



## Využití zemědělské půdy k nepotravinářským účelům

biomasové plodiny druhé generace pro energetické a materiálové využití  
(včetně agrolesnictví)

Jan Weger a kol.



## Abstrakt

Biomasové příp. energetické plodiny druhé generace – u nás zejména rychle rostoucí dřeviny, ozdobnice, schavnat, lesknice aj. – jsou perspektivními zemědělskými plodinami s produkčními i mimoprodukčním přínosy pro naše zemědělství i krajinu. Jejich hlavní produkt, lignocelulozní biomasu je možno využít v bioenergetice, stavebním průmyslu, krajinářství nebo jako surovinu pro bio rafinaci látek potřebných pro rozvíjející se obory bioekonomiky. Jejich porosty mají současně prokazatelné přínosy pro ochranu produkčního potenciálu půdy (eroze, humus), zvyšování biodiverzity krajiny a adaptaci na klimatickou změnu. Existuje velký potenciál pro zvýšení výnosu biomasových plodin šlechtěním a optimalizací pěstebních postupů. V praxi se nás zatím nejvíce uplatnily rychle rostoucí dřeviny (RRD = topoly, vrby, olše aj.), které se pěstují na cca 3000 ha. Kromě tradičních produkčních porostů tzv. výmladkových plantáží se v současnosti nabízí jejich pěstování v tzv. agrolesnických systémech, které kombinují na jednom pozemku produkční dřeviny s konvenční rostlinnou nebo živočišnou zemědělskou produkcí. Hlavními bariérami rozvoje pěstování RRD a biomasových plodin jsou vlastnická struktura zemědělské



# Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i, Průhonice



- 1927** Výzkumná stanice pro okrasné zahradnictví (zřizovatel MZe ČSR – 64 let)  
**1991** Výzkumný ústav okrasného zahradnictví, s.p.o. (zřizovatel MŽP ČR – 27 let)  
**2007** Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.

- Výzkum všech typů krajiny, jejich potenciálu, funkcí a rizik, včetně okrasného zahradnictví
- odborná podpora ochrany přírody a péče o krajinu

## 8 výzkumných odborů; cca 60 výzkumných pracovníků

Ekologie lesa

Ekologie krajiny

Kulturní krajiny a sídel

Biologických rizik

Rostlinné biotechnologie

Biomonitoring

Šlechtění a pěstebních technologií

Fytoenergetiky



**Dendrologická zahrada (73 ha, 7000 taxonů dřevin):**  
sbírka a prezentace využití dřevin

**Pokusná stanice Michovka (22 ha, 4,5 ha RRD):**  
polní výzkum dřevin a rostlin



# Energetické/Biomasové plodiny

- pro efektivní a udržitelnou produkce lignocelulozní biomasy >5-30 t suš./ha/rok
- K energetickému, materiálovému příp. surovinovému využití

## 1. generace (jednoleté potravinové/technické plodiny)

**Energetická bilance (biomasy) = 1 : 5 – 13 (20 - kukuřice na siláž)**

*Řepka, pšenice ,kukuřice, žitovec, cukrová třtina (bagasa)*

## 2. generace (vytrvalé lignocelulozní plodiny)

**Energetická bilance (biomasy) = 1 : 30 – 115 (6-9x více)**

*Topoly, vrby, schavnat, lesknice , ozdobnice (>150 taxonů)*

## 3. generace

**Energetická bilance (biomasy) = ??**

*GMO řasy nebo topoly*



# Ozdobnice (*Miscanthus × giganteus*)



- Vytrvalá tráva – rostlina typu C4, dobře využívá sluneční energii, vodu, živiny, odolná proti chorobám a škůdcům
- biomasa ze zimní sklizně je lepší pro přímé spalování



# Lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*)

stav porostu koncem září

a koncem února



- domácí vytrvalá tráva – velmi nenáročná plodina
- biomasa z letní sklizně využitelná pro výrobu bioplynu a
- ze zimní sklizně vhodná pro přímé spalování

# Schavnat = Rumex OK-2

krmný (energetický) šťovík



- vytrvalá dvouděložná plodina, výhodou je brzké dozrávání (VII),
- v současné době je využíváno již jen cca 100 ha,
- nevhodná pro pozemky s vyšší hladinou podzemní vody (× RRD)
- pro bioplyn příp. spalování

# Rychle rostoucí dřeviny ( RRD)

- Vysoká produkce dřeva v první dekádě růstu

> 10 m<sup>3</sup>/ha/rok = 4,5 t(suš.)/ha/rok

> 180 GJ/ha/rok = 10 t(suš.)/ha/rok

(kritérium IUFRO pro lesnické porosty)

(fytoenergetické kritérium)

- Rychlý výškový růst (1-3m / rok)

- Snadné a levné rozmnožování

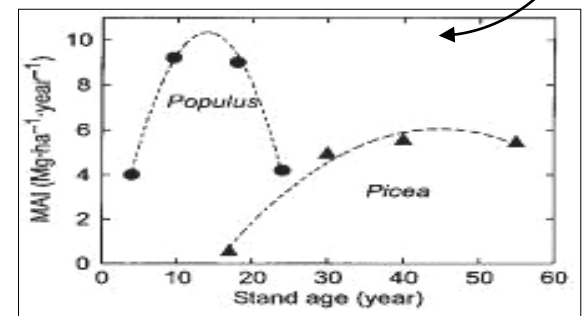
- Pařezová výmladnost

- Lehké, pružné a pevné dřevo

- Výhřevnost jako h.uhlí, tvrdé dřevo

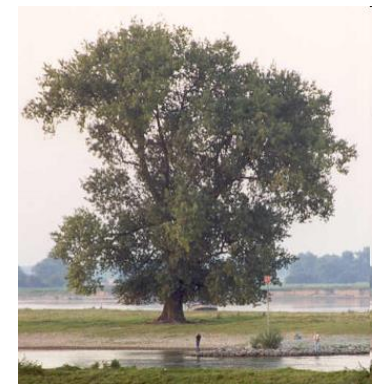
= Vhodné  
pro plantáže

= pro průmysl  
i energetiku



- **Definice v roce 1600:** Stromové, kteří při vodách, bahnách, lukách a také podobně v dolinách v nízkém položení sobě libují, jako Wolše, Topol, Vrba, Jeseň, obyčejně tak veliké mízy vodnaté a spěšněji porostávají nežli jiné dříví, které v suše roste a které jest tvrdé.

Jakub Menšík z Menštejna (cca 1600): „O mezech, hranicích, saudu a rozepři mezní i příslušenství jich v Království Českém“





## Topol J-105 (Max-4) „japonský topol“

→ dnešní standard pro štěpku i palivové dřevo

(*Populus nigra* × *P. maximowiczii*)



## Topol ‘Kaktu’ - nepůvodní kříženec

→ pro suchá stanoviště

(*Populus nigra* × *P. simonii*)



## Vrba ‘Rokyta’ - domácí druh

→ pro širokou škálu stanovišť (štěpka, eroze, včely)

*Salix caprea* × *S. viminalis* (*Salix* × *smithiana*)



## Vrba ‘Stvola’ - domácí druh

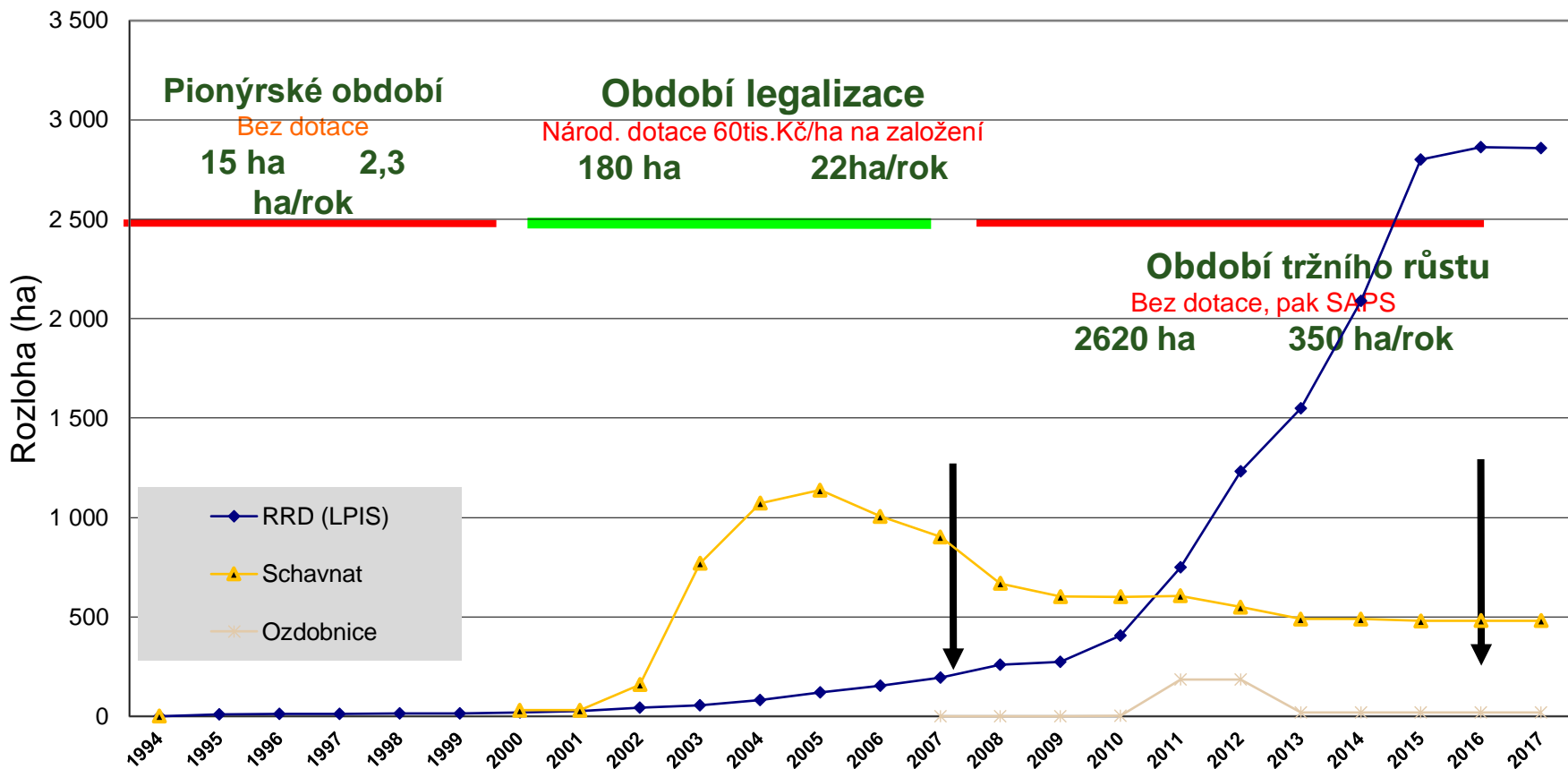
→ na palivové dřevo i štěpku

*S. alba* × *S. euxina* (*S.* × *fragilis*)



# Vývoj pěstování biomasových plodin v ČR

- Cca 1500 ha nedřevnatých EP a 3000 ha RRD vysázeno za 22 let
- 2 ha je průměrná rozloha (medián 0,9 ha; max. 58 ha)
- 600-700 pěstitelů RRD (odhadován dle počtu 1381 bloků LPIS)



# **Produkty a ekonomika**

## **pěstování RRD pro energetickou štěpku**

# Hlavní produkty a odbyt



1. **Kvalitní štěpka:** homogenní, bez znečištění, vlhkost 55-30%, výhřevnost 7-12 GJ/t, popel max. 2%, energetické a materiálové

využití: **880 – 1 400 Kč/t(sur)**

2. **Palivové dřevo, krátké kusové dřevo** (Ø 7-15 cm):

**2 000 – 2 500 Kč/t(sur)**



3. **Dřevařský sortiment na nábytek a stavebnictví, (>Ø10-20 cm):**

OSB desky, lehký nábytek **3 000 až 16 000 Kč/t**

4. **Suroviny pro chemické využití:** Lignocelulóza a pupeny, pro (bio)ethanol, farmaceutické a chemické využití  
2 CZ patenty na biopesticidy **cena a rentabilita??**



5. **Potraviny z agrolesnictví:** chov drůbeže, skotu, včel, příp. okopanin a obilnin



# Palivářské vlastnosti RRD

- **Dřevo je tradiční a ověřené palivo** - využívá více než 10 000 let a dnes pokrývá 11% energetických potřeb lidstva (někde 100 %, u nás 2-3%)
- **Složení suché dendro- a fyto-masy:** C – 46%; O<sub>2</sub> – 44% a H – 6% + množství dalších prvků (Si, Cl, P, K), ale ne u dendromasy
- **Výhřevnost suché dendromasy:** 17,5 –19,5 MJ/kg, měkkého a tvrdého dřeva je přibližně shodná obsah vody ji výrazně snižuje např. při 50% = 7 MJ/kg
- **Emise:** minimální S a N; CO<sub>2</sub> neutrální, pozor na POP při špatném hoření



Plodina	Výhřevnost (MJ/kg) (100% sušina)	Hustota dřeva (kg/m <sup>3</sup> )
Řepka ozimá - sláma	17,5	
Topol štěpka (růz.klony)	18,7 – 21,0	360-500
Vrba štěpka (růz.klony)	18,2 – 21,1	380-500
Buk, Dub (pal. dříví)	18,4 – 20,1	670-690
Lignin	25,5	
Celulosa	18,8	
Hnědé uhlí	7,9 -12,0	
Černé uhlí	28,00	

# Dřevařské vlastnosti



Topol je roztroušeně pórovitá listnatá dřevina, u některých druhů je patrné jádro.

Dřevo je:

- velmi lehké a řídké
- dost pružné
- lze jej dobře lepit a mořit
- Měkké, výrazně sesychá
- je málo trvanlivé bez ošetření



	hustota [kg / m <sup>3</sup> ]	TAH		TLAK		OHYB		SMYK
		*	⊥**	*	⊥**	MOR ***	MOE ****	
		[MPa]						
jedle	430	78	1,4	33	4,7	67	9 600	5,5
smrk	440	84	1,5	30	4,1	60	9 100	5,3
borovice	530	102	2,9	54	7,5	98	11 750	9,8
modřín	600	105	2,2	54	7,3	97	13 500	8,8
<b>topol</b>	340	84	1,5	35	3	64	10 700	7,6
osika	460	100	2,7	47	2,6	77	10 700	7,7
vrba	520	83	2,4	36	3,4	65	9 800	6,7
lípa	540	83	4,9	51	1,8	104	7 300	4,4
olše	550	92	2	54	6,4	83	11 500	4,4
kaštanovník	610	121	5	49	5	75	8 800	7,8
javor	630	100	5,2	45	6,4	97	10 300	9,8
jilm	670	84	3,9	55	9,8	87	10 800	6,9
ořešák	690	98	3,5	71	11,8	124	12 300	6,9
jasan	700	142	6,9	51	10,8	118	13 100	12,5
dub	700	108	3,3	42	11,5	116	11 600	12,7
buk	720	130	3,5	46	7,9	104	13 100	12,3
bříza	730	134	6,9	50	10,8	134	16 100	11,8
akát	760	133	4,2	70	18,6	102	11 000	12,5
habr	820	153	3,8	54	16,7	140	14 700	16,9

Zdroj: Ústav nauky o dřevě, LDF, podklad pro výuku, 2003

➡ „lehké smrkové dřevo“, pružnější a měkčí

# Využití dřeva topolů v ČR

## Saunové palubky topol 17x85x2500mm (bal po 1ks)

Sauna.cz > Materiály pro stavbu sauny > Dřevo do sauny > Saunové palubky > Topol



Saunové palubky topol  
17x85x2500mm (bal po 1ks)



Palubky z topolu, měkké a lehké dřevo, bez barevně odlišeného jádra a bez lesku. Profil: 17x85x2500 mm, baleno a prodáváno po 1ks



## Exportní rakev

Robustní rakev německého typu určené především na export do zahraničí

### Exportní rakev T 955 (T 955 P)



Exportní obřadová rakev s rovnoběžnějšíším spodním dílem. Rakeve ve světlem provedením s rytinou ve víku nebo hladké. Rakeve dodáváme s výbavou i bez.

### Exportní rakev TL 445 S (TL 445 NR)



Luxusní exportní rakev z masivního topolu s madly.

odstínu ořechu s tmavou patinou, možnost rytiny ve víku nebo hladké. Rakeve dodáváme s výbavou i bez.

## Nábytek topol masiv



## RC model Praga E-114M Air Baby „Bejbina“ Míry trupu: 0,5 x 1,8 m; **11 kg!** (topol. překližka 3mm)



# **Porosty a ekonomika RRD na zemědělské půdě**



# Výmladkové plantáže RRD: možno na ZPF

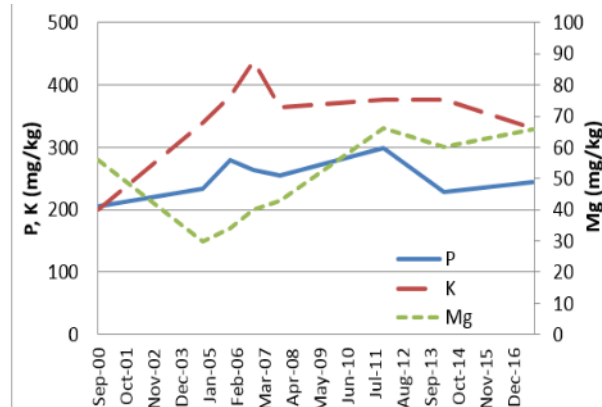
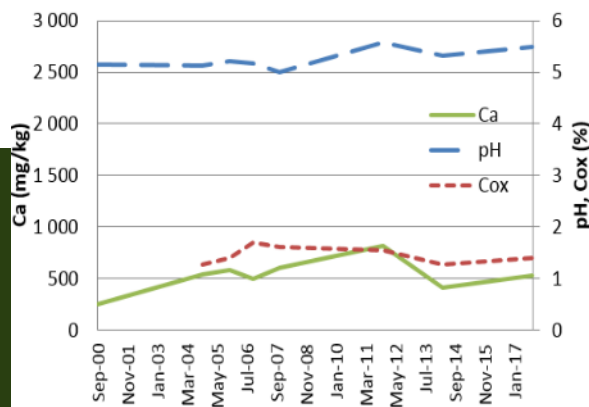
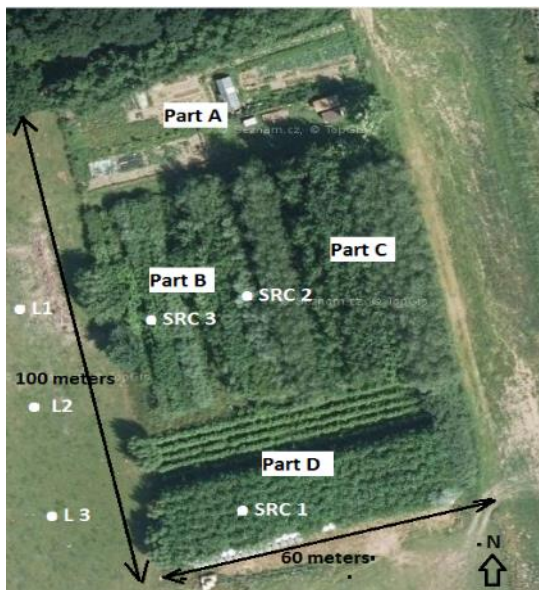


**Sortiment:** topoly, vrby  
**Hustota:** 6-15 tis. ks / ha  
**Obmýtí:** 2-6 (10) let  
**Počet sklizní:** 3-7x  
**Životnost:** 15-25 let  
**Produkt:** štěpka, palivo, mulč, stavebnictví, zahradnictví, papír

V EU > 50tis. ha (sever:vrby, jih: topoly)

V ČR > 2800 ha; dalšímu rozvoji brání změny legislativy (vhodných pozemků je dost a poptávka závisí na odbytu – energetika, průmysl, zahradnictví)

# Výmladková plantáž RRD agrolesnická s ekologickým chovem drůbeže (17 let)



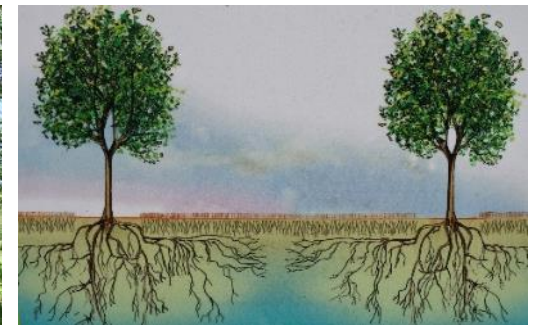
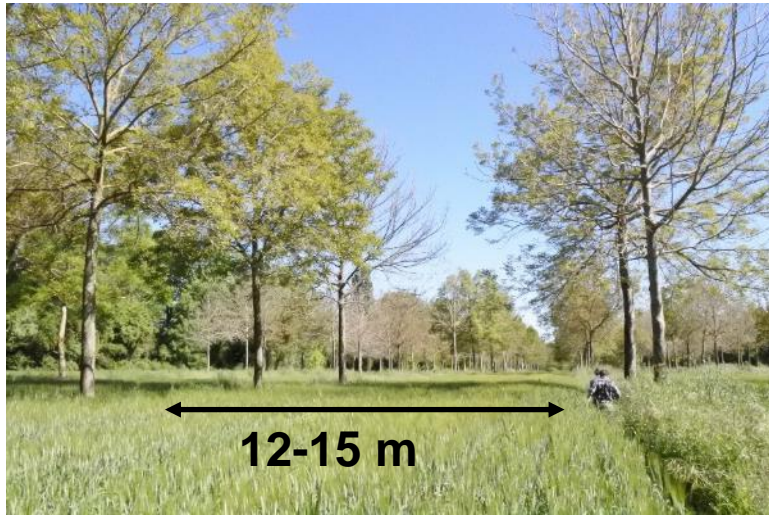
Sortiment: vrba, topol  
Hustota: 12000 ks/ha  
Obmýtlí: 3-7 let  
Životnost: 20+let

Produkty: palivo- štěpka a dřevo, vejce a maso

Přínosy: ochrana proti dravcům, zvyšování živin; welfare

Rizika: liška s mladými! x lovecký lístek, oplocení, pachový odpuzovač

# „Alejové“ agrolesnické plantáže ořešáku a topolu



# Multifunkční výmladkové porosty RRD

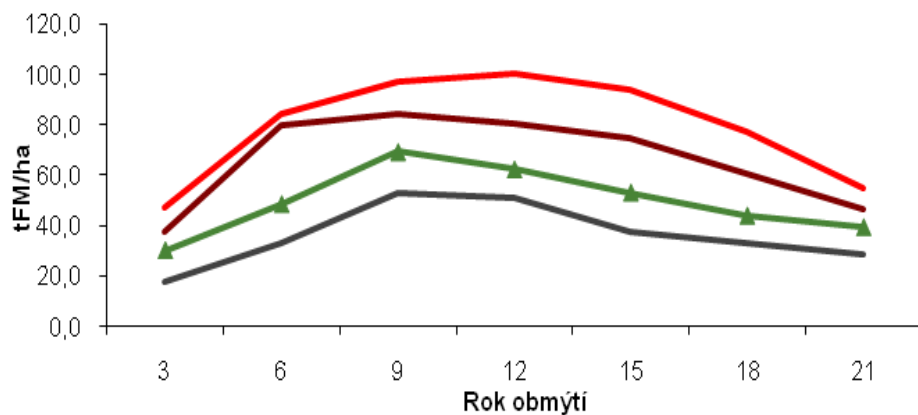
- **protierozní pásy** chrání půdy v drahách soustředěného odtoku a kritických povodňových bodech
  - **selské i vysoké větrolamy** chrání půdu proti erozi a zlepšují podmínky chovů zvířat (agrolesnictví)
  - **„bufrační“ pásy:** (Biologicky) filtrují a dekontaminují půdu a podzemní vodu od přebytečných živin a rizikových prvků (těžké kovy)
- **Porosty RRD jsou nástroj pro adaptaci krajiny na nepříznivé antropogenní a přírodní změny**



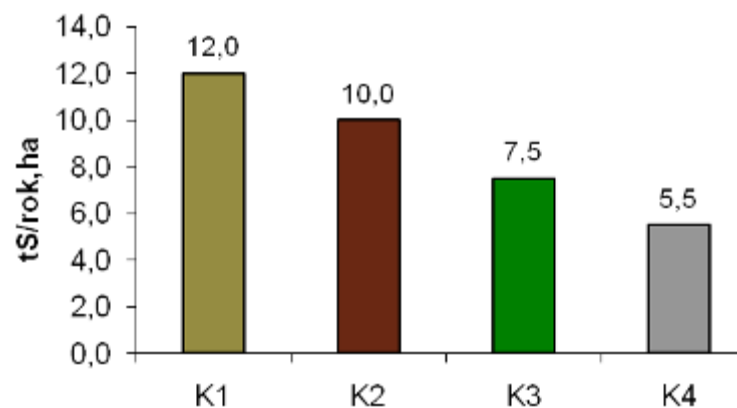
# Ekonomický model výmladkové plantáže RRD

- Rozloha plantáže: 5 ha, 10 000 řízků/ha
- Sklizeň: speciální mechanizace, (450-500 Kč/t (sur.)
- Svozová vzdálenost 10 km
- Doba životnosti plantáže: 21 let
- Průměrná inflace: 2,5 %
- Nominální diskont: 8,65 %
- Zahrnut celý životní cyklus (všechny oprávněné náklady)
- Vlhkost štěrpy 53% a výhřevnost 7,5 - 8 GJ/t

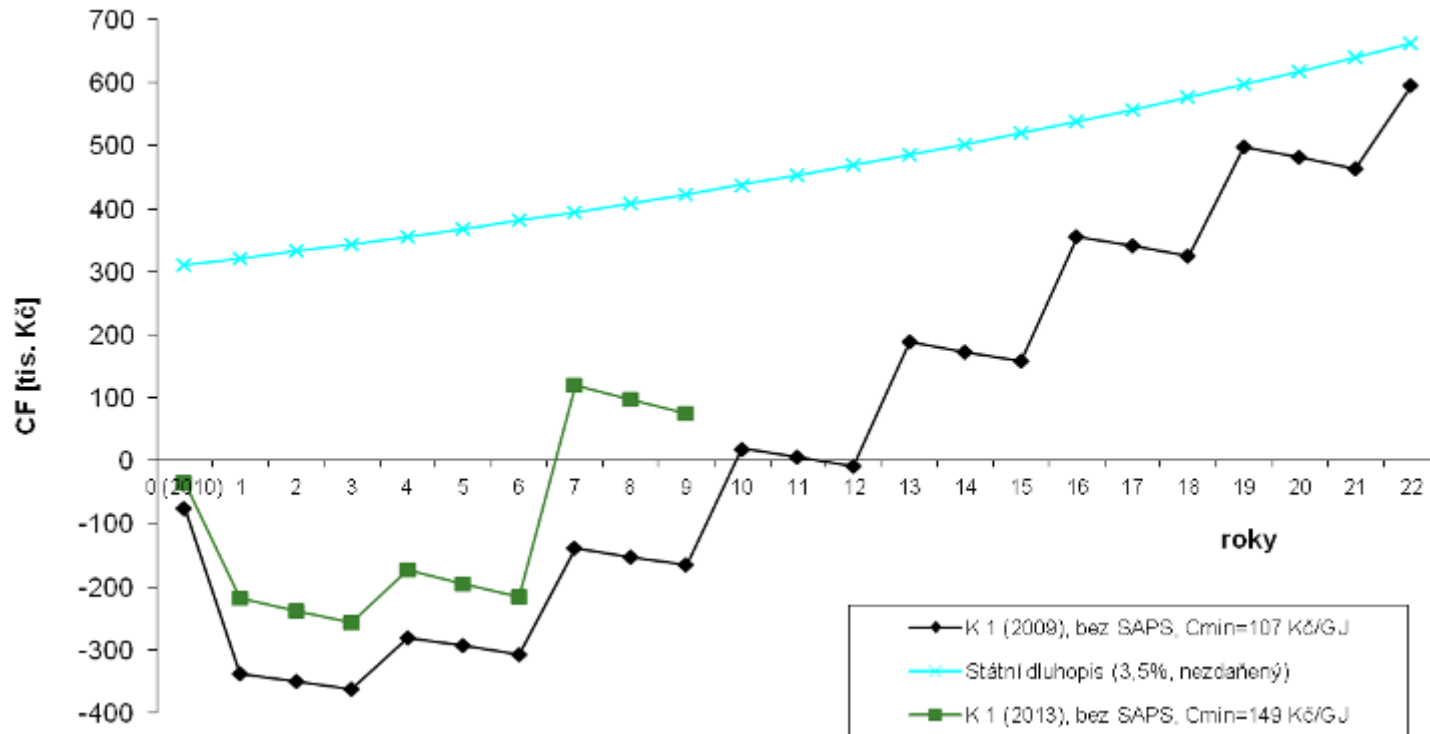
Výnosové křivky plantáže



Výnosové křivky  
Plantáž RRD



# Kumulativní průběh hotovostního toku RRD a příjem ze státního dluhopisu (3,5%)

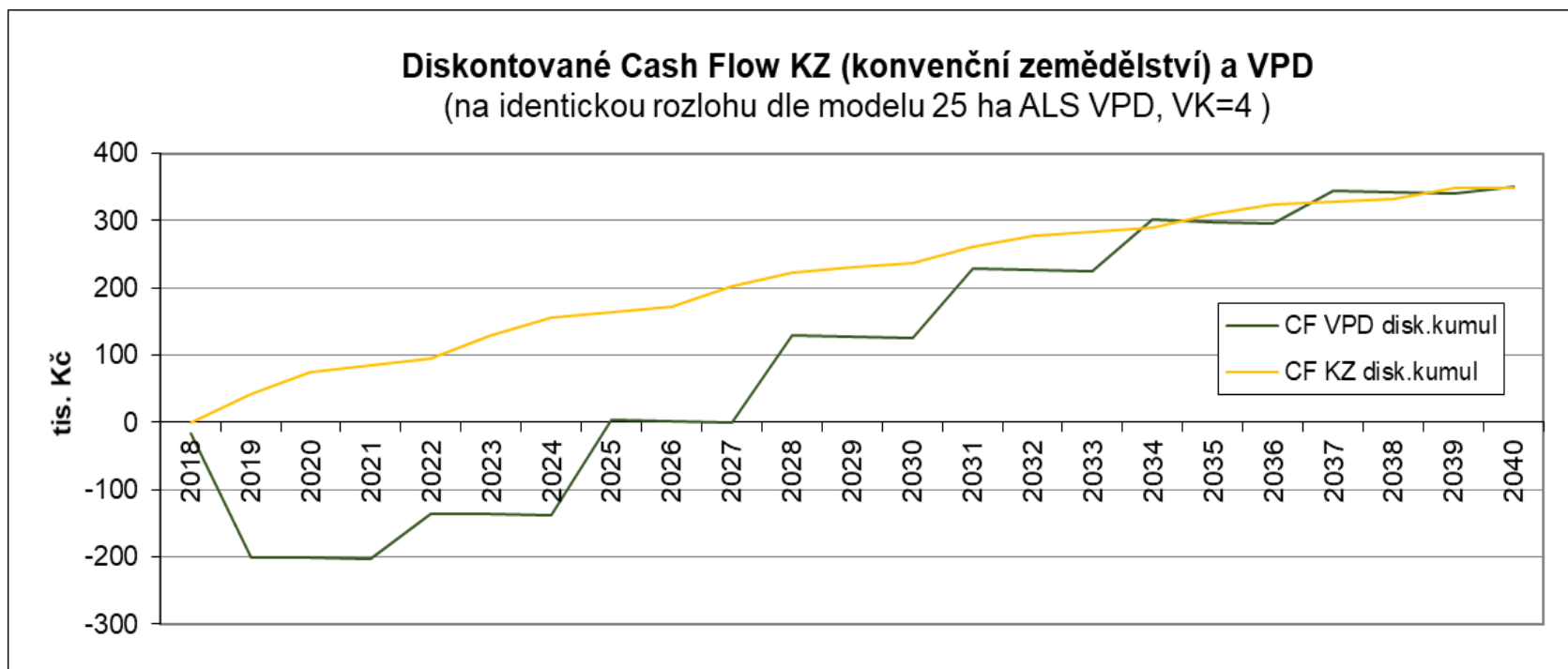


Minimální cena: 107 Kč/GJ a resp. 149 Kč/GJ

5 ha, Náklady na založení porostu 300 000 Kč resp. 218 000 Kč

Státní dluhopis - úroková míra 3,5% p.a. (extrapolace na 20 let, odečtení poplatků)

# Ekonomika pěstování RRD v agrolesnických systémech (výmladkové pásy)



Diskontované peněžní toky konvenčního zemědělství (KZ) a VPD z ekonomického modelu ALS-VPD pro 25 ha a dvě výnosové křivky dřevin VK=4 a 2 (10 tsuš resp. 6 tsuš./ha/rok). V osevním postupu KZ je počítáno se střídáním 4 jednoletých plodin (pš oz; ře; jč oz; ku). Pro lepší srovnání jsou peněžní toky KZ přepočteny na stejnou rozlohu jako je VPD tedy 4,15 ha (16,7% z 25 ha)

# Environmentální aspekty porostů RRD na zemědělské půdě

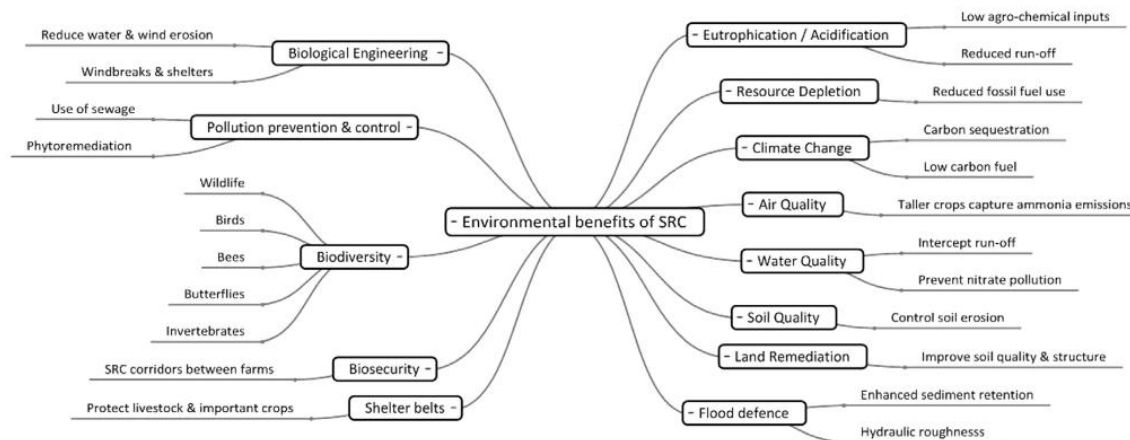


Fig. 1. Summary of the potential multi-functional environmental benefits of SRC [16–24].

Adams, Lindegaard (2016)



# VP RRD zvyšují biodiverzitu zemědělské krajiny

vytvářejí tzv. přechodový ekosystém atraktivní pro mnoho organismů



**Smíšená výmladková plantáž (topol a vrba) 1 a 2 rok po sklizni má charakter rozptýlené keřové vegetace se silným podrostem rostlin**



**Vrbová výmladková plantáž 3 rok po sklizni se vznikajícím korunovým zápojem má charakter „světlého lesa“**



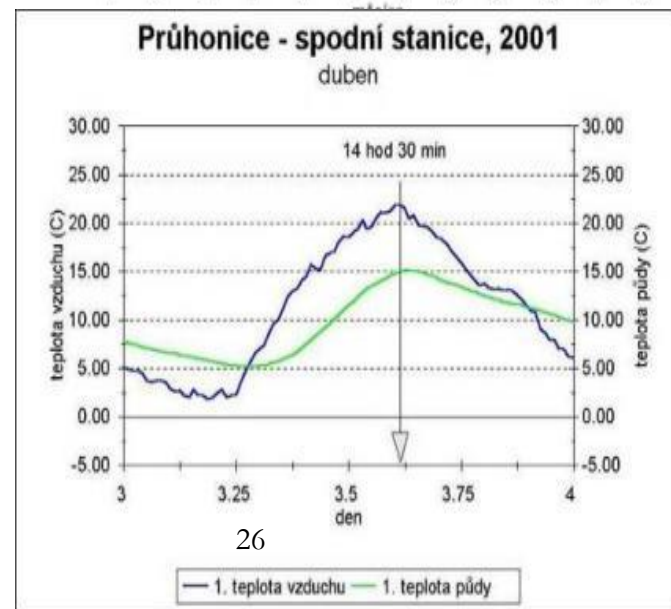
**Topolová VP (4. rok růstu - před sklizni) s úplným korunovým zápojem má charakter nízkého listnatého lesa: potlačení bylinného patra (plevelů) a růstu hub**

# Porosty RRD chladí zemědělskou krajinu

## jsou „bio-klimatizací“ krajiny

Se zapojováním porostu a při dostatku vody efektivně chladí sebe, své okolí a půdu:

- cca o 1 °C v průměru za rok
- o 4 až 5 °C snižují ve slunečných a teplých dnech max. denní teploty přízemního vzduchu a povrchu půdy
- **Více chladí v nížinách** → Vhodné



# Porosty RRD tlumí extrémny počasí

→ vhodné adaptační opatření na klimatickou změnu

**RRD na orné půdě:** ochrana půdy proti povodním a klimat. suchu (vedru);  
zastavují rýhovou i plošnou erozi (půdní ron);  
zadržují vodu v krajině a posilují malý vodní cyklus.

**RRD na TTP:** jedná o neutrální změnu porostu.

nebudou mít pozorovatelný vliv na teplotu krajiny ani hydrologický koloběh.  
Nebudou způsobovat vznik půdního sucha a redukci odtoku vody z krajiny.



# Porosty RRD (spíše) zlepšují kvalitu půdy

Zvyšují obsah humusu (Cox) v půdě listovým opadem, kořeny

Podporují výskyt mikorhyzních a dřevokazných hub, které zajišťují rozklad uhlovodíků na humus

Zvyšují stabilitu půdní struktury (WSA) čímž přispívají k celkové stabilitě půdního povrchu x vodní i větrná eroze

Zásobu živin v orniční vrstvě mění jen málo (i bez hnojení):

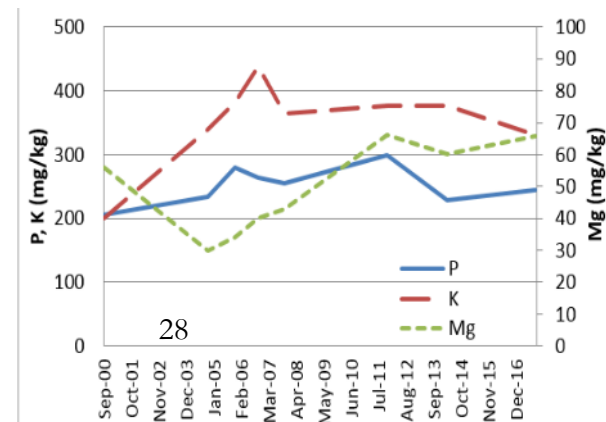
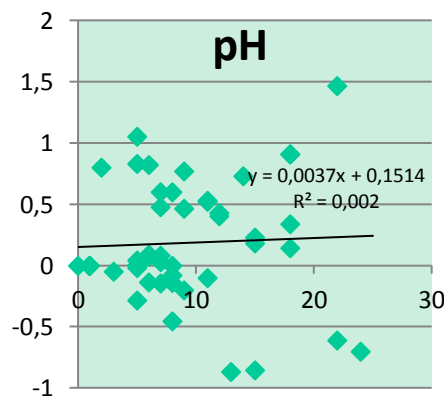
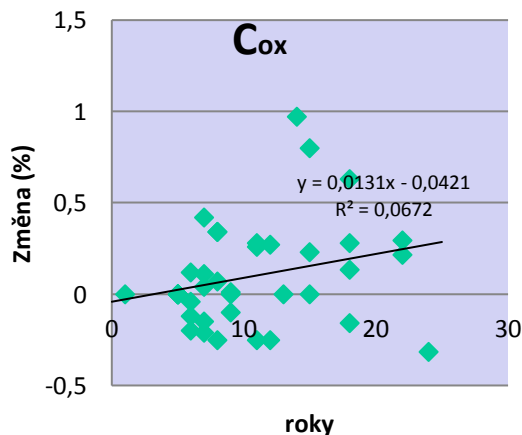
málo jich odebírají (nepěstují se pro plody ale živinově „chudou“ dendromasu)

čerpají živiny i z podorničí a vracejí je na půdu v listovém opadu (např. C, N až 80 kg/ha)

V některých plantážích obsah živin zvyšuje (např. chudé půdy, RRD+chov drůbeže)



Mycelia hub v půdě při rušení VP RRD



# Děkuji za pozornost



**weger@vukoz.cz**

Aktualizované informace o pěstování biomasových plodin:  
[www.vukoz.cz/index.php/isoze-domu](http://www.vukoz.cz/index.php/isoze-domu)

# Shrnutí pěstování VP RRD v ČR

- **2 800 ha bylo vysázeno za 21 let** (1.6.2015, LPIS)
- **Rostoucí poptávka po biomase** z VP RRD pro energetické, materiálové a zahradnické využití (850 až 2000 Kč za čerstvou tunu štěpky)
- **Znalostní křivka agrotechniky VP RRD:** razantní pokles nákladů na založení (řízky, sázecí stroje) a sklizeň (-30% posledních 5 letech !!)
- **Podnikatelská komunita:** „Desítky“ místních podnikatelů a SME je zapojeno: výroba levné sadby a sázecí technologie a nebo poskytují svoji půdu a kapitál (investice) – přes 110 mil. Kč (bez dotací MZe)



Photo: Dočekal.



# Vize využití biomasových plodin do budoucnosti: Integrovaná (chytrá) bioenergetika

**Diverzifikace** sortimentu plodin,  
jejich porostů

‘Rokyta’                      ‘Stvola’                      topol J-105



Nové odrůdy z domácích druhů vrb a topolů



Nové pěstění postupy: Agrolesnictví, greening

**Multifunkční porosty s  
minimalizací rizik**



**Integrace s koncepty  
Smart city/Smart village**

