

# Modely lesa a simulátory

Od historie po současnost (nebo budoucnost?)



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Definice pojmů

*Lesnický model* – zjednodušené zachycení reálného stavu nebo vývoje lesa, jeho části nebo veličiny, kterou je les definován.

*Simulace* - je technika, při které se reálný systém (v našem případě les) nahrazuje počítačovým modelem, který má za cíl optimalizovat hospodaření daného systému.

*Simulátor* - počítačový model reality, který se využívá k tvorbě simulací.

# Historie modelů

- První ucelené modely lze dohledat již na konci 18. století – 1. generace růstových tabulek
- Dnešní tabulky 3. generace
- Přejít od tabulek k simulátorům
- Pozice rozhodovacího nástroje
- Víze – propracované hybridní modely

# Rozdělení modelů lesa

- Pohled z hlediska tvaru lesa
- Pohled z hlediska stochasticity
- Pohled z hlediska metody modelování
- Pohled z časového hlediska
- Pohled z hlediska hierarchické struktury
- Pohled z hlediska hierarchicko-prostorové úrovně



# Dělení modelů z hlediska tvaru lesa

- **Modely lesa vysokého**
- Modely lesa středního
- Modely lesa nízkého
- Modely plantáží RRD
- Modely výmladkových plantáží RRD



Foto: Adamec, 2011



Foto: Kadavý, 2012



# Dělení modelů z hlediska stochasticity

- Modely  
deterministické

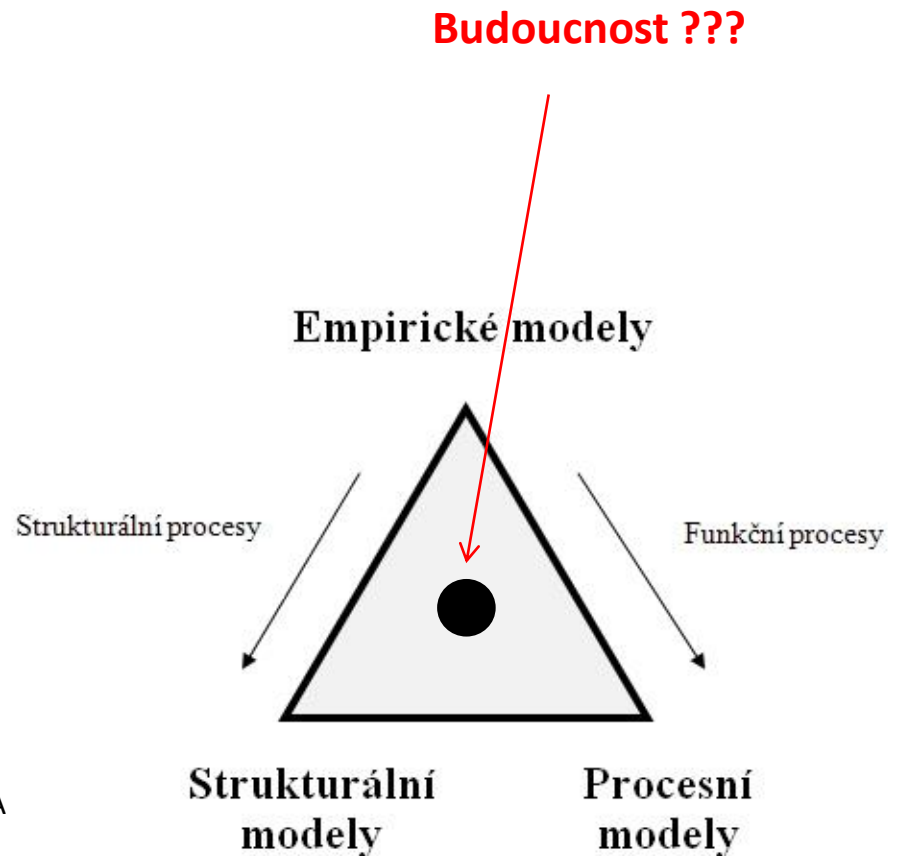
$$Y = f(X)$$

- Modely  
stochastické

$$Y = f(X) + \varepsilon$$

# Dělení modelů z hlediska metody modelování

- Modely empirické
- Modely strukturální
- Modely procesní

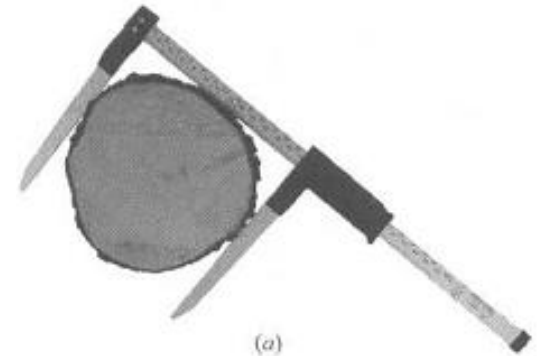


Zdroj: Kurth, W., 1994: Growth Grammar Interpreter GROGRA 2.4: A software tool for 3-dimensional interpretation of stochastic, sensitive growth grammars in the context of plant modelling. Introduction and Reference manual. Berichte des Forschungszentrums Waldkosysteme der Universität Göttingen, Ser. B, Vol. 38, 192 p.

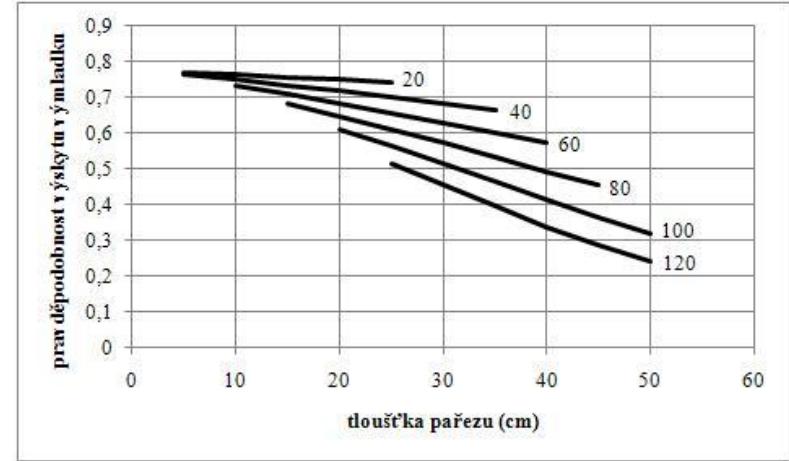
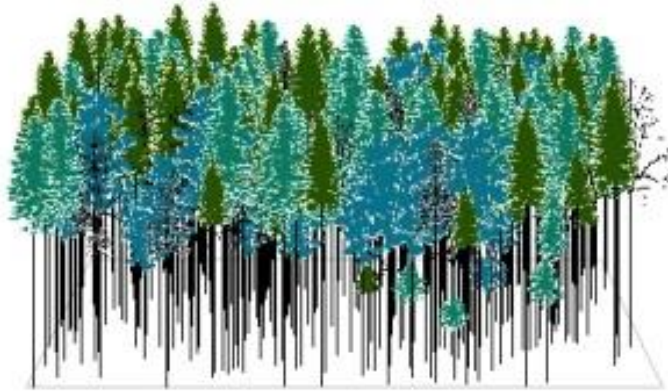


# Modely empirické

- Modely statistické
- Velký datový empirický materiál
- Výstupem biometrické údaje
- Přímá vazba na základní soubor (např. stát, lesní oblast apod.)
- Nejblíže praktickému lesnictví
- nejstarší
- Často jako DSS – Decision Support System



# Modely empirické



$$BAI_{ik} = \left( \frac{1}{\alpha_k + \beta_{jk} X_{ijk}} \right)^2$$

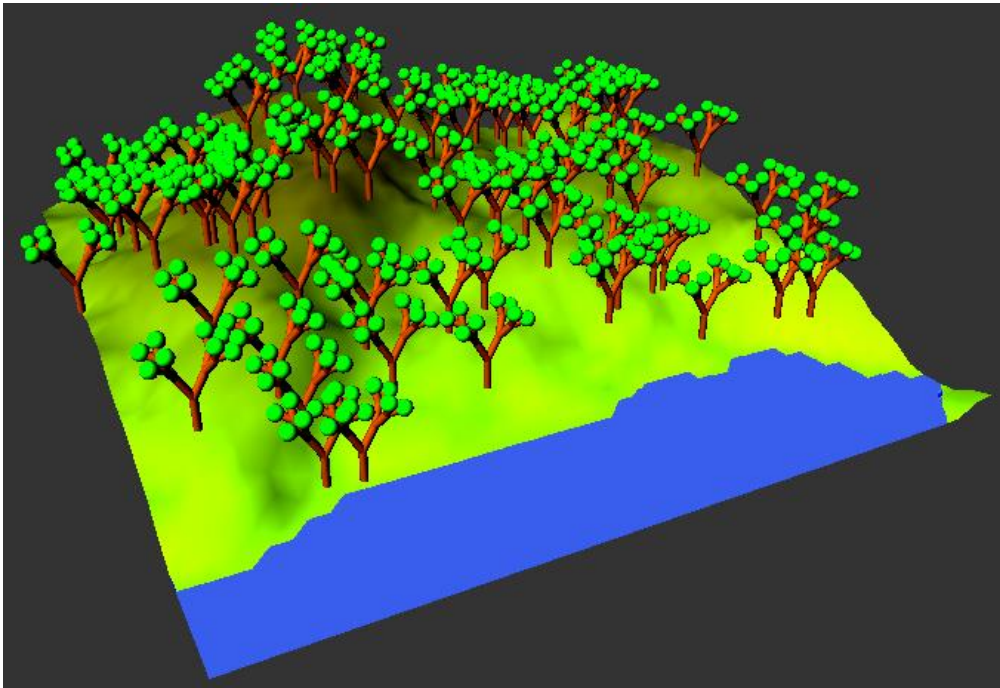
**Rostové tabulky hlavních dřevin České republiky (zkrácená forma tabulek)**

Dřevina	hlavní porost		hlavní porost		hlavní porost		hlavní porost		hlavní porost		hlavní porost		hlavní porost		hlavní porost	
	střední výška, m	střední šířka, cm	střední výška, m	střední šířka, cm	střední výška, m	střední šířka, cm	střední výška, m	střední šířka, cm	střední výška, m	střední šířka, cm	střední výška, m	střední šířka, cm	střední výška, m	střední šířka, cm	střední výška, m	střední šířka, cm
15	8,0	8,5	17,3	58	3078											
20	10,0	10,0	18,0	123	2500											
25	13,4	13,2	29,2	180	2189											
30	16,0	15,8	33,2	200	1799											
35	18,1	17,8	36,8	220	1628											
40	20,2	19,8	20,0	200	1317											
45	22,1	21,4	41,2	628	1152											
50	23,2	22,2	42,2	487	1009											
55	25,0	25,0	44,8	534	915											
60	26,7	26,7	46,4	578	829											
65	28,0	28,4	47,8	620	757											
70	29,2	28,8	48,1	658	697											
75	30,2	31,5	50,3	693	646											
80	31,1	32,9	51,3	722	603											
85	32,0	34,4	52,3	755	565											
90	32,7	35,7	53,2	790	531											
95	33,4	37,0	54,1	817	500											
100	33,9	38,2	54,8	837	474											
105	34,5	39,5	55,4	853	453											
110	34,9	40,7	56,3	864	432											
115	35,3	41,9	56,8	881	413											
120	35,6	43,0	57,4	894	396											
125	35,9	44,0	57,8	911	381											
130	36,2	45,0	58,2	927	367											
135	36,5	45,9	58,6	945	354											
140	36,8	46,8	59,0	963	342											
145	37,1	47,7	59,4	982	331											
150	37,4	48,6	59,8	1002	321											
155	37,7	49,5	60,2	1023	311											
160	38,0	50,4	60,6	1045	302											
165	38,3	51,3	61,0	1068	293											
170	38,6	52,2	61,4	1092	285											
175	38,9	53,1	61,8	1117	277											
180	39,2	54,0	62,2	1143	270											
185	39,5	54,9	62,6	1170	263											
190	39,8	55,8	63,0	1200	256											
195	40,1	56,7	63,4	1230	250											
200	40,4	57,6	63,8	1260	244											
205	40,7	58,5	64,2	1300	238											
210	41,0	59,4	64,6	1340	232											
215	41,3	60,3	65,0	1380	226											
220	41,6	61,2	65,4	1430	220											
225	41,9	62,1	65,8	1480	214											
230	42,2	63,0	66,2	1530	208											
235	42,5	63,9	66,6	1580	202											
240	42,8	64,8	67,0	1640	196											
245	43,1	65,7	67,4	1700	190											
250	43,4	66,6	67,8	1760	184											
255	43,7	67,5	68,2	1820	178											
260	44,0	68,4	68,6	1880	172											
265	44,3	69,3	69,0	1940	166											
270	44,6	70,2	69,4	2000	160											
275	44,9	71,1	69,8	2060	154											
280	45,2	72,0	70,2	2120	148											
285	45,5	72,9	70,6	2180	142											
290	45,8	73,8	71,0	2240	136											
295	46,1	74,7	71,4	2300	130											
300	46,4	75,6	71,8	2360	124											
305	46,7	76,5	72,2	2420	118											
310	47,0	77,4	72,6	2480	112											
315	47,3	78,3	73,0	2540	106											
320	47,6	79,2	73,4	2600	100											
325	47,9	80,1	73,8	2660	94											
330	48,2	81,0	74,2	2720	88											
335	48,5	81,9	74,6	2780	82											
340	48,8	82,8	75,0	2840	76											
345	49,1	83,7	75,4	2900	70											
350	49,4	84,6	75,8	2960	64											
355	49,7	85,5	76,2	3020	58											
360	50,0	86,4	76,6	3080	52											
365	50,3	87,3	77,0	3140	46											
370	50,6	88,2	77,4	3200	40											
375	50,9	89,1	77,8	3260	34											
380	51,2	90,0	78,2	3320	28											
385	51,5	90,9	78,6	3380	22											
390	51,8	91,8	79,0	3440	16											
395	52,1	92,7	79,4	3500	10											
400	52,4	93,6	79,8	3560	4											

# Modely strukturální

- Modely morfologické
- Pracují s růstovými gramatikami a architekturou jedince
- Většinou nižší hierarchické úrovně
- Co nejreálnější vzhled jedince
- Využití především při výzkumu

# Modely strukturální

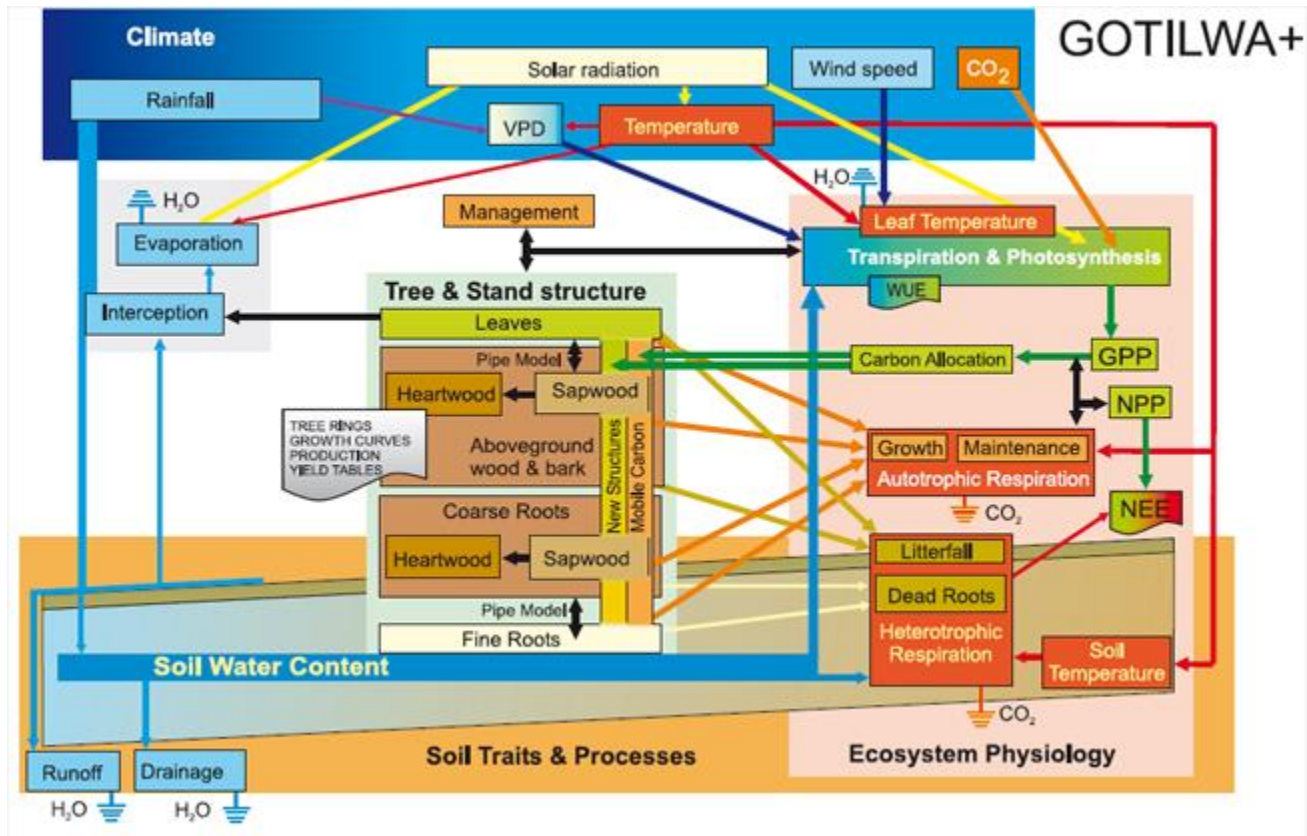


Zdroj: [www.grogra.de](http://www.grogra.de)

# Modely procesní

- Ekofyziologické modely
- Data ze základních fyziologických procesů
- Modelování kauzálních vztahů
- Výstupem primární produkce
- Nejdynamičtější vývoj

# Modely procesní



Zdroj: <http://www.creaf.uab.es/gotilwa+/docs/Gotilwa%20model%20documentation.pdf>

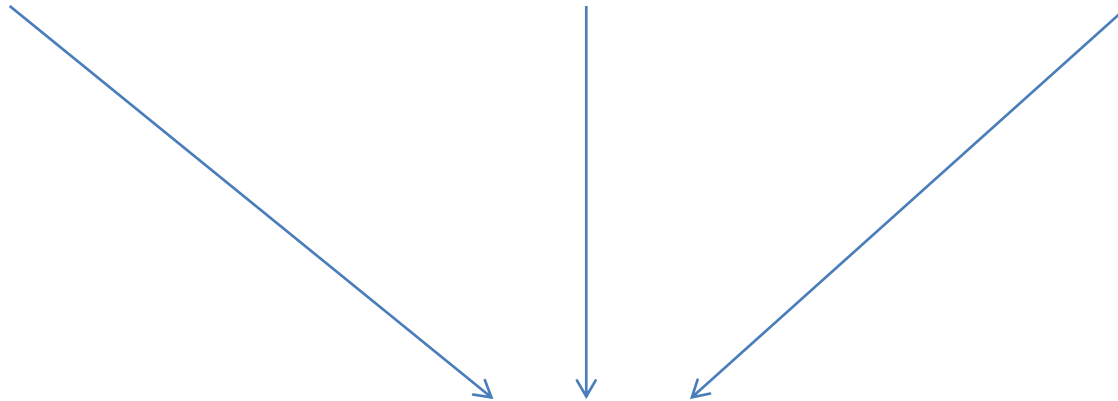
# Modely procesní



Zdroj: <http://www.wwk.forst.tu-muenchen.de/research/methods/modelling/balance/>

# Příklady modelů

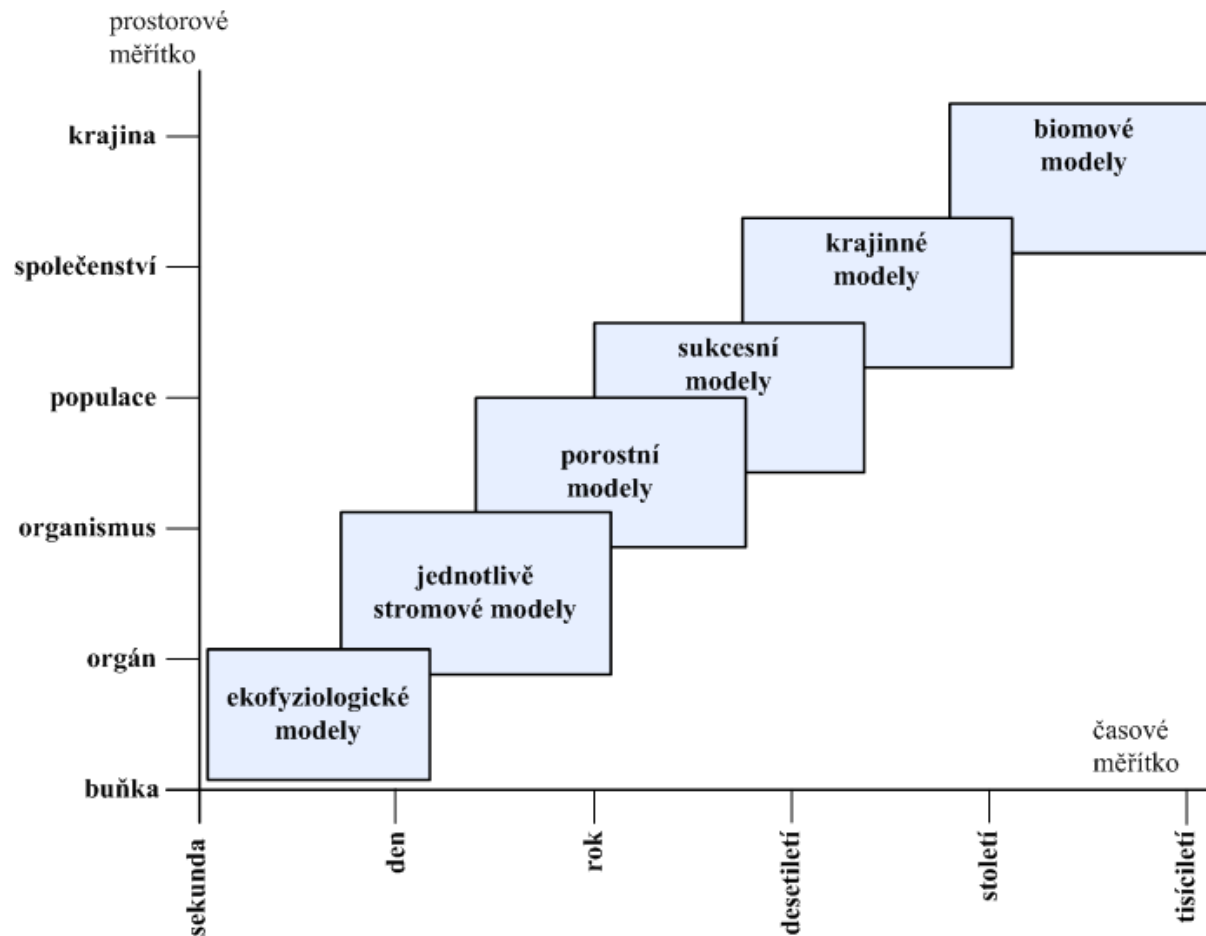
EMPIRICKÉ	STRUKTURÁLNÍ	PROCESNÍ
SILVA, SIBYLA, BWIN, LANDIS, STAOET, DFSIM, .....	GROGRA, GroIMP, CPMG, LSYS, LIGNUM, .....	TREE-BGC, FOREST-BGC, BIOME-BGC,.....



**HYBRIDNÍ MODELY**



# Dělení modelů z hlediska časové a hierarchické struktury



Zdroj: PRETZSCH, H. (2001): Modellierung des Waldwachstums. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Wien, 336 s.

# Hierarchická struktura

- Proces zpětné vazby  $\updownarrow$
- Řídící parametry  $\downarrow$
- Signály  $\uparrow$
- Změny ve struktuře formou ***upscale*** a ***downscale*** posunu
- Nejpříjemnější dělení z pohledu volby modelu běžným uživatelem

# Příklady modelů

ekofyziologické	stromové	porostní	sukcesní	Biomové (krajinné)
SPRUCE, BIOMASS, FOREST-BGC, TREEDYN3, 3- PG, FORSANA, GOTILWA BALANCE, EFIMOD,.....	SIBYLA, SILVA, BWIN, PROGNAUS, STAND PROGNOSIS, MOSES, SORTIE,.....	DFIM, DFSIM, STAOET, LANDIS, růstové tabulky,....	4C, PICUS, JABOWA, FORCLIM,...	HOLDRIDGE, BIOME-BGC, BIOME, BIOME 2, MAPSS,...

# Dělení modelů z hlediska hierarchicko-prostorové úrovně

- Autorkou klasifikace Lischke (2001) a úprava provedena Fabrikou (2011)
- Nejběžnější dělení ve vědecké oblasti
- Hierarchické úrovně (orgán – společenstvo) jsou ještě rozděleny do skupin dle prostorového zaměření (3D pozice – region)
- Častý průnik skupin

Zdroj: Lischke, H., 2001: New developments in forest modeling: convergence between applied and theoretical approaches. Natural resource modeling. Vol. 14, Num. 1, Spring 2001, p. 71-102.

Fabrika, M., Pretzsch, H., 2011: Analýza a modelovanie lesných ekosystémov. TU Zvolen. 599 s.

# Dělení modelů z hlediska hierarchicko-prostorové úrovně



Zdroj: Fabrika, M., Pretzsch, H., 2011: Analýza a modelovanie lesných ekosystémov. TU Zvolen. 599 s.

# Dělení modelů z hlediska hierarchicko-prostorové úrovně

- Statické vegetační modely
- Stromové ekofyziologické modely
- Stromové funkčně-strukturální modely
- Stromové empirické modely závislé na pozicích stromů
- Stromové empirické modely nezávislé na pozicích stromů
- Stromové gap modely

# Dělení modelů z hlediska hierarchicko-prostorové úrovně

- frekvenční gap modely
- frekvenční populační modely
- Populační a druhové modely
- Modely funkčních typů
- Modely dynamiky gap skupin
- ekofyziologické modely typu „big leaf“
- Ekofyziologické modely průměrného stromu

Typ modelu	Název modelu
Statický vegetační model	BIOME, Holdridge, MAPSS
Stromový ekofyziologický model	BALANCE, TRAGIC, SPRUCOM
Stromový funkčně-strukturální model	GROGRA, GroIMP, LIGNUM
Stromový empirický model závislý na pozicích stromů	MOSES, SIBYLA, SORTIE
Stromový empirický model nezávislý na pozicích stromů	PROGNAUS, BWIN, STAND PROGNOSIS MODEL
Stromové gap modely	FORMIND, JABOWA, ZELIG
Frekvenční gap modely	FORMIX, FLAM, 4C
Frekvenční populační modely	LANDIS, LANDSIM
Populační a druhové modely	STAOET, DFIT, DFSIM
Modely funkčních typů	FORMIX, FORMIND, HYBRID
Modely dynamiky gap skupin	MOSAIC, ROPE, DisCForM
Ekofyziologické modely typu „big leaf“	PnET, 3-PG, FORSANA
Ekofyziologické modely průměrného stromu	TREEDYN, GOTILWA, SPRUCE



# Zajímavé odkazy a publikace

- <http://www.efiatlantic.efi.int/portal/databases/foremodels/> - databáze modelů organizace EFI
- [http://www.efi.int/portal/virtual\\_library/databases/efiscen/modelling\\_approach](http://www.efi.int/portal/virtual_library/databases/efiscen/modelling_approach) – popis modelovacích přístupů
- Článek o dalším druhu dělení modelů – Porté, A., Bartelink, H. H., 2002: Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management. *Ecological modelling*, 150. 141 – 188 p.

# Zajímavé odkazy a publikace

- Fontes, L. et al. 2010: Models for supporting forest management in a changing environment. *Forest Systems*, 19. 8-29 p.
- Fabrika, M., Pretzsch, H., 2011: Analýza a modelovanie lesných ekosystémov. TU Zvolen. 599 s.
- Pretzsch, H., 2009: *Forest Dynamics, Growth and Yield. From measurement to model.* Springer, 664 p.



***Děkuji za pozornost!***