

Genetika a šlechtění lesních dřevin

Zachování a reprodukce genových zdrojů lesních dřevin

Doc. Ing. RNDr. Eva Palátová, PhD.

Ing. R. Longauer, CSc.

Ústav zakládání a pěstění lesů

LDF MENDELU Brno



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



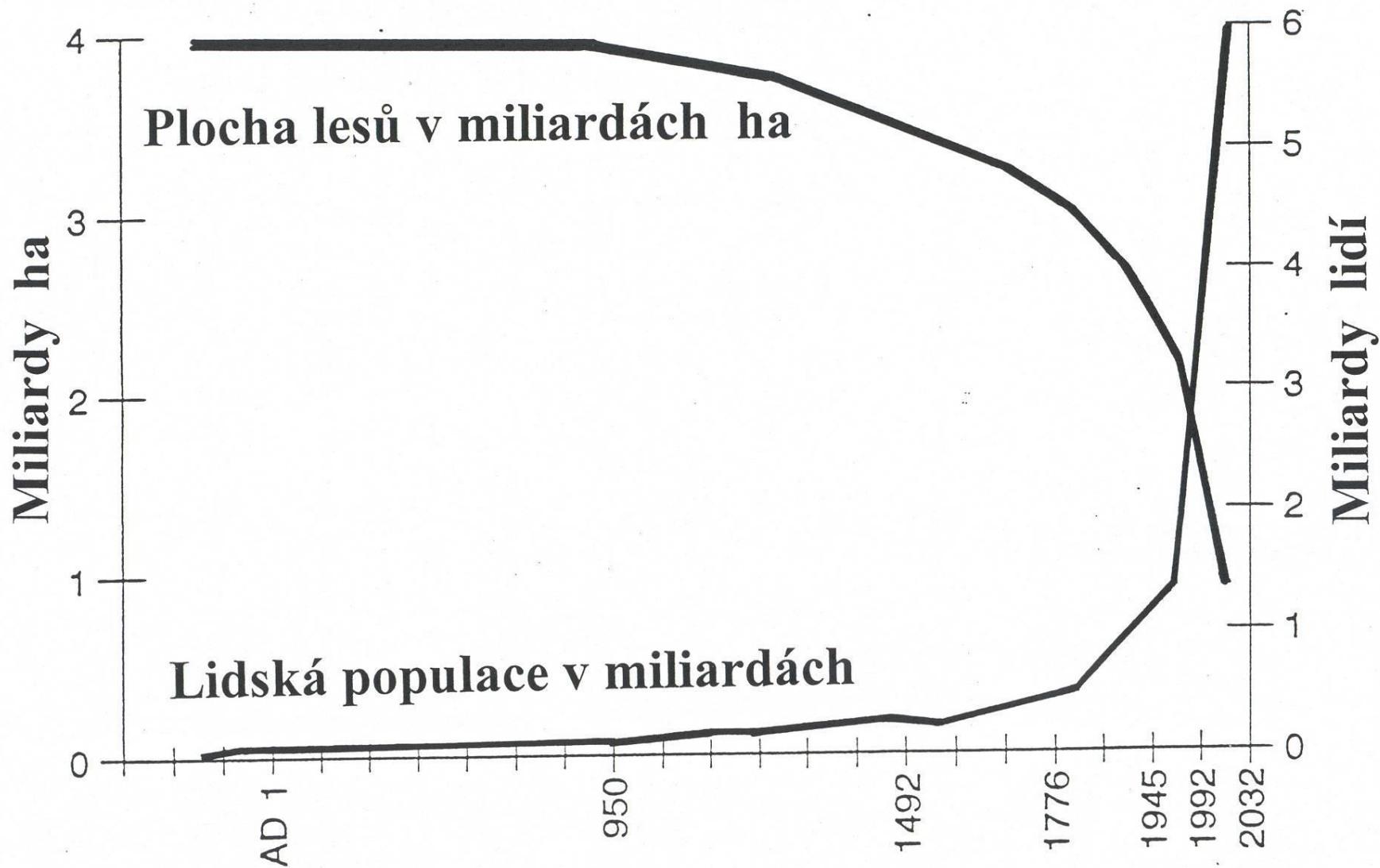
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Osnova:

- 1. Genofond (genové zdroje) lesních dřevin**
 - 1.1 Klasifikace genových zdrojů
 - 1.2 Vlivy ohrožující genofond
 - 1.3 Jaký genofond chránit a proč
 - 1.4 Způsoby zachování genofondu
 - 1.5 Reprodukce genofondu
 - 1.6 Postup při zachování genofondu
- 2. Ohrožené druhy a ekotypy v ČR (2010)**
- 3. Opatření k zachování a reprodukci genových zdrojů**

Globální vývoj plochy lesů a lidské populace (Gore 1992, FAO)



Negativní dopady ztráty lesů

1. Ztráta produkčního potenciálu
2. Zhoršení ekologických podmínek
3. Snížená možnost vazby CO₂ ze spalovacích procesů
4. Nenávratná ztráta druhů

biodiverzita = proměnlivost všech forem života

- **rozmanitost ekosystémů**

- **druhová diverzita**

- **genetická diverzita v rámci druhu**



I. Ministerská konference o ochraně evropských lesů (Strasbourg 1990)

Téma: ochrana lesů a trvale udržitelného zachování
biodiversity lesů

Rezoluce:

- S I. Vytvoření sítě stálých ploch pro výzkum lesních ekosystémů
- S II. Zachování lesních genetických zdrojů**
- S III. Vytvoření centralizované databanky lesních požárů
- S IV. Hospodaření v horských lesích v nových enviromentálních podmínkách
- S V. Rozšíření evropské sítě pro výzkum fyziologie stromů (EUROSILVA)
- S VI. Vytvoření a propojení evropské sítě pro výzkum lesních ekosystémů

II. Ministerská konference o ochraně evropských lesů (Helsinki 1993)

Téma: odpovídající způsob hospodaření v lesích a trvale udržitelný rozvoj

Rezoluce

H1 Obecné zásady trvale udržitelného hospodaření v lesích Evropy

H2 Obecné zásady ochrany a trvale udržitelného zachování biodiversity evropských lesů

H3 Lesnická spolupráce se státy ve stádiu přechodu na jiný typ ekonomiky

H4 Strategie procesu dlouhodobé adaptace evropských lesů na klimatické změny

III. Ministerská konference o ochraně evropských lesů (Lisabon 1998)

L1 Lidé, lesy a lesnictví

L2 Celoevropská kritéria, ukazatele směrnic na provozní úrovni pro trvale udržitelné hospodaření v lesích

IV. Ministerská konference o ochraně evropských lesů (Vídeň 2003)

V4 Zachování a podpora biologické diverzity lesů v Evropě

V. a VI. ministerská konference o ochraně evropských lesů ve Varšavě 2008 a Oslu 2013 potvrdili platnost všech dosavadních závazků.

EUFORGEN European Forest Genetics Resources
Program – **Evropský program pro lesní genetické zdroje**

- **program spolupráce při ochraně genetické diversity evropských lesů**

V návaznosti na EUFORGEN vznikl – s podporou EÚ –

Evropský informační systém pro lesní genetické zdroje
EUFGIS - <http://portal.eufgis.org/>

Celoevropské minimální požadavky na objekty pro ochranu genofondu lesních dřevin (Pan-European minimum requirements for gene conservation units of forest trees)

- Zřízení orgánem státní správy, garance dlouhodobosti ochrany
- Minimální velikost 500 reprodukcí cílové dřeviny

Datové standardy pro objekty sloužící k uchování genofondu
(Data standards for the gene conservation units)

Právní řád ČR od 1. 1. 2014:

***Zákon 232/2013 sb, kterým se mění zákon 149/2003 sb
o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin ...
ustanovuje samostatní hlavou **Národní program pro ochranu
a reprodukci genofondu lesních dřevin*****

- včetně zásad ochrany a reprodukce genofondu lesn. dřevin,
- zásad shromáždování, hodnocení a poskytování vzorků jejich genetických zdrojů a
- financování opatření pro zachování genofondu lesních dřevin.

1. Genofond lesních dřevin

= soubor všech genetických informací (genů a alel) zakódovaných v jedincích tvořících populace

Genetický zdroj

= jakýkoliv materiál současné nebo potenciální hodnoty obsahující funkční jednotky dědičnosti (t.j. soubory jedinců, jedince i jejich pletiva nebo tkáně).

Zákon 149/2003 o obchodu s LRM ve znění pozdějších předpisů uvádí jako genetické zdroje lesních dřevin:

- 1. reprodukční materiál,***
- 2. zdroje reprodukčního materiálu,***
- 3. genové základny.***

1.1 Klasifikace genových zdrojů

primární

- **původní nenarušené ekosystémy**
- **druhová a genetická diversita je výsledkem evoluce**
- **nezměněná genetická struktura, nejširší proměnlivost**
(pralesy)

sekundární

- **populace s narušenou (změněnou) genetickou strukturou**
- **změna dle intenzity obhospodařování**
(přírozené lesy, obnova výstavky, umělá obnova)

terciární

- **syntetické populace**
- **nevznikly evolucí**
- **genetická struktura je výsledkem činnosti člověka**
(semenné sady, matečnice, proven. plochy, šlechtitelské populace..)

1.2 Vlivy ohrožující genofond

- **odlesňování a fragmentace lesů**
- **umělá obnova lesa reprodukčním materiálem, který nereprodukuje genofond zdrojových populací**
- **imise**
- **klimatické faktory** (vítr, sníh, sucho)
- **biotičtí činitelé** (choroby, škůdci)
- **způsob obhospodařování**

1.3 Jaký genofond chránit

• méně zastoupené a ohrožené druhy

• původní autochtonní populace

- jsou adaptovány na dané podmínky a mají polymorfní strukturu (velký podíl heterozygotů)
- jsou faktorem přirozené stability v krajině
- mají význam pro organismy vázané na les
- zachování genetické rozmanitosti vytváří předpoklady pro další šlechtění

1.4 Způsoby zachování genofondu

1.4.1 Statické zachování genofondu (též konzervace G.)

- cílem je udržení identity současné genetické struktury
- evoluce je vyloučena
- **Genové banky:** dlouhodobé skladování semen, pylu, explantátů (části rostlin, buněčné kultury, kryoprezervace), DNA - knihovny
- rizika při regeneraci staticky uchovaného materiálu (životnost semen, explantátů, technická náročnost)
- Zemědělství: národní genové banky
 - Globální banka semen – Norsko - Špicberky – permafrost
- Lesnictví – CZ: regionální banky semen lesních dřevin

1.4.2 Dynamické postupy zachování genofondu

– pokračuje evoluce → změna genet.struktury (adaptace)

in situ – v původní lokalitě

Lesnictví: (ochrana rodičovské populace a jejich přirozeného zmlazení)

Zemědělství : „on-farm conservation“ tradiční odrůdy se uchovávají tradičními postupy hospodaření

ex situ – mimo místo původního výskytu rodičovské populace (zakládání výsadeb, klonových archivů...)

1.4.2.1 Zachování genofondu *in situ*

- **nejvhodnější postup** (lze zařadit do normálního způsobu hospodaření)
- **pokud podmínky umožní další existenci**
- **pokud je populace dost početná**
- **dřeviny jsou vystaveny přírodnímu výběru a pokračují v evoluci**

1.4.2.2 Zachování genofondu *ex situ*

Přistupuje se k ní v případě rizika ztráty genofondu *in situ*:

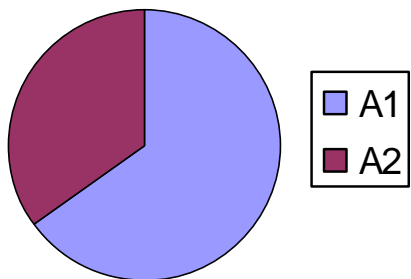
- pokud podmínky lokality nezaručují zachování životaschopné populace
- pokud populace již je příliš malá (vzácné druhy),
- jsou ohroženy jednotlivé cenné stromy (genotypy)
- působí abnormální selekční faktory



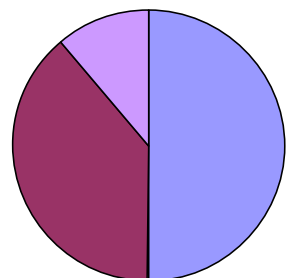
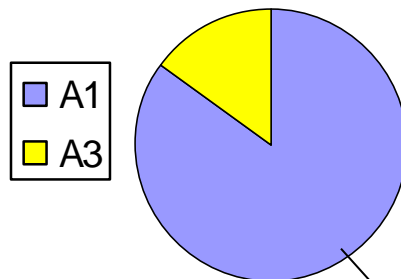
Hrozí v populaci zúžení (ochuzení) genofondu a změna alelických a genotypových frekvencí * genetickým driftem a /nebo **nežádoucím selekčním tlakem.

Vytvoření semenného sadu z izolovaných skupin stromů

Porost A

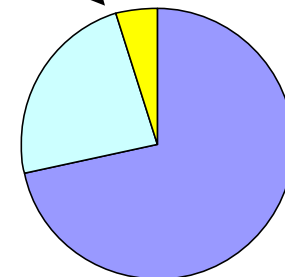


Porost B

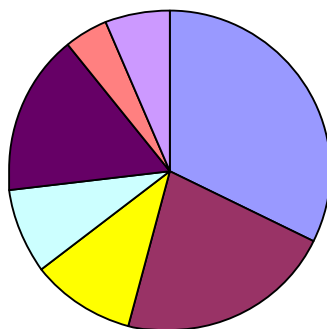


Potomstvo A

Vytvoření klonového
semenného sadu



Potomstvo B



Potomstvo v semenném sadu

1.5 Reprodukce genofondu

1.5.1 Generativní reprodukce

přirozená obnova

- má rozhodující význam při zachování genofondu *in situ*
- populace se reprodukuje ve stejných podmínkách
- selekční faktory působí na potomstvo ihned a jsou stejné jako u rodičovské generace
- vysoký počet stromů a semen snižuje pravděpodobnost ztráty genů genetickým driftem
- soubor genů se reprodukuje v celém rozsahu, včetně marginálních genů

umělá obnova

- **působí genetický drift:** zběr semen z omezeného počtu stromů, dělení partií, velikostní třídění sazenic
- **směr a intenzita přirozené selekce jsou změněny**
- **procesy přizpůsobování /adaptace jsou narušeny**

homogenní podmínky při pěstování ve školce (hnojení, pesticidy) opožďují a přenos RM mění směr selekce.



dochází ke změně genetické struktury a omezení genetické variability

1.5.2 Vegetativní reprodukce

- řízkování,
- roubování
- explantátové kultury

- použití jen není-li možná generativní reprodukce, tzn.:
 - * jsou-li ohroženy nefruktifikující porosty
 - * jsou-li ohroženy jednotlivé stromy
- nereprodukuje genofond v celé šíři

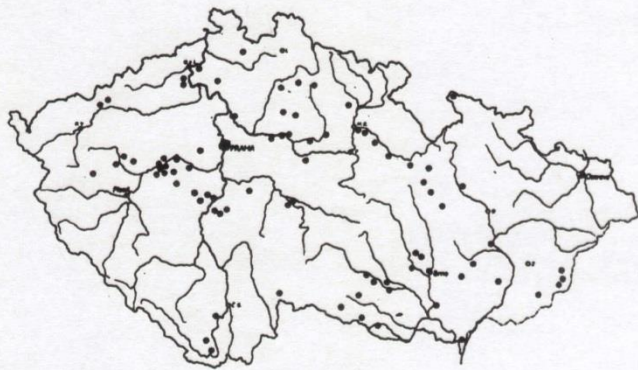


nebezpečí zúžení genetické variability

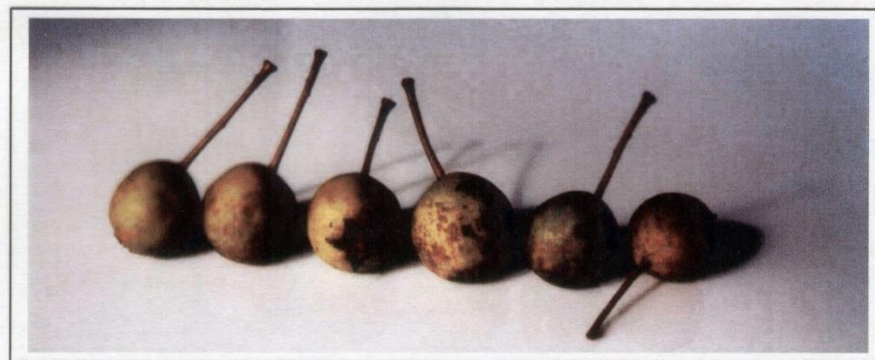
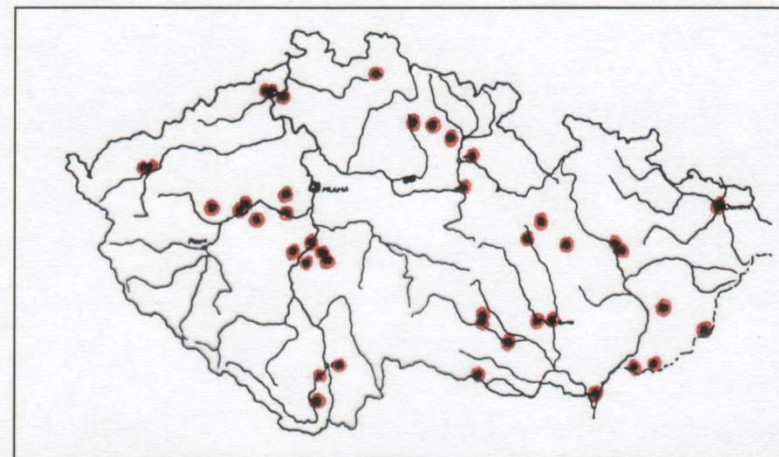
1.6 Postup při zachování genofondu

- **Evidence** ohrožených populací a inventarizace jedinců ohrožených druhů
- **Studium genetické proměnlivosti** (populace hlavních dřevin) a **identifikace** (vtroušené druhy)
- **Vypracování programu pro zachování G.**
(dle druhu dřeviny, vývojového stádia materiálu a technických předpokladů)
- **Realizace opatření**

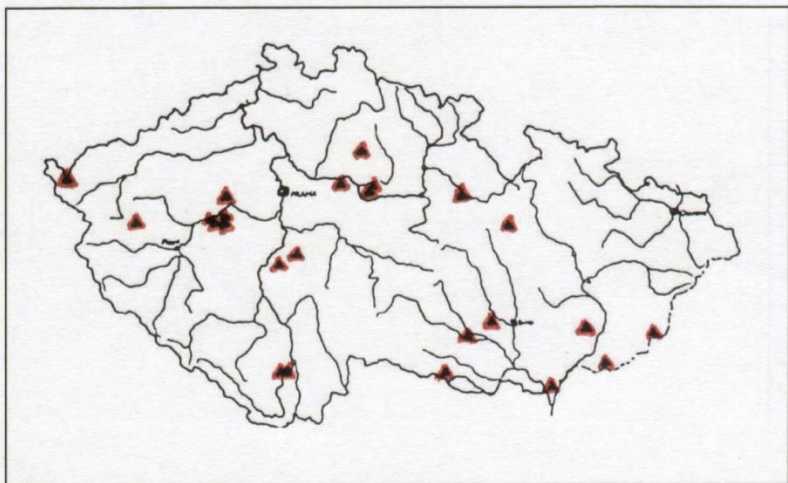
***Cerasus avium* (L.) Moench.**
Třešeň ptačí



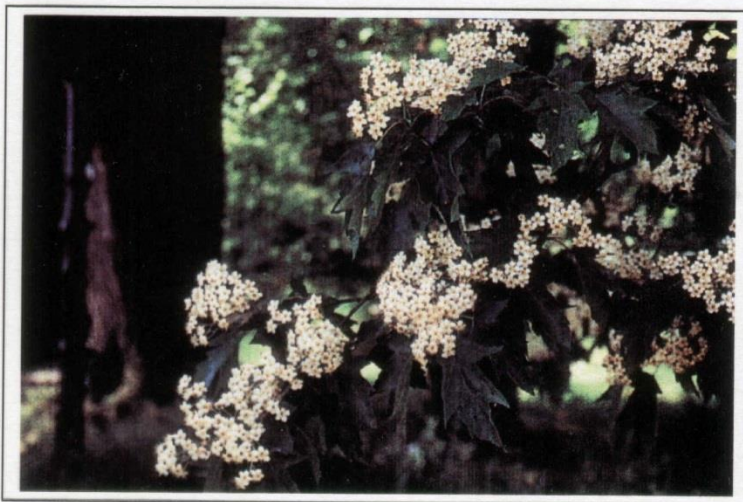
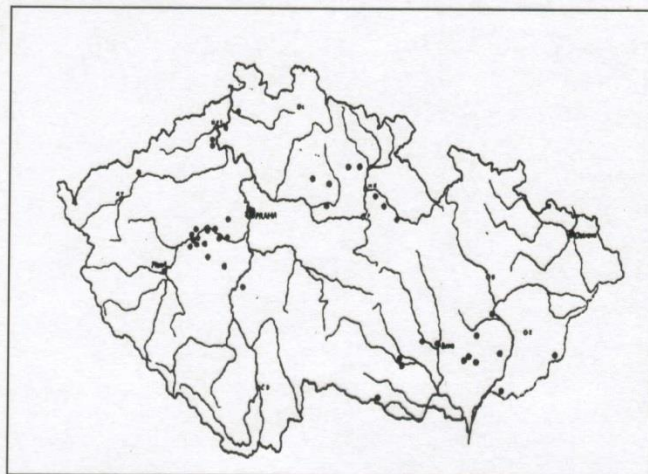
Pyrus pyraster (L.) Burgsd. Hrušeň planá (polnička)



Malus sylvestris (Mill.)
Jabloň lesní



Sorbus torminalis (L.) Crantz
Jeřáb břek



2. Ohrožené druhy a ekotypy v ČR (2010)

Dřevina, (ekotyp)	PLO, lvs	ohrožení
smrk horský	1 Krušné hory, lvs 7-8	o
	21 a Jizerské hory. lvs 7-8	o
	25 Orlické hory, lvs 7-8	o
	27 Hrubý Jeseník, lvs 8	o
	40 Beskydy, lvs 7-8	o
smrk chlumní	10 Středočeská pahork., lvs 3-4	o
	30 Dražanská vrchovina, lvs 3-4	o
jedle	všechny přír. lesní oblasti	N,6-7 lvs
borovice náhorní	1 Krušné hory, lvs 5-7	o
	3 Karlovar. vrchovina, lvs 5-7	o
	10 Český les, lvs 5-6	o
	13 Šumava, lvs 6-7	o
	16 Českomor. vrchovina, lvs 5-6	o
borovice pahorkatin	29 N.Jeseník, slezská BO, lvs 3-4	N
	15 Jihočeské pánve, lvs 3-4	N

Dřevina, (ekotyp)	LO, lvs	ohrožení
modřín	jesenický ekotyp	N
jilm	původní lokality	N
tis	původní lokality výskytu	o
jasan	horské ekotypy (sutě)	N
třešeň	původní lokality	N
hrušeň	původní lokality	N
jabloň	původní lokality	N
břek	původní lokality	N

o – kritické ohrožení, torza původních populací

N- nedostatečný výskyt v současných porostech

3. Opatření k zachování a reprodukci genových zdrojů

Volba opatření závisí na:

- **druhu dřeviny** (populace, vtroušené druhy)
- **biologii druhu** (skladování osiva, řízkování...)
- **vývojovém stádiu** (věk, fruktifikace)
- **technických předpokladech**

3.1 Opatření specifická (cílená)

- **genové základny**
- **klonové archivy**
- **reproduktivní výsadby z veget. množení**
- **semenné (udržovací) porosty**
- **genové banky**

3.1.1 Genové základny (GZ)

- **převažují autochtovní porosty fenotypové třídy A, B,**
- **komplexně převážně původní lesních porostů, které jsou schopny autoreprodukce a jejich rozloha postačuje k udržení biologické různorodosti**
- **populace se reprodukují in situ** (působí místní selekční faktory)
- **objekty trvalého nebo dlouhodobého charakteru** (porosty všech věkových stupňů)
- **objekty dynamické povahy** (probíhá evoluce), zastoupeny jsou všechny vývojové stádia porostů
- **populace se blíží panmiktické / panmixii)**
- očekáváme reprodukci genofondu v plné šíři

- vyhlašují se pro všechny druhy dřevin
(genofond JV, LP, JL, TR... se udržuje v GZ hlavních dřevin)



GZ 92 -LS Děčín



GZ 92 – LS Děčín



GZ 2 Křivoklát



- **základem pro vymezení jsou PLO, příp. diferencované dle Ivs** (GZ pro vysokohorský nebo horský SM)



- **výměra:** diferencovaně dle dřevin – min. 100 ha
- v jádrové zóně min. 500 - 1000 plodících stromů
(min. 50 u vtroušených dřevin)
- zastoupení i alel s malými četnostmi, proměnlivé ekologické podmínky → větší genetická variabilita

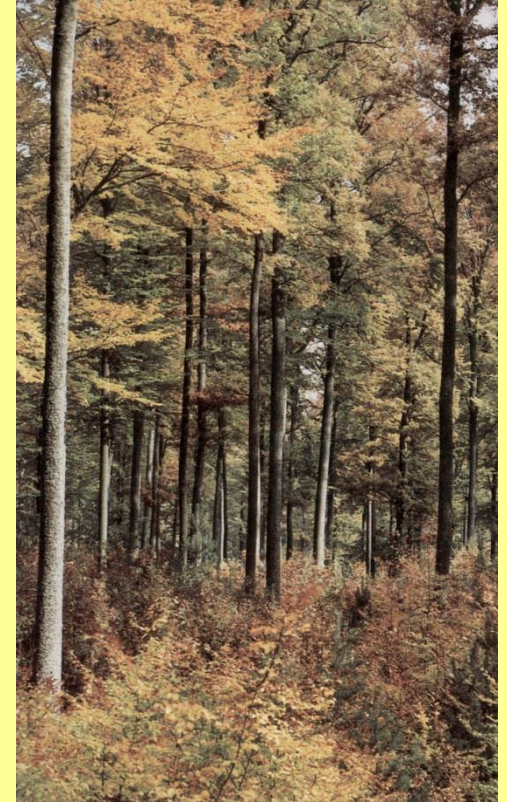
Genové základy s malou rozlohou nejsou vhodné:

- populace (zejména vzácných druhů) nejsou dostatečně velké → riziko vyhynutí nebo degenerace izolací**
- u větrosnubných převládá opylení z pozadí**
- neumožňují vytvoření vyrovnané druhové a věkové struktury**

- **ve vyhlášených GZ je většinou les vysoký, výjim. střední**
- **hospodářský způsob pasečný, forma podrostní maloplošná nebo násečná**
- **holoseč vyjíměčně** (nevhodný původ, úprava druhové skladby)
- **delší obmýtní doba**

Základný požadavek v obhospodařování GZ:

1) reprodukce cílové dřeviny/dřevin přirozenou obnovou



- vhodné využití více semenných roků

2) Případná umělá obnova jen reprodukčním materiálem z téže GZ (třeba i vyzvednutými semenáči)

- **režim hospodaření:** stanoven LHP nebo LHO dle posudku pověřené právnické osoby
- **evidence:** a) LHP (LHO)
b) ústřední evidence - pověř. práv. osoba
(UHÚL Brandýs nad Labem)

Význam GZ

- zachování a reprodukce G.
- zdroj reprod. mat.
- slouží pro ověření a zdokonalení modelů hospodaření
- součást ÚSES (stabilní ekosystémy s přirozenou druhovou skladbou)

Legislativa ke GZ

- o vyhlášení žádá vlastník
- rozhoduje OVS (kraj) na základě odborného posudku pověřené osoby
- **GZ může být vyhlášena i z podnětu OVS (→náhrada újmy vlastníkov)**
- **lesy zvláštního určení (§ 8 zákona 289/95 Sb., podrobněji v zákoně 149/2003 Sb.)**
- **GZ se v terénu neoznačují**

- 249 genových základen, 118 005 ha

Přehled genových základen

Druh	Zastoupení v počtu GZ
Smrk ztepilý	94
Borovice lesní	26
Modřín opadavý	9
Jedle bělokorá	37 (3 GZ jen pro JD)
Buk lesní	117
Dub zimní	20
Dub letní	7
Ostatní listnáče – javor klen, jasan, lípy, jilmy	46

Genové základny v zahraničí:

Objekty podobné GZ = **gene conservation units (GCU),**
= gene reserve forests

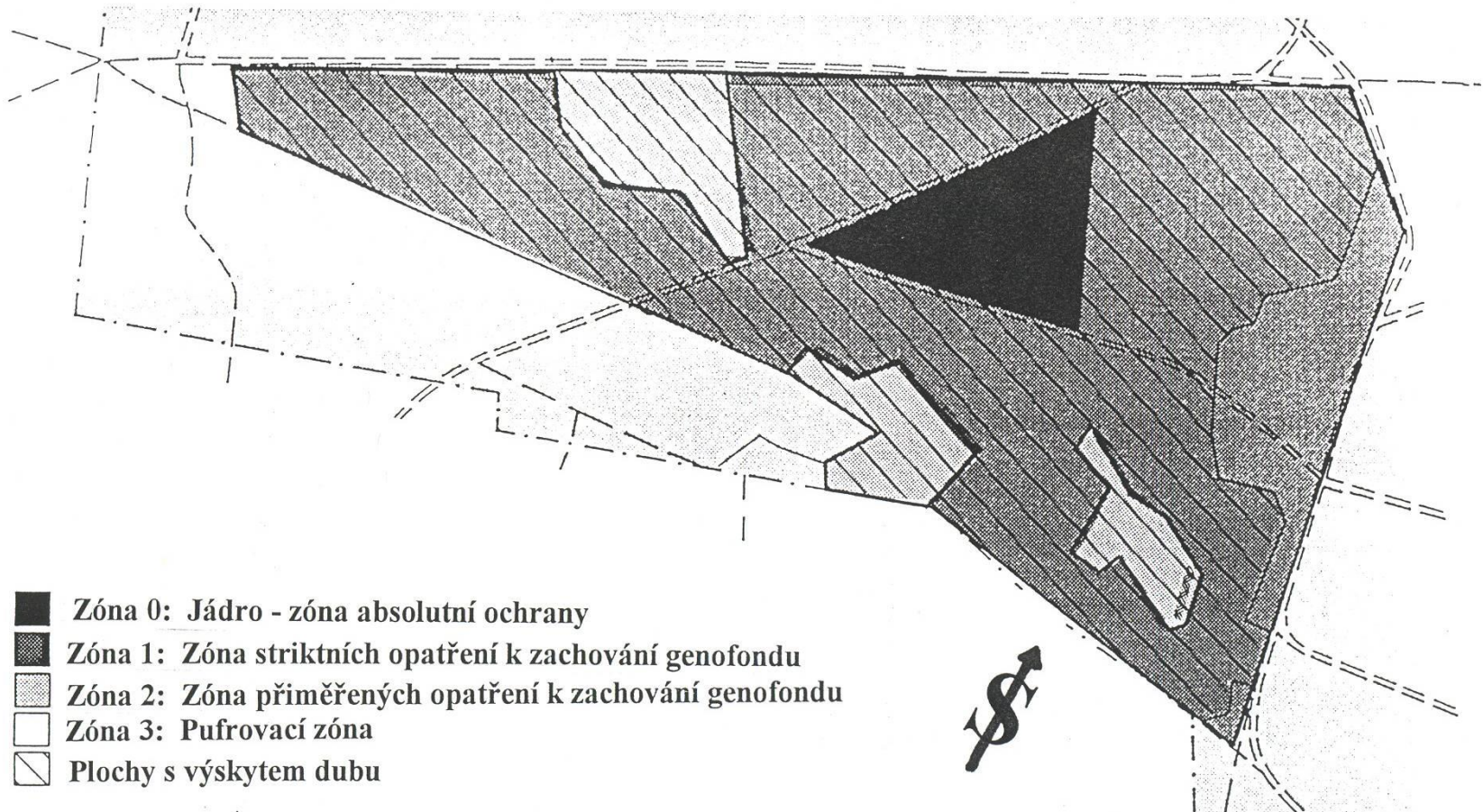
Aktivity EUFORGEN – vytvořena celoevropská strategie

Aktuální stav a údaje o cca 3 200 GZ v Evropě:

Evropský informační systém pro lesní genetické zdroje

<http://portal.eufgis.org/>

Genová rezervace dubu GALM



3.1.2 Klonové archivy (směsi klonů)

- vegetativní potomstva rodič. stromů a ortetů klonů (výběrových stromů) obvykle vysázená *ex situ***
- udržují genofond stromů, jejichž existence je ohrožena**
- zakládání v rámci šlecht. programů**
- slouží k odběru sekundárních roubů a explantátovému množení, příp. pro kontrolované křížení**

3.1.3 Reprodukční výsadby z vegetativního množení

- opatření výjimečné, obvykle *ex situ*
- opatření výjimečné, kde není možná generativní reprodukce
- zdroje řízků pro jejich zakládání:
 - matečnice (založené ze semen i ze slabých úrod)
 - nálety, nárosty (pokud fyziologicky oslabené porosty neplodí nebo neexistují a zůstalo přiroz. zmlazení)

3.1.4 Semenné (udržovací) porosty (SP)

Pro reprodukci genofondu částkových populací.

Maloplošné, realizují se *in situ* i *ex situ*.

Měli by být tvořeny potomstvy nejméně 50 (100) mateřských stromů porostu, jehož genofond reprodukuje.

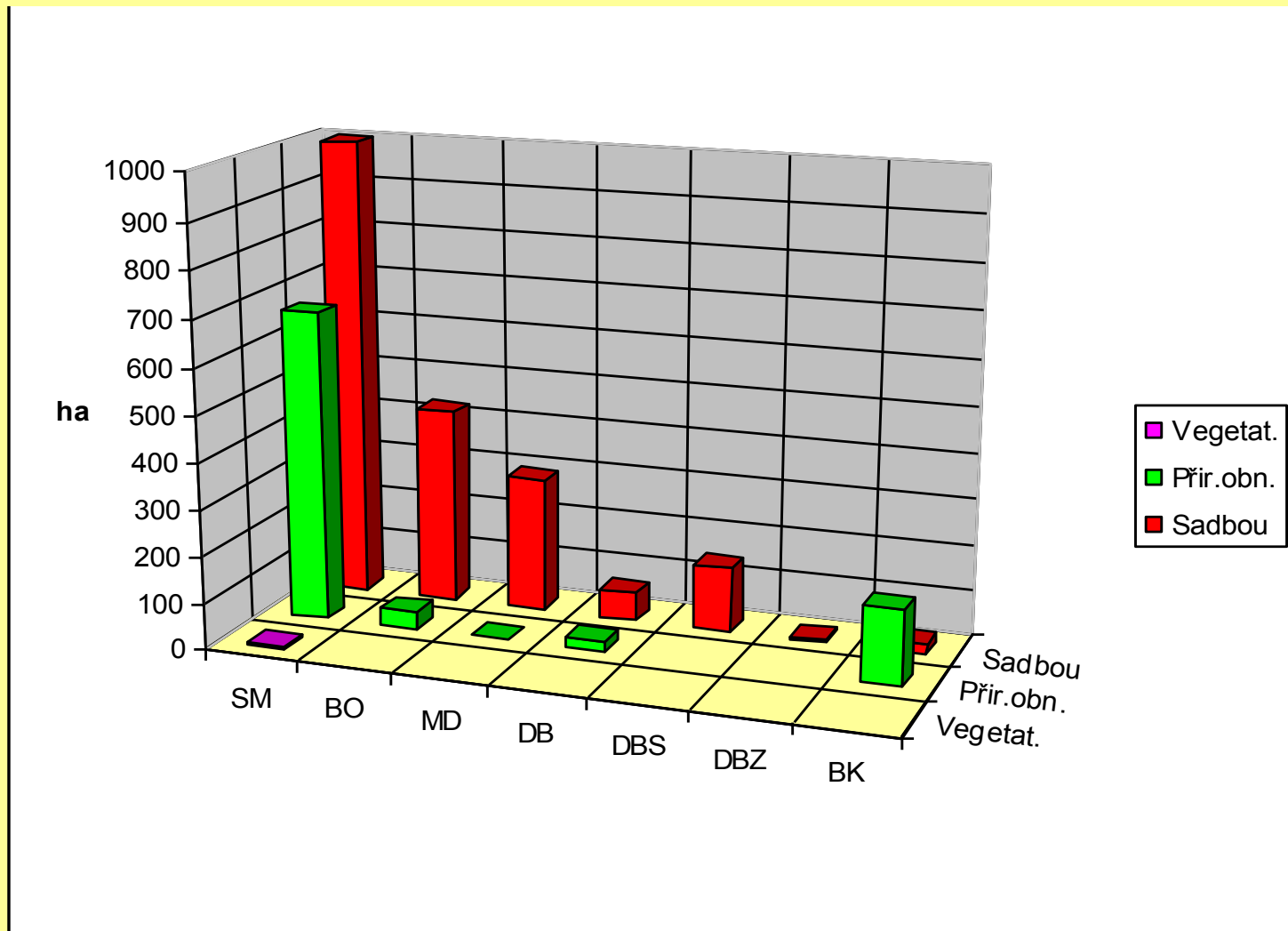
V ČR, SR: generativní potomstva porostů fenotyp. třídy A

- zakládaly se od 70. let pro ohrožené autochtonní populace všech hospodářsky významných dřevin *in situ* i *ex situ*

**Způsob založení: - umělá obnova (sadba, síje),
- přirozená obnova.**

- v současnosti mají znova oporu v legislativě

Založené semenné porosty podle dřevin a způsobu založení



3.1.5 Genové banky

- **statický způsob zachování (konzervace) genofondu**
(nepůsobí evoluční faktory)
- **zařízení k dlouhodobému uchování genetické informace uložené v pylu, osivu nebo částech rostlin, příp. v genových knihovnách**

3.1.5.1 Banky pylu

- pyl = nositel genet. informace**
- lze skladovat na malém prostoru (mrazové teploty)**
- pro realizaci musí být k dispozici samičí jedinec**
(možnost přímé regenerace rostlin v explantátové kultuře)

3.1.5.2 Banky explantátů

- skladování vegetativních částí (explantátů) a následná regenerace rostlin
- explantáty (E.) musí být geneticky stabilní
- metody skladování (E.) *in vitro*
 - zpomalení růstu E.
 - a) modifikace kultiv. média
 - b) snížení teploty
 - c) kombinace
 - kryokonzervace E.
 - skladování při $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$
- konzervace omezeného počtu genotypů



5.1.5.3 Banky osiva

- **dlouhodobé skladování osiva za optimálních podmínek**

- **doba uložení dle druhu:**

 - ortodoxní (SM, BO, MD, OL, BŘ..) 20 -30 let**

 - subortodoxní (BK, JD) 5 – 6 let**

 - rekalcitrantní (DB)**

- **možnost kryokonzervace**

- sběr osiva do banky semen lesních dřevin:

- v letech s bohatou příp. střední úrodou,
- min. z 50 mateřských stromů,
- nesbírat ze sousedních stromů – min. 30 m rozestupy
- Povinný dohled nad sběry

- problém dlouhodobého uchování semen:

- možná nežádoucí „selekce“ na základě životnosti semen
- riziko epigenetických změn a mutací

3.1.5.4 Genové knihovny

- skladování izolované DNA – ovšem bez možnosti regenerace jedince - jedinců



Genové banky pro lesní dřeviny v ČR

Banka osiva - Sem. závod LČR, Týniště n. O.

Banka osiva regionálních populací les. dřevin u LČR (1995)

- **V bance je uloženo osivo ohrožených regionálních populací (osivo z UP fenotypové třídy A, B, případně C z extrémních stanovišť)**
- **hmotnost vzorků dle vlastností, významu dřeviny a možností zdroj. populací: min. 1 kg / oddíl 50 stromů, obvykle 10 – 15 kg)**
- **dobrá jakost a zdrav. stav osiva**
- **zařazení do banky navrhují specialisté pro genofond LČR**

Banka pylu – není

Genová knihovna – není

Banka explantátů – VÚLHM Jíloviště –Strnady
kapacita 10 000 klonů

Genová knihovna – není

3.2 Alternativní opatření

Nezřizují / nezakládají se specificky pro zachování genofondu

🌿 Uznané porosty pro zběr semen

- plošné malé = i při přirozené obnově v nich dochází k míchání genofondů resp. kontaminaci původního genofondu.
- ochrana genofondu je jenom dočasná (určená ochr. lhůta)
- postupnou umělou nebo kombinovanou obnovou použitím repr. mat. z jiných UP se nereprodukuje jenom genofond místní, ale směsi populací

🌿 Rodičovské stromy a ortety klonů (výběrové stromy)

- ochranní lhůta je jenom krátkodobé řešení

Semenné sady

- tvořeny roubovanci nebo potomstvy výběrových stromů,
- obvykle se zakládají *ex situ*.

Při vyšším počtu zastoupených ortetů nebo potomstev je sem. sad schopen reprodukovat genofond regionálních populací.

Záchovné semenné sady:

- **klonové: 100+ genotypů rodičovských stromů**
- **generativní: min 50 (100) potomstev rodič. stromů**
- podmínkou je pravost a spolehlivá evidence klonů /potomstev.

Experimentální výsadby

- význam podle počtu jedinců a způsobu založení
- odběr roubů a vytvoření reproduktivního sadu např. MD a BO

Maloplošná chráněná území (NPR, PR)

- Kvůli přísnému režimu ochrany přírody možná jen statická ochrana genofondu Právní i administrativní bariéry opatření zaměřených na eliminaci gen. driftu a důsledků inbreedingu (sběry semen, podsíje a dosazování jedinců z jiných lokalit).
- Rezervace jsou často příliš malé na udržení životaschopných populací. Někdy cílový druh v sukcesním stádiu zcela chybí.