami
- Wyżynne, nierolnicze obszary
- Różnorodne siedlisko

*Niezbędne, ale niewystarczające*



# ZACHOWANIE BIORÓŻNORODNOŚCI *EX SITU* : METODY I OGRANICZENIA

Banki genów (nasion) - *problemy z regeneracją*

Plantacje - *zmiany w częstości genów, kilka populacji*

Ogrody botaniczne - *braki w ochronie puli genowej*



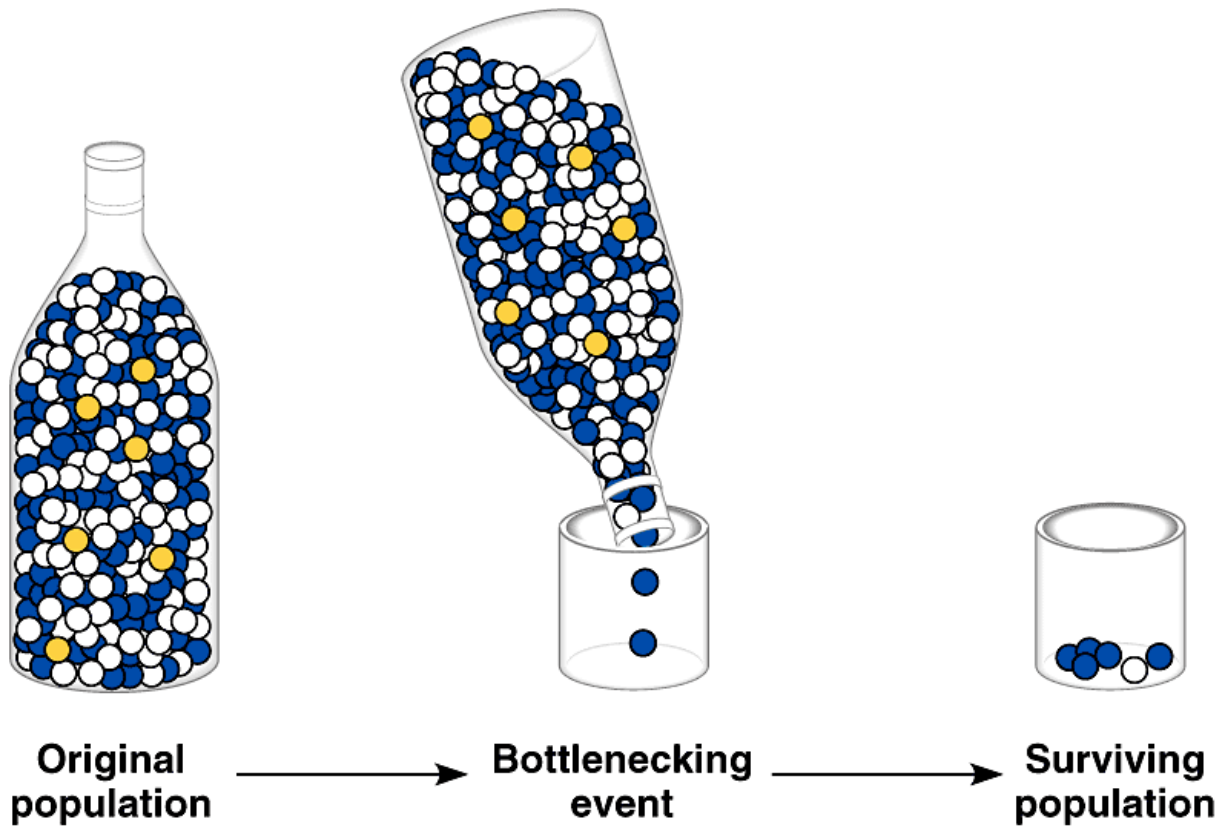
# ZACHOWANIE BIORÓŻNORODNOŚCI *EX SITU*: METODY I OGRANICZENIA

- Przydatna, ale zasoby ograniczają zastosowanie do kilku gatunków (zazwyczaj komercyjnych)
- Ostatnia szansa dla wysoce zagrożonych gatunków
- Uzupełniająca metoda dla i innych sposobów



# ZACHOWANIE BIORÓŻNORODNOŚCI *EX SITU*: METODY I OGRANICZENIA

„wąskie gardło” → dryft genetyczny

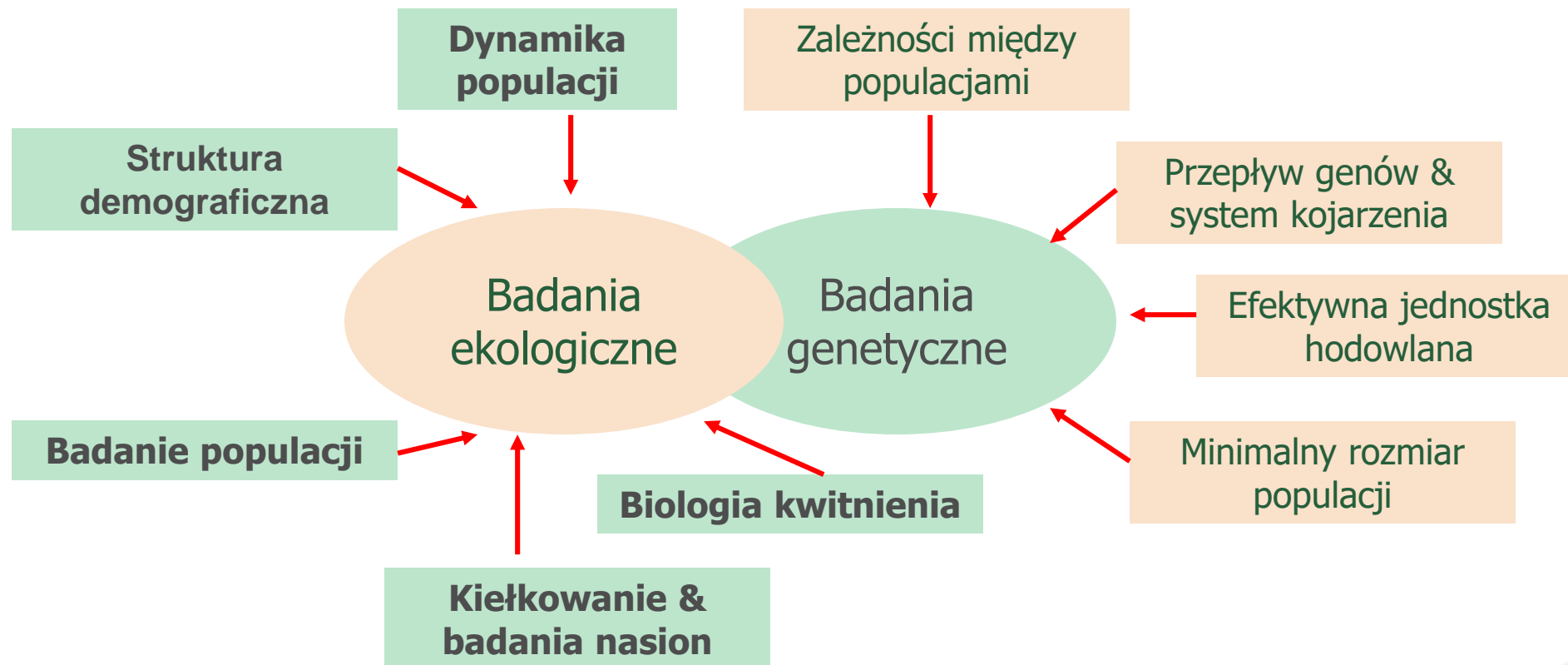


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



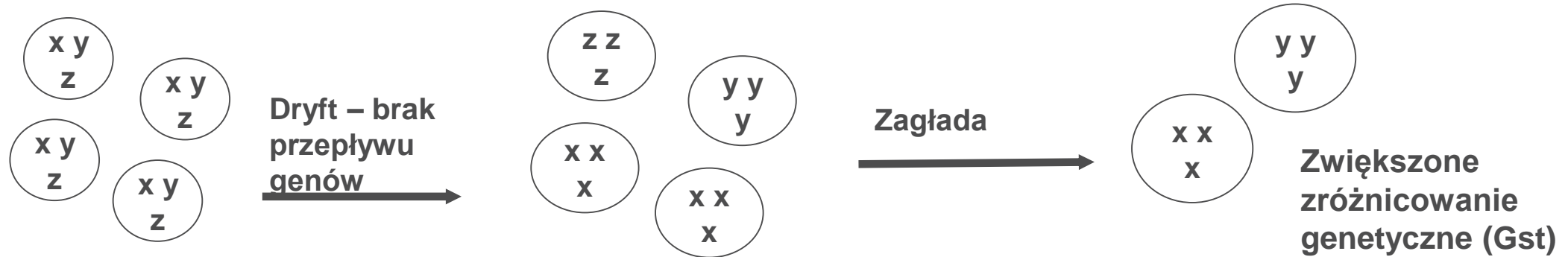


➤ Należy pamiętać, że badania ekologiczne i genetyczne uzupełniają się, a nie dotyczą innych obszarów

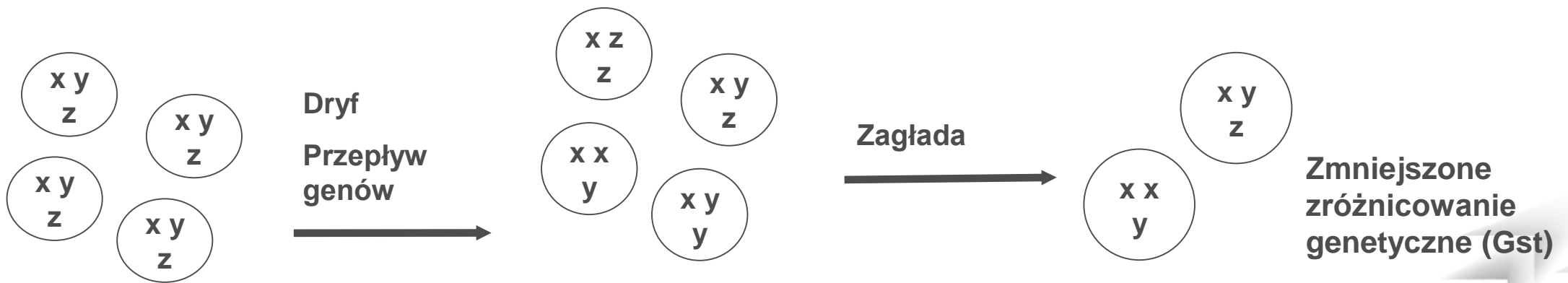


# ZACHOWANIE BIORÓŻNORODNOŚCI: PROCESY GENETYCZNE

## A: Dryf i wymieranie: utrata różnorodności genetycznej



## B: Przepływ genów zmniejsza utratę różnorodności genetycznej



# FRAGMENTARYCZNIE ZMIENIONE WZORCE KRZYŻOWANIA

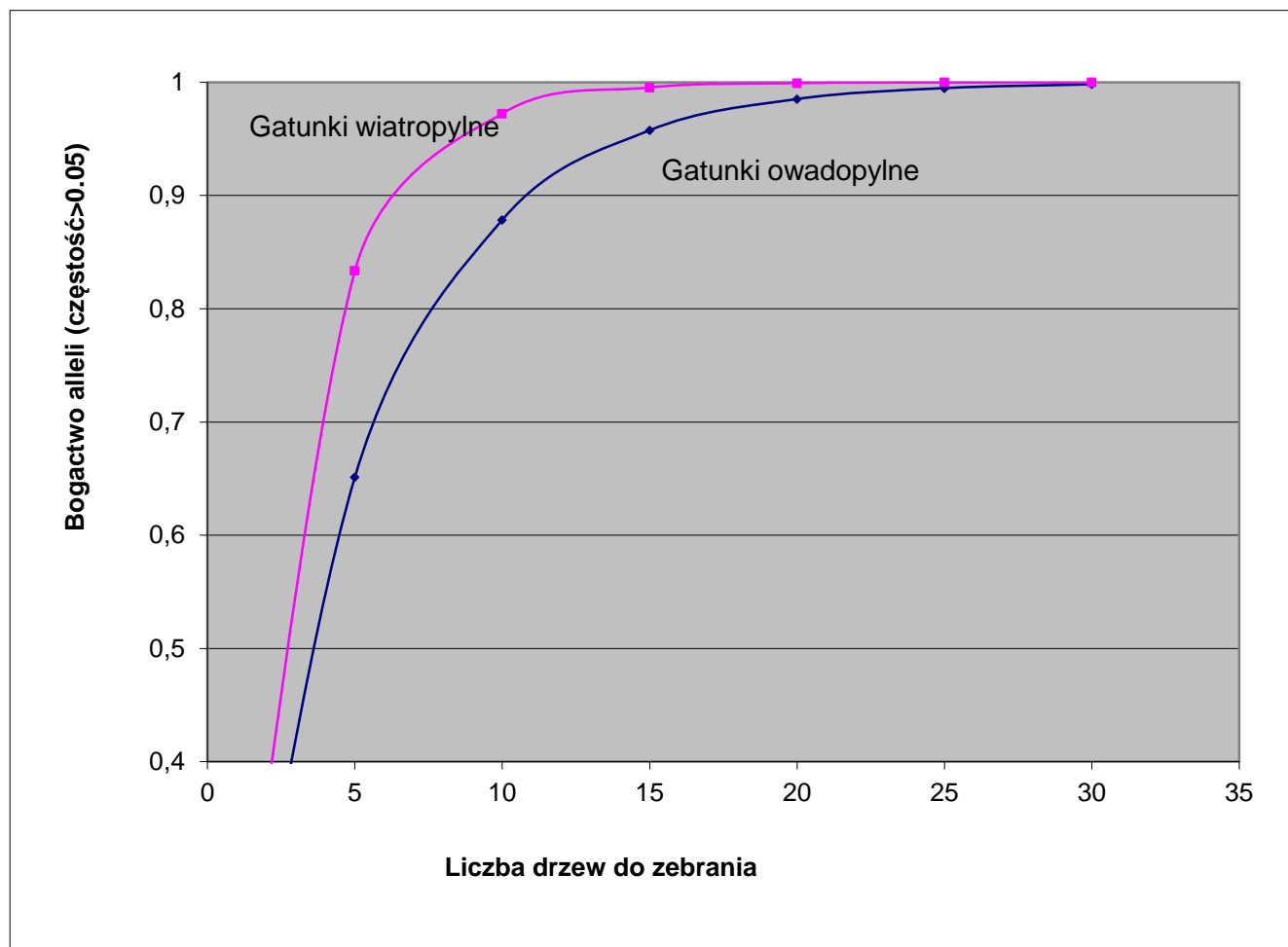
Prognozy:    zwiększenie chowu wsobnego  
                  większa dyspersja pyłku  
                  mniej reproduktorów



W środku lasu

TAKING COOPERATION FORWARD

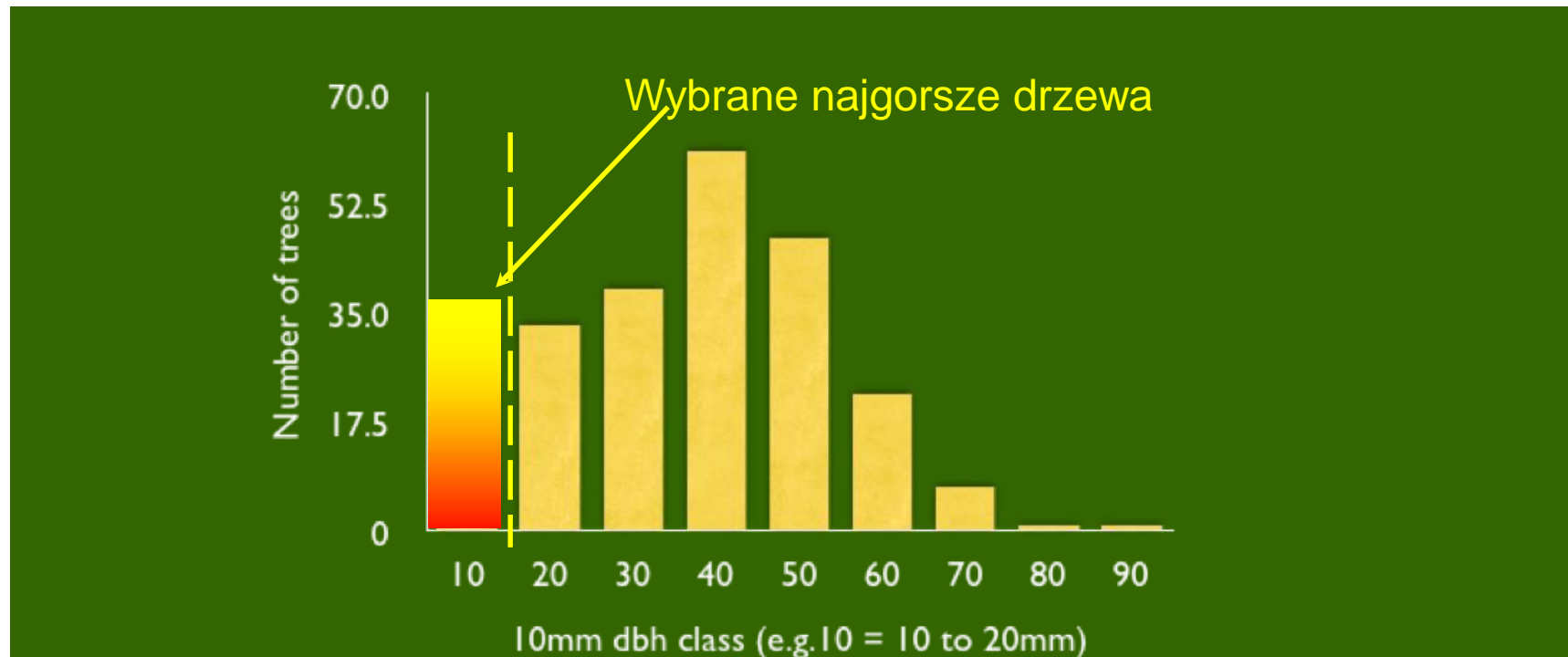
# Z ILU DRZEW ZBIERAĆ?





## SELEKCJA DYSGENICZNA

- **Dysgenic selection** to selekcja prowadząca do niepożądaney zmiany **kierunkowej** jakości genetycznej w ciągu jednego lub więcej pokoleń



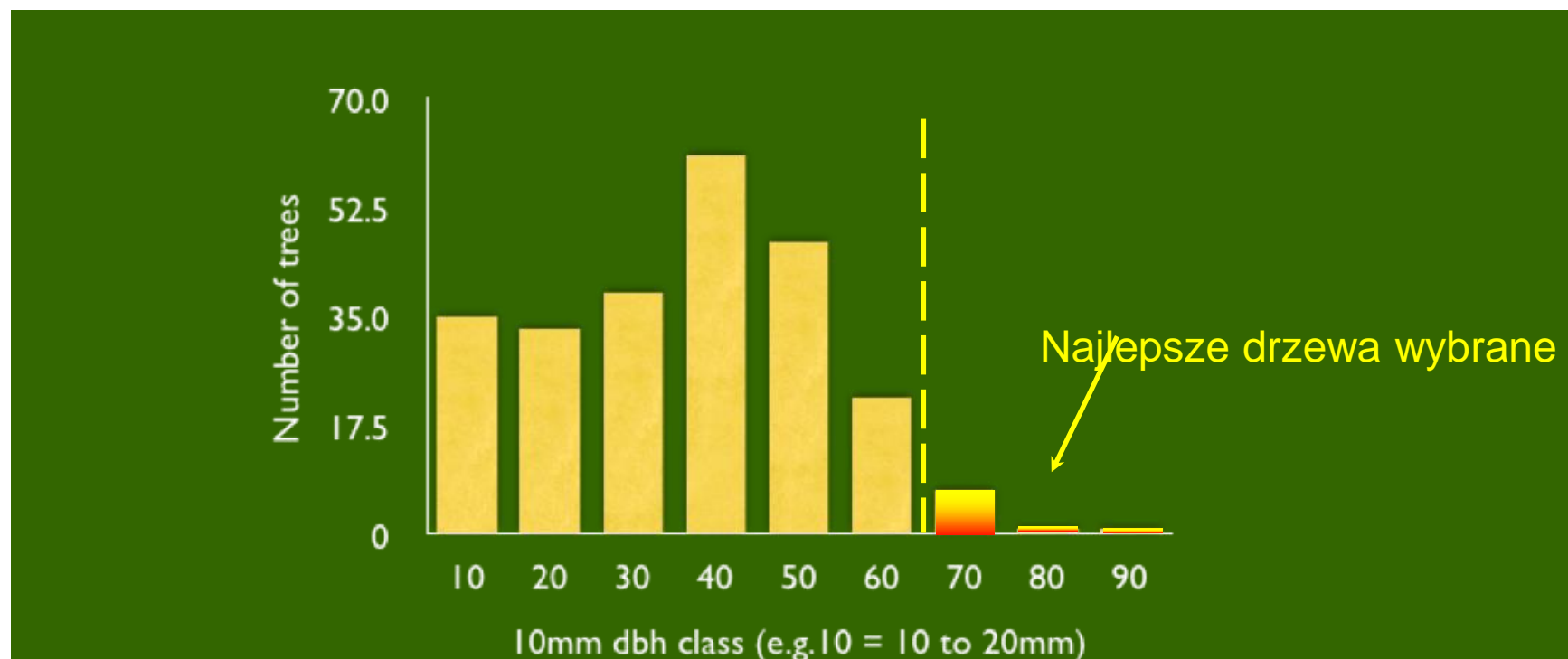
“... kolejną godną uwagi cechą jest brak wyraźnych wzorów zmienności w odniesieniu do szerokości i długości geograficznej; może to wynikać z faktu, że lasy naturalne wokół Morza Śródziemnego zostały zakłócone przez człowieka i przez wieki podlegały **selekcji dysgenicznej**”  
(Palmberg 1975)



“... w większości obszarów to niegdyś słynne drzewo występuje obecnie jako niewiele więcej niż rozgałęziony krzew lub małe drzewo, co stanowi doskonały przykład skrajnej erozji genetycznej z powodu eksploatacji najlepszych genotypów w przeszłości” (Pennington et al. 1981)



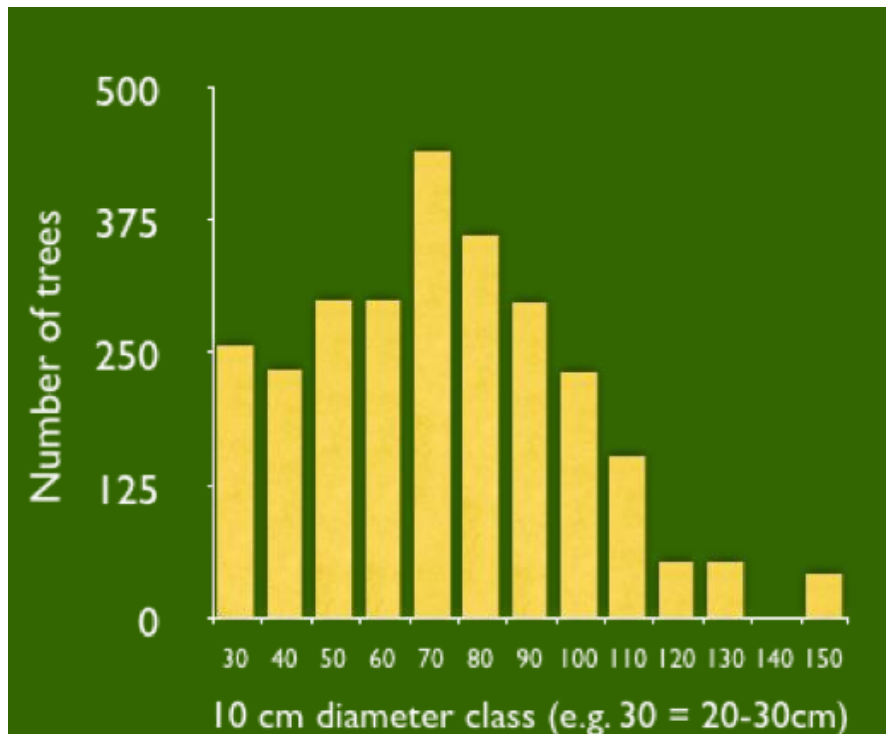
# FENOTYPOWA SELEKCJA POZYTYWNA MAJĄCA NA CELU POPRAWĘ GENETYCZNĄ



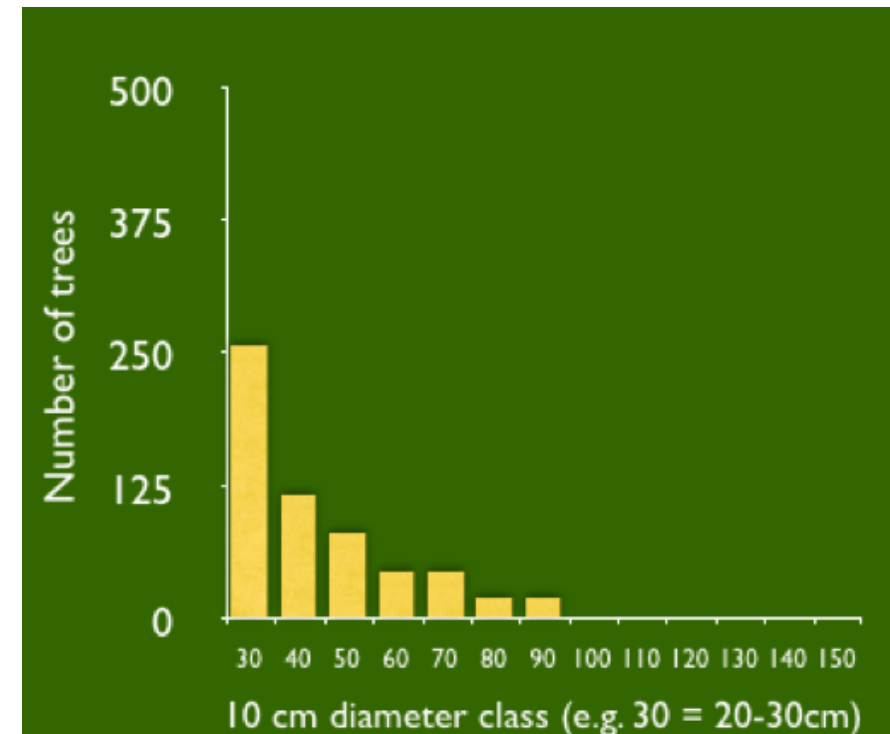


# SELEKCJA SPOWODOWANA RABUNKOWĄ WYCINKĄ

Przed cięciem



Po wycięciu



Na podstawie Grogan i in. 2008

TAKING COOPERATION FORWARD



Odpowiedź na selekcję ( $R$ ) = różnica selekcyjna ( $S$ ) x odziedziczalność ( $h^2$ )

- ...pozwała przewidzieć wpływ selekcji fenotypowej, zarówno pozytywnej (poprawa), jak i negatywnej (dysgenicznnej)



ODPOWIEDŹ NA SELEKCJĘ (R) = **RÓŻNICA SELEKCYJNA (S)** X ODZIEDZICZALNOŚĆ ( $H^2$ )

➤ Różnica selekcyjna = różnica między średnią wybranych osobników a średnią populacji

➤ Jeśli średnia pierśnica drzewa doborowego wynosi 40 cm, a średnia dla populacji równa jest 20 cm, to  $S = 20$  cm

- Różnica selekcji jest miarą przewagi fenotypowej w obrębie pokolenia i zazwyczaj odzwierciedla różnice środowiskowe, a także różnice genetyczne



ODPOWIEDŹ NA SELEKCJĘ (R) = **RÓŻNICA SELEKCYJNA (S)** X ODZIEDZICZALNOŚĆ ( $H^2$ )

Odziedziczalność = stopień, w jakim „przewaga” mierzona w różnicy selekcyjnej jest przekazywana potomstwu wyselekcjonowanych osobników

- Wartość odziedziczalności kształtuje się od zera do jednego





ODPOWIEDŹ NA SELEKCJĘ (R) = RÓŻNICA SELEKCYJNA (S) X ODZIEDZICZALNOŚĆ ( $H^2$ )

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

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

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

➤ Określając odziedziczalność, używana jest tylko dziedziczność w wąskim sensie (sensu stricte), ponieważ tylko zmienność wynikająca z efektów addytywnych jest tu uwzględniana



- 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.

