

# Modelování odumření stromů pod vlivem rizika disturbance

Jan Kadavý



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



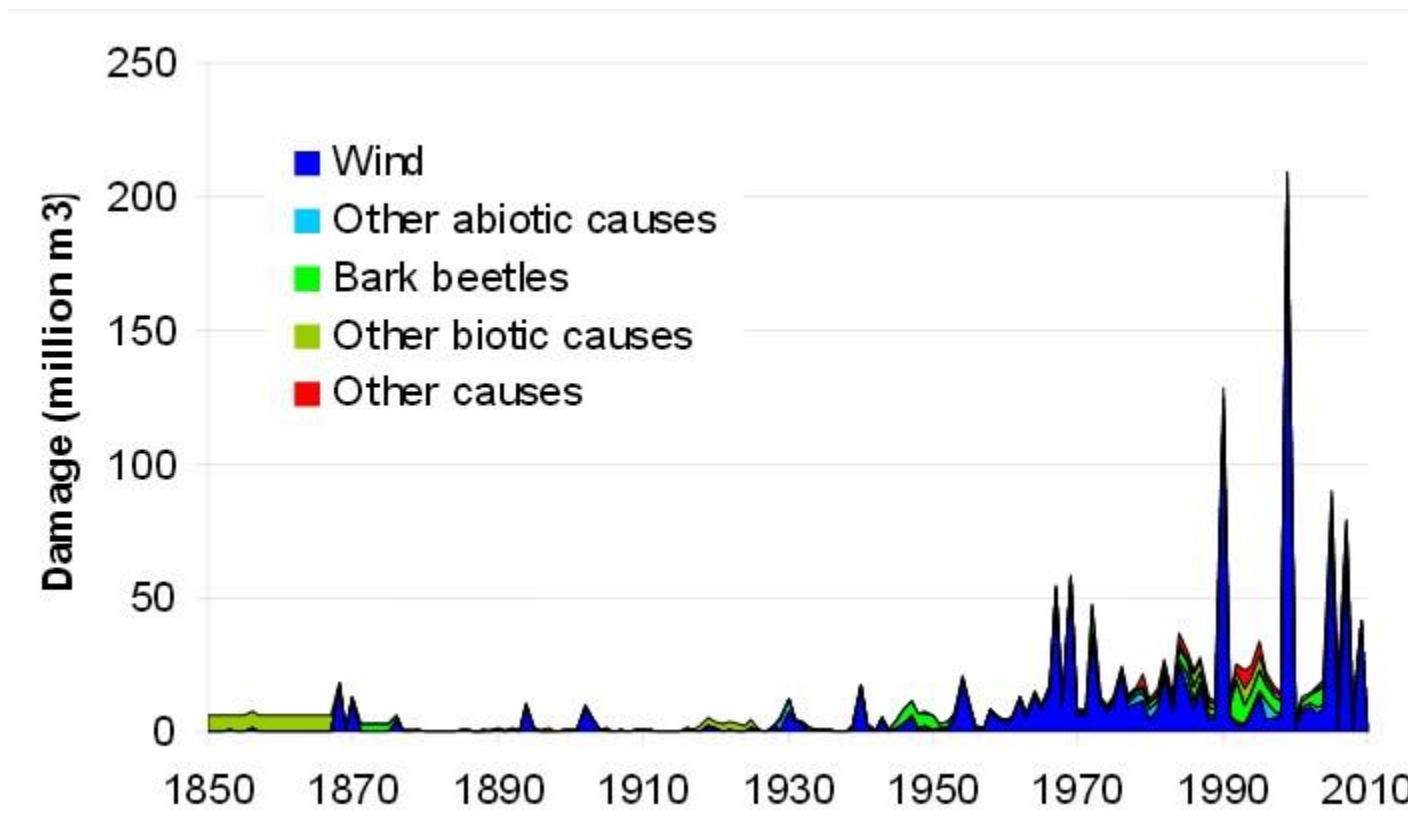
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Obsah prezentace

1. Škody způsobené disturbancemi v Evropě
2. Základní pojmy
3. Modelování rizika odumření stromů vlivem disturbancí
4. Modelování rizika odumření stromů v růstovém simulátoru SIBYLA
5. Review modelování disturbancí

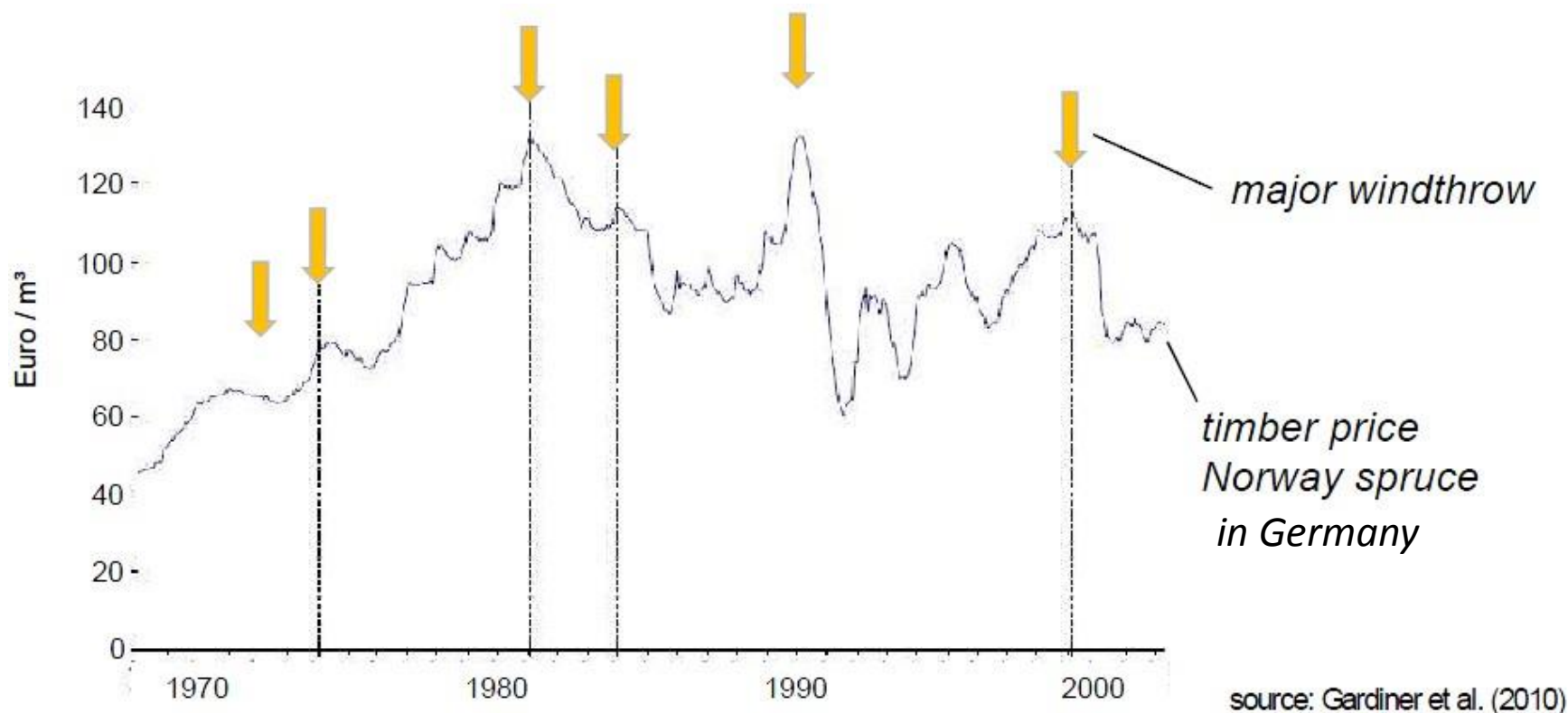
# 1. Škody způsobené disturbancemi v Evropě



Zdroj: [http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/STORMS%20Final\\_Report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/STORMS%20Final_Report.pdf);  
upraveno podle: <http://www.metla.fi/dissertationes/df56.pdf>

# Příklad 1: Vítr a cena dřeva

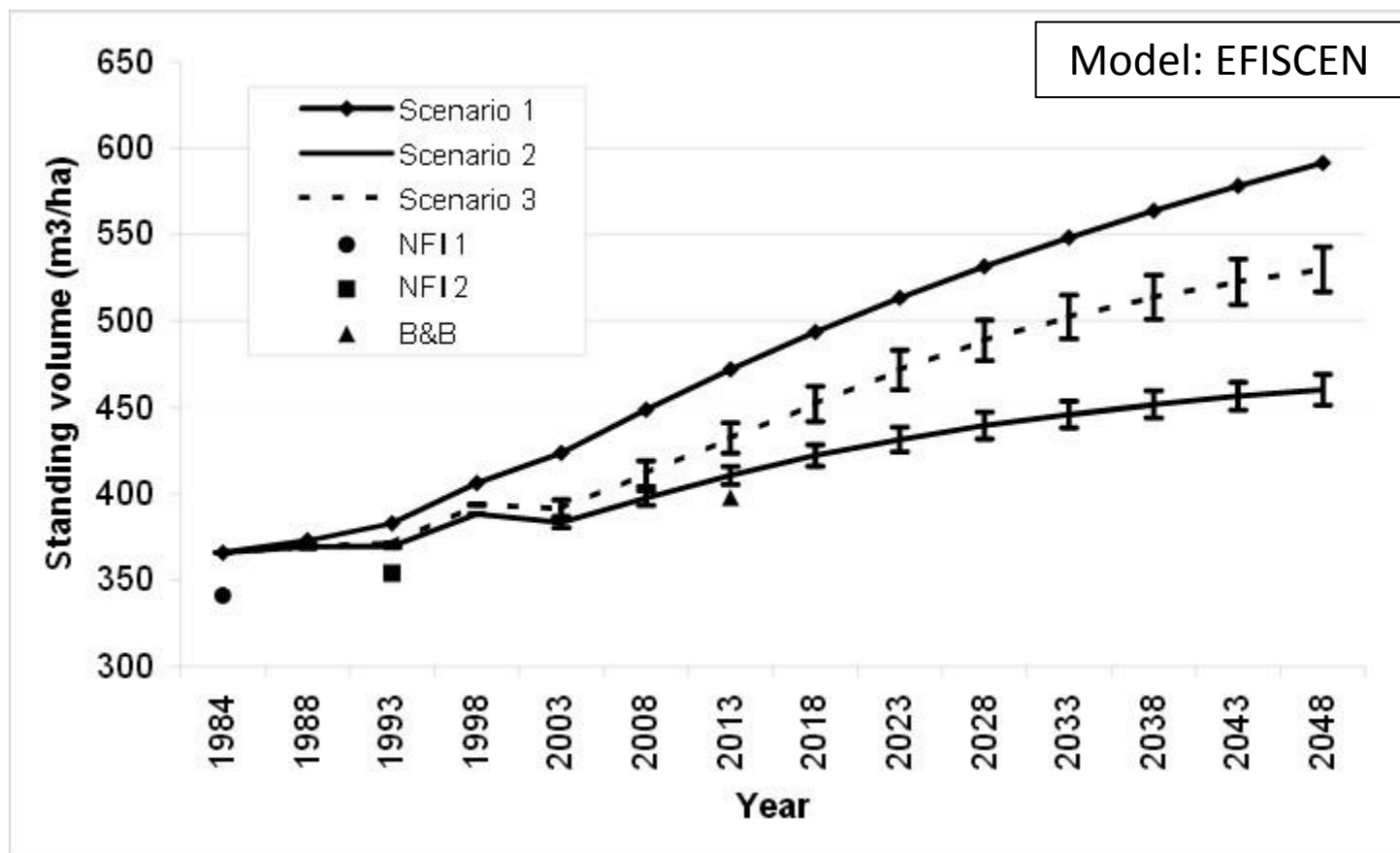
(Německo)



Zdroj: <http://www.isa.utl.pt/def/fp0603forestmodels/FM/02-Seidl.pdf>;  
upraveno podle: [http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/STORMS%20Final\\_Report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/STORMS%20Final_Report.pdf)

# Příklad 2: Klimatická změna a zásoba

(Švýcarsko)

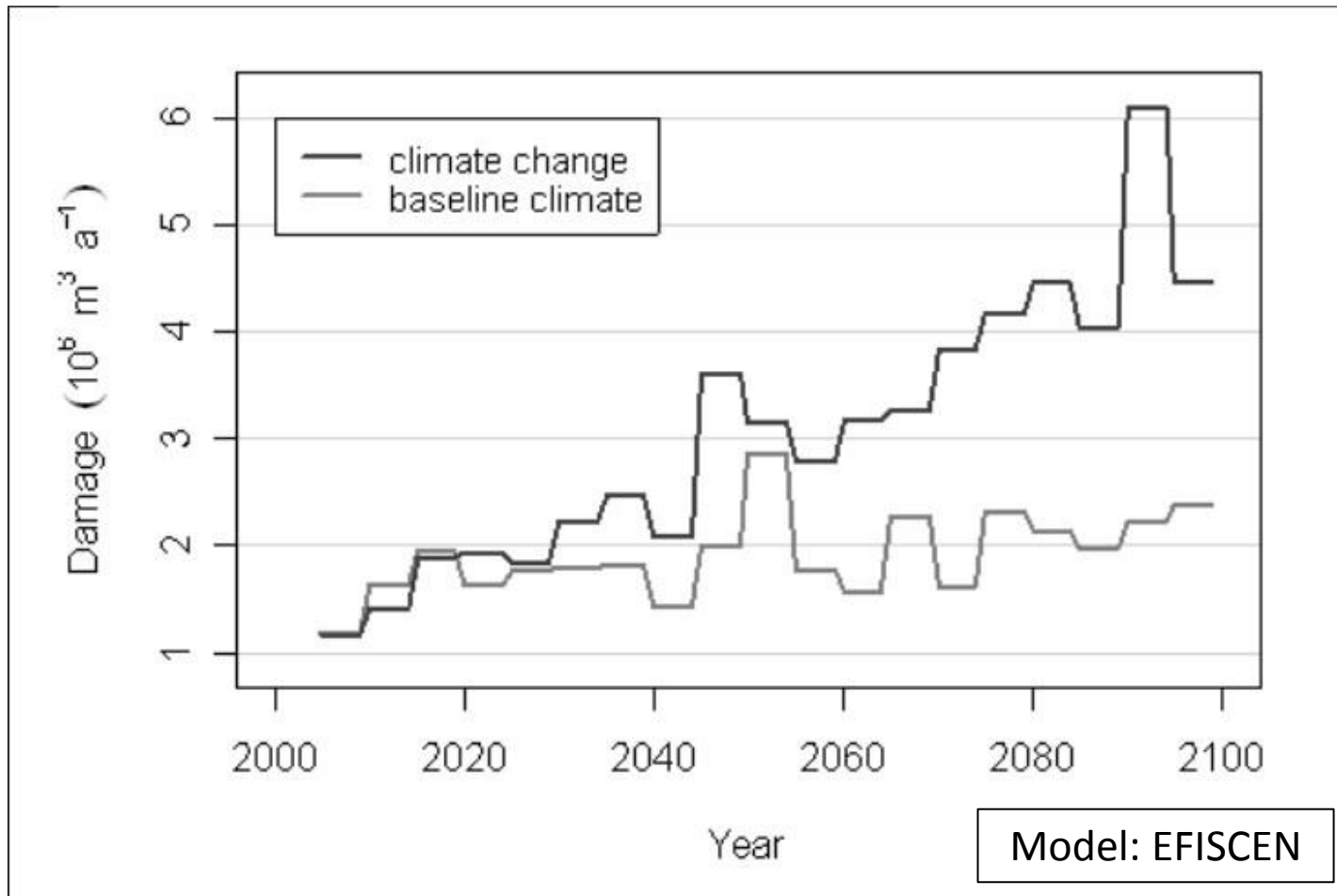


Scenario 1 – běžné klima bez disturbancí; Scenario 2 – běžné klima s disturbancemi; Scenario 3 – klimatická změna s disturbancemi; NFI a B&B – data y inventariyace lesa

Zdroj: <http://www.metla.fi/dissertations/df56.pdf>

# Příklad 3: Změna klimatu a škody kůrovcem

(Rakousko)



# Který faktor je důležitější?

(Česká republika)

Rok	2009	2010	2011	2012
Faktor				
Vítr, sníh a námraza				
Kůrovec				
Teplota				
Srážky				

## 2. Základní pojmy

Pojem	Definice
<b>Ohrožení</b> ( <i>hazard</i> )	Pravděpodobnost četností výskytu extrémní události vedoucí ke škodě na populaci (z výskytu všech možných typů extrémních událostí). Výsledkem je relativně spojitě číslo od 0 do 1.
<b>Vystavení</b> ( <i>exposure</i> )	Podmíněná pravděpodobnost ve formě frekvence vystavení populace konkrétnímu typu extrémní události vedoucí ke škodě na populaci. Výsledkem je relativně spojitě číslo od 0 do 1.
<b>Zranitelnost</b> ( <i>vulnerability</i> )	Podmíněná pravděpodobnost ve formě relativní výše škody na populaci vystavené konkrétnímu typu extrémní události. Výsledkem je relativně spojitě číslo od 0 do 1.
<b>Odpor</b> ( <i>resistance</i> )	Schopnost populace odolat extrémní události.
<b>Odolnost</b> ( <i>resilience</i> )	Schopnost populace obnovit v přiměřeném čase svoji funkčnost po škodách způsobených extrémní událostí. Je vyjádřena např. inverzní pravděpodobností ke zranitelnosti.
<b>Riziko</b> ( <i>risk</i> )	Výsledná pravděpodobnost škody na populaci. Součin pravděpodobnosti ohrožení, pravděpodobnosti vystavení a pravděpodobnosti zranitelnosti. Výsledkem je relativně spojitě číslo od 0 do 1.
<b>Škoda</b> ( <i>loss</i> )	Výsledná absolutní výše škody na populaci vedoucí ke ztrátě její funkčnosti.



## 2. Základní pojmy

škoda = populace \* riziko

riziko = ohrožení \* vystavení \* zranitelnost

# 3. Modelování ohrožení

(*hazard*)

Základní otázka:

## 1. Čím je porost ohrožen?

➤ Škodlivým činitelem, který má největší frekvenci výskytu.

Forest Eco-region	Tree species	Injurious agent	Frequency
23 JAVORNIKY	Spruce	Windstorm	46.7
23 JAVORNIKY	Spruce	Bark beetles	31.3
23 JAVORNIKY	Spruce	Other	10.9
23 JAVORNIKY	Spruce	Snow damage	4.3
23 JAVORNIKY	Spruce	Illegal cutting	3.5
23 JAVORNIKY	Spruce	Drought	1.4
23 JAVORNIKY	Spruce	Defoliator	1.2
23 JAVORNIKY	Spruce	Fire	0.5
23 JAVORNIKY	Spruce	Air pollutants	0.3

*Zdroj: Fabrika, Vaculčiak, 2009: Modelling Natural Disturbances in Tree Growth Model SIBYLA*

# 3. Modelování vystavení

*(exposure)*

Základní otázky:

1. Jak často je porost vystaven škodám za daný časový interval?
2. Kdy bude porost poškozen?

# 3. Modelování zranitelnosti

*(vulnerability)*

Základní otázka:

1. Jak relativně velké množství stromů odumře vlivem vystavení porostu škodlivému činiteli?

# 3. Příklad

**Zadání:** Chceme zjistit průměrné riziko působení větru za 100 let pro dřevinu smrk na kyselých stanovištích pro konkrétní oblast. COP (za 100 let) vývoje porostu =  $588 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ .

- Ohrožení: 0,403
- Vystavení: 0,1181
- Zranitelnost: 0,1839

**Celkové riziko odumření stromů** =  $0,403 * 0,1181 * 0,1839 = \mathbf{0,0088}$  (cca 1% odumřelých stromů z dlouhodobé produkce).

**Odhad odumřelých stromů** =  $588 * 0,0088 = \mathbf{5} \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ .

# 3. Fuzzy pravidla výběru odumřelých stromů

1. K výběru stromu (zda odumře či nikoliv) slouží tzv. *selektory*
2. Množina *selektorů* se určí v závislosti na druzích *škodlivých činitelů*
3. Selektory převádíme na relativní hodnoty transformací pomocí *fuzzy funkcí* => *fuzzy hodnoty (spojité číslo od 0 do 1)*
  1. Hodnota 0 = strom má nulovou pravděpodobnost, že odumře
  2. Hodnota 1 = strom má 100% pravděpodobnost, že odumře, tedy určitě odumře
  3. Čím vyšší je fuzzy hodnota, tím větší je pravděpodobnost odumření stromu
4. Fuzzy hodnoty většího množství *selektorů* můžeme agregovat (spojovat) do jedné výsledné hodnoty pomocí tzv. *operátorů*:
  1. AND – vyžaduje, aby všechny vstupní fuzzy hodnoty byly vysoké
  2. OR – postačuje, aby jedna ze vstupních fuzzy hodnot byla vysoká



# 3. Fuzzy pravidla výběru odumřelých stromů

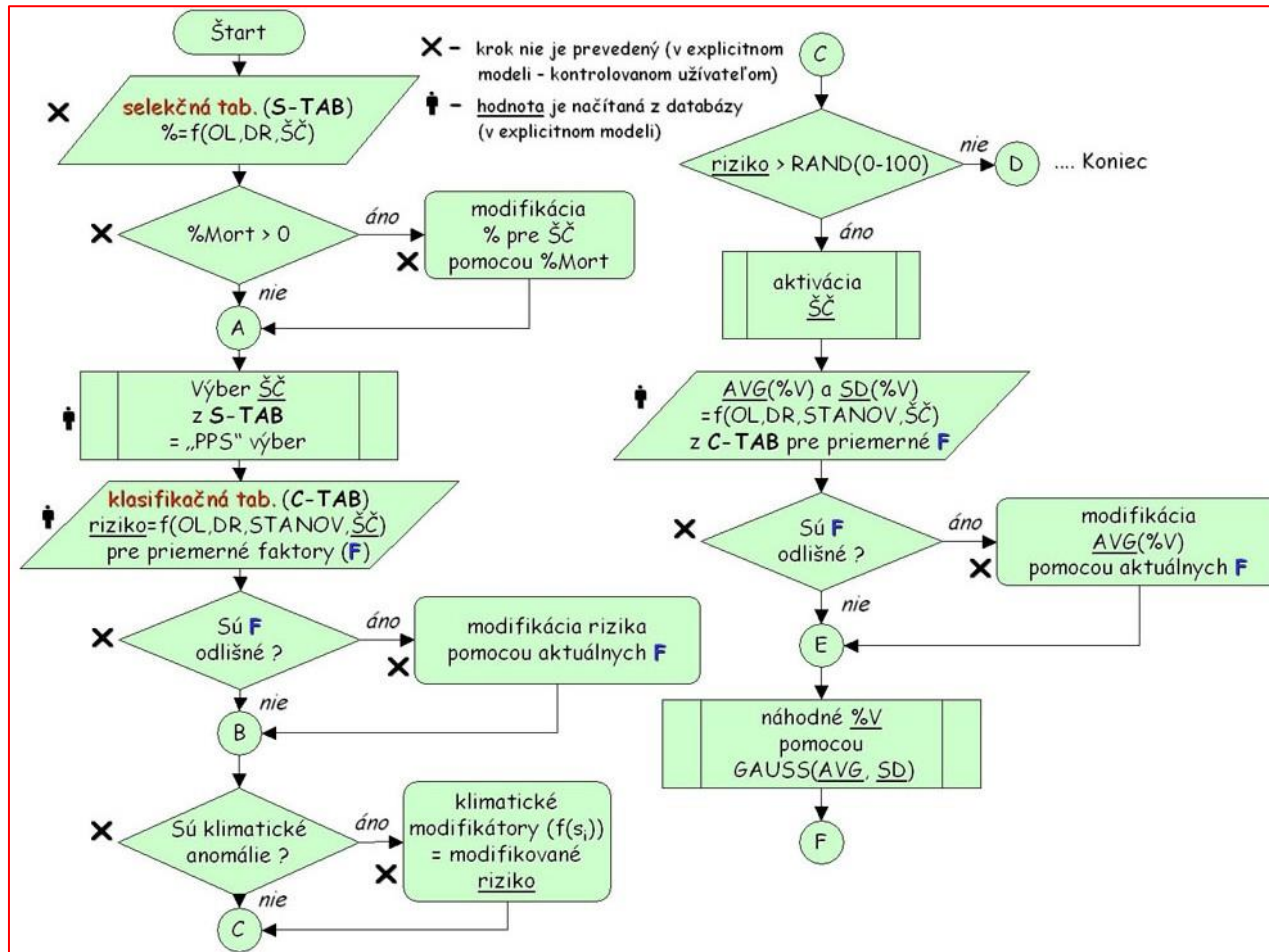
Obecný postup:

1. Výpočet rizika a výsledného objemu odumřelých stromů (viz příklad)
2. Na základě stanovených selektorů (např. tloušťka, výška, vitalita apod.) fuzzy funkcí a jejich agregace se vypočítá fuzzy hodnota odumření pro každý strom v porostu
3. Vybírají se stromy s největší fuzzy hodnotou do okamžiku, dokud se nenaplní potřebný objem odumřelých stromů (viz bod 1)



# 4. Modelování škodlivých činitelů v růstovém simulátoru SIBYLA

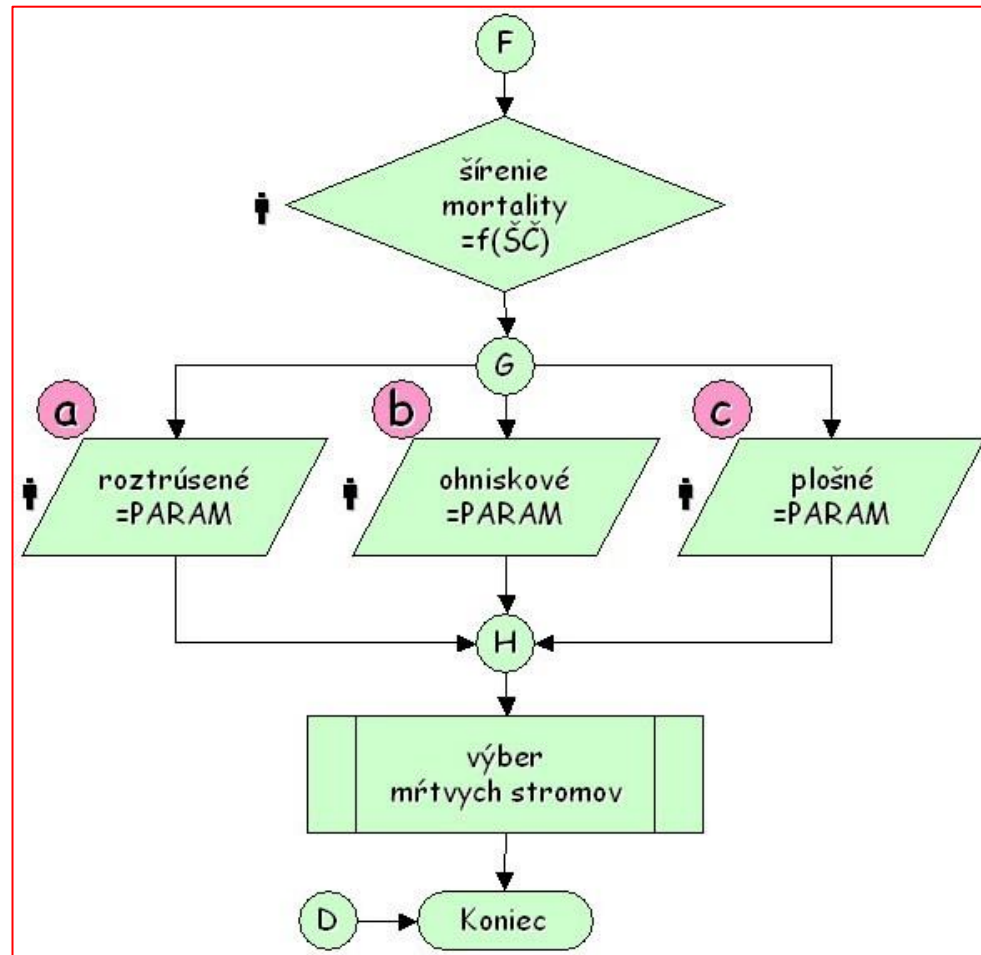
porostní úroveň





# 4. Modelování škodlivých činitelů v růstovém simulátoru SIBYLA

stromová úroveň



# 4. Modelování škodlivých činitelů v růstovém simulátoru SIBYLA

Model biotických a abiotických škodlivých činitelů

Porost: pokus Uložit

Séria: 1 Trvanie: 1. - 5. rok

Druh škodlivého činiteľa: vlnetor

Pravdepodobnosť jeho výskytu (%): 0

Percento odumretých stromov (zo zásoby):

Aritmetický priemer: 0


Smerodajné odchýlka: 0

Spôsob šírenia: plošný Rok začiatku: 3

Tvar kalaminnej plochy: pás

generované umiestnenie plochy  
 zadané umiestnenie plochy

X (relatívne): 0.5  
Y (relatívne): 0.5  
Dĺžka [°]: 0  
Pomer osí [0,1,1]: 0.5



Model biotických a abiotických škodlivých činitelů

Porost: pokus Uložit

Séria: 1 Trvanie: 1. - 5. rok

Druh škodlivého činiteľa: listožravý hmyz

Pravdepodobnosť jeho výskytu (%): 0

Percento odumretých stromov (zo zásoby):

Aritmetický priemer: 0


Smerodajné odchýlka: 0

Spôsob šírenia: plošný Rok začiatku: 3

Tvar kalaminnej plochy: elpsa

generované umiestnenie plochy  
 zadané umiestnenie plochy

X (relatívne): 0.5  
Y (relatívne): 0.5  
Dĺžka [°]: 0  
Pomer osí [0,1,1]: 0.5



Model biotických a abiotických škodlivých činitelů

Porost: pokus Uložit

Séria: 1 Trvanie: 1. - 5. rok

Druh škodlivého činiteľa: kradca

Pravdepodobnosť jeho výskytu (%): 0


Percento odumretých stromov (zo zásoby):

Aritmetický priemer: 0

Smerodajné odchýlka: 0

Spôsob šírenia: individuálny Rok začiatku: 3 Rok konca: 3

Výber stromov:  
 náhodný  
 cieľový



Model biotických a abiotických škodlivých činitelů

Porost: pokus Uložit

Séria: 1 Trvanie: 1. - 5. rok

Druh škodlivého činiteľa: požiar

Pravdepodobnosť jeho výskytu (%): 0

Percento odumretých stromov (zo zásoby):

Aritmetický priemer: 0


Smerodajné odchýlka: 0

Spôsob šírenia: plošný Rok začiatku: 3

Tvar kalaminnej plochy: elpsa

generované umiestnenie plochy  
 zadané umiestnenie plochy

X (relatívne): 0.5  
Y (relatívne): 0.5  
Dĺžka [°]: 0  
Pomer osí [0,1,1]: 0.5



Model biotických a abiotických škodlivých činitelů

Porost: pokus Uložit

Séria: 1 Trvanie: 1. - 5. rok

Druh škodlivého činiteľa: bodkovaný a drevokazný hmyz

Pravdepodobnosť jeho výskytu (%): 0


Percento odumretých stromov (zo zásoby):

Aritmetický priemer: 0

Smerodajné odchýlka: 0

Spôsob šírenia: chrástový Rok začiatku: 2 Rok konca: 4

Počet ohnísk: 1



Model biotických a abiotických škodlivých činitelů

Porost: pokus Uložit

Séria: 1 Trvanie: 1. - 5. rok

Druh škodlivého činiteľa: líne

Pravdepodobnosť jeho výskytu (%): 0


Percento odumretých stromov (zo zásoby):

Aritmetický priemer: 0

Smerodajné odchýlka: 0

Spôsob šírenia: individuálny Rok začiatku: 1 Rok konca: 5

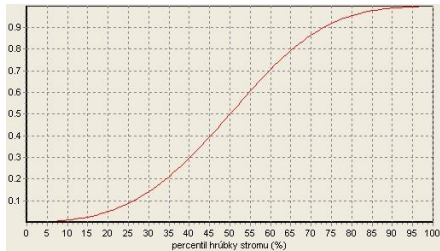
Výber stromov:  
 náhodný  
 cieľový



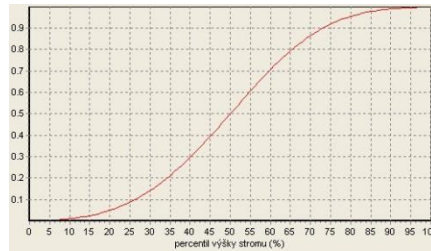


# 4. Fuzzy vliv výběrových znaků (selektorů) na mortalitu stromu

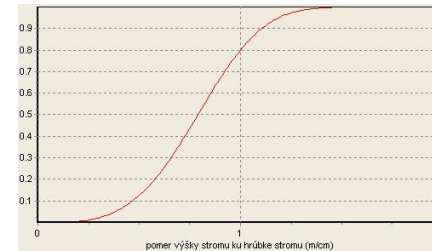
## Tloušťka



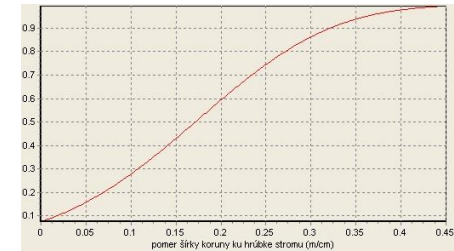
## Výška



## h/d



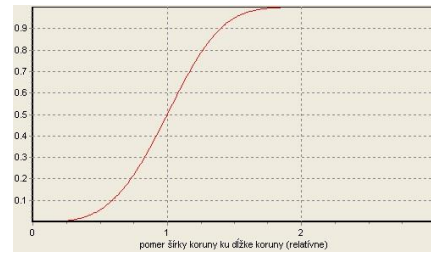
## Šířka koruny



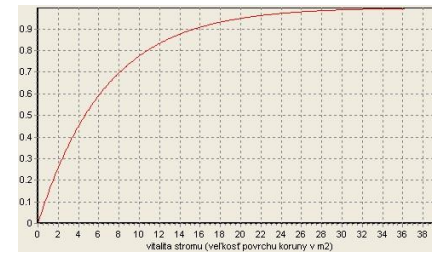
## Délka koruny



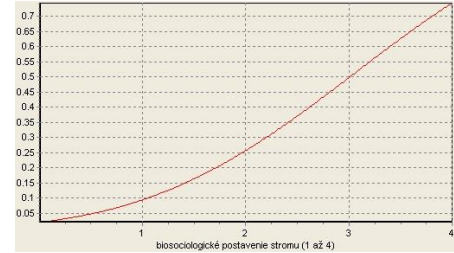
## Tvarový koef. koruny



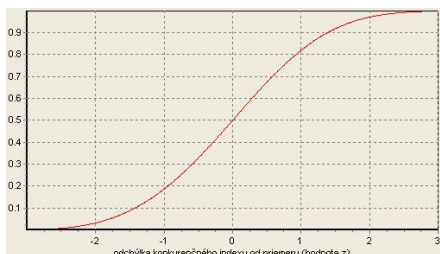
## Vitalita



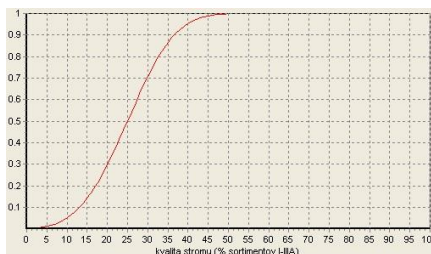
## Biosoc. postavení



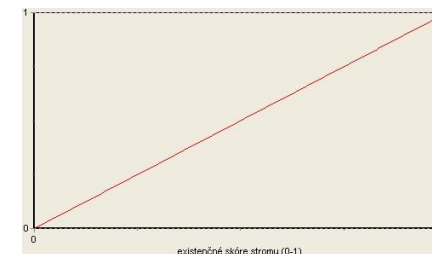
## Konkurence



## Kvalita



## Existenční skóre







# 5. Modelování přirozených disturbancí v lesních ekosystémech: review

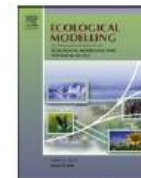
Ecological Modelling 222 (2011) 903–924



Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Modelling

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ecolmodel](http://www.elsevier.com/locate/ecolmodel)



Review

Modelling natural disturbances in forest ecosystems: a review

Rupert Seidl<sup>a,b,\*</sup>, Paulo M. Fernandes<sup>c,d</sup>, Teresa F. Fonseca<sup>d</sup>, François Gillet<sup>e,f</sup>, Anna Maria Jönsson<sup>g</sup>, Katarína Merganičová<sup>h,i</sup>, Sigrid Netherer<sup>j</sup>, Alexander Arpacı<sup>a</sup>, Jean-Daniel Bontemps<sup>k</sup>, Harald Bugmann<sup>l</sup>, Jose Ramon González-Olabarria<sup>m</sup>, Petra Lasch<sup>n</sup>, Céline Meredieu<sup>o</sup>, Francisco Moreira<sup>p</sup>, Mart-Jan Schelhaas<sup>q</sup>, Frits Mohren<sup>r</sup>

<sup>a</sup> Institute of Silviculture, Department of Forest and Soil Sciences, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU) Vienna, Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien, Austria

<sup>b</sup> Department of Forest Ecosystems and Society, College of Forestry, Oregon State University, 3200 SW Jefferson Way, Corvallis, OR 97331, USA

<sup>c</sup> Centro de Investigação e de Tecnologias Agro-Ambientais e Biológicas (CITAB), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Apartado 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal

<sup>d</sup> Department of Forest and Landscape, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal

<sup>e</sup> Université de Franche-Comté CNRS, UMR 6249 Chrono-Environnement, 16 route de Gray, 25030 Besançon Cedex, France

<sup>f</sup> École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Laboratory of Ecological Systems, Station 2, 1015 Lausanne, Switzerland

<sup>g</sup> Department of Earth and Ecosystem Sciences, Division of Physical Geography and Ecosystem Analysis, Lund University, Solvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden

<sup>h</sup> Czech University of Life Sciences in Prague, Faculty of Forestry, Wildlife and Wood Sciences, Department of Forest Management, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6, Suchbát, Czech Republic

<sup>i</sup> Forest Research, Inventory and Monitoring (FORIM), Huta 14, 962 34 Železná Breznica, Slovakia

<sup>j</sup> Institute of Forest Entomology, Forest Pathology and Forest Protection, Department of Forest and Soil Sciences, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU) Vienna, Hasenauerstraße 38, 1190 Wien, Austria

<sup>k</sup> AgroParisTech, ENGREF, UMR 1092 INRA/AgroParisTech "Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt-Bois" (LERFoB), 14 rue Girardet, 54000 Nancy, France

<sup>l</sup> Forest Ecology, Institute of Terrestrial Ecosystems, Department of Environmental Sciences, Swiss Federal Institute of Technology ETH, Universitätsstr. 22, CH-8092 Zurich, Switzerland

<sup>m</sup> CTFC - Forest Technology Centre of Catalonia, Carretera de Sant Llorenç de Morunys, km 2, 25280 Solsona, Spain

<sup>n</sup> Potsdam Institute for Climate Impact Research, RD II: Climate Impacts and Vulnerabilities, Telegrafenberg, P.O. Box 601203, 14412 Potsdam, Germany

<sup>o</sup> INRA, UMR1202 BIOGECO, 69 Route d'Arcachon, F-33610 Cestas, France

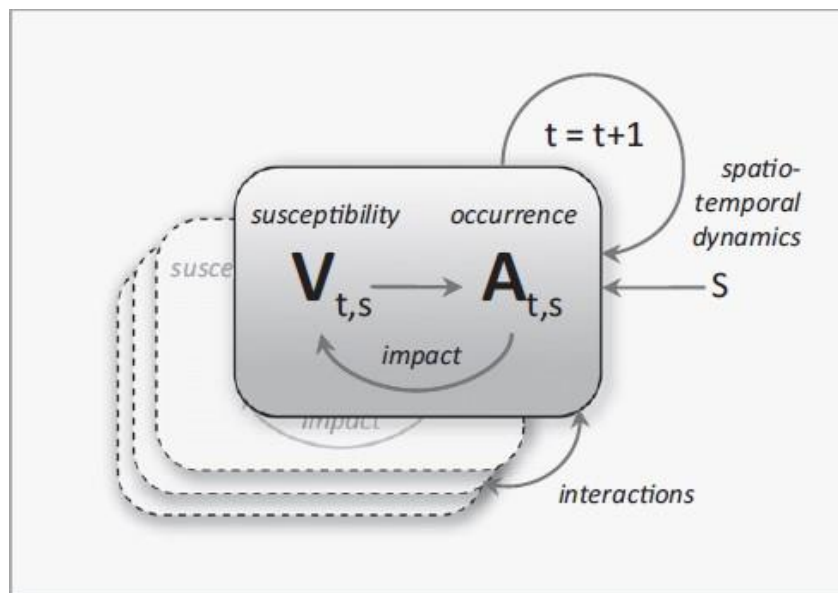
<sup>p</sup> Centre of Applied Ecology 'Prof. Baeta Neves', Institute of Agronomy, Technical University of Lisbon, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisbon, Portugal

<sup>q</sup> Alterra, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands

<sup>r</sup> Forest Ecology and Forest Management Group (FEM), Wageningen University, P.O. Box 47, NL-6700 AA Wageningen, The Netherlands

# 5. Obsah a schéma review

1. Sucho
2. Vítr
3. Lesní požáry
4. Hmyz
5. Škody zvěří



V ... les (vegetace); A ... disturbance (agent);  
t ... čas; s ... prostor

- *susceptibility ... predispozice (nedostatečná odolnost lesa (V) vůči agentovi-disturbanci (A)*
- *occurrence ... citlivost agenta na prostředí*

# 5.1 Sucho

(stres z nedostatku vody)

Mechanismus	Popis řešení	Model
Predispozice	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bod vadnutí</li><li>• Komplexnost architektury půdy</li><li>• Zvýšený požadavek porostu na množství dostupné vody</li></ul>	FORCLIM; BIOME-BGC BALANCE; 4C FOREST-BGC; LPJ
Citlivost	<ul style="list-style-type: none"><li>• Množství dostupné půdní vody</li><li>• Hranice podle bodu vadnutí</li><li>• Vodní potenciál listoví</li><li>• PET x AET</li><li>• Počet dnů sucha</li></ul>	FORCLIM  FORSKA; FORCLIM; PICUS
Tlak (vliv)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pokles růstu</li><li>• Mortalita stromů</li><li>• Kavítace</li><li>• Hydraulická ztráta vodivosti xylému</li><li>• Deficit vody jako výsledek negativní bilance uhlíku</li><li>• Snížená vodivost průduchů po určitou dobu po působení stresu</li><li>• Predikce sucha na základě Bayesian přístupu (<i>empiricky</i>)</li></ul>	HYBRID  GOTILWA+ CABALA <i>McMahon et al. (2009)</i>
Dynamika	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hydrologie (efekt topografie)</li><li>• Ekosystémový přístup – ekosystémový model</li></ul>	TOPMODEL; DHSVM RHESSys
Interakce	<ul style="list-style-type: none"><li>• Požár a hmyzí škůdci</li><li>• Redukce kompetice (dostupnost vody, mortalita)</li><li>• Struktura porostu a koloběh vody (zpětná vazba)</li></ul>	

**Shrnutí:** doména procesních modelů.



# 5.2 Vítr

Mechanismus	Popis řešení	Model
Predispozice	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Půdní typ a hloubka kořenů</li> <li>• Objemová hmotnost půdy</li> <li>• Empirický přístup pro stejnorodý a strukturálně uniformní porost</li> <li>• Výpočet kritické rychlosti větru</li> <li>• Napětí ohybu kmene</li> <li>• 3D model „ukotvení stromu“ – <i>metoda konečných prvků</i></li> <li>• Vztah věku a výšky porostu</li> </ul>	ForestGALES HWIND GALES FOREOLE, ForGEM-W SAWADA <i>Dupuy et al. (2007)</i> LANDIS, EFISCEN
Citlivost	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Statistické rozdělení (např. Weibullovo) rychlosti větru</li> <li>• Odhad lokálního výskytu bouře a citlivosti stromu na ni</li> <li>• Kritická rychlost větru s ohledem na lokální topografii terénu</li> </ul>	MASSIMO, ForGEM-W SORTIE MS-Micro/3, WAsP, <i>WINDA*</i> , SCADIS
Tlak (vliv)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odhad nejen zlomů, ale i vývrátů kmenů</li> <li>• Modelování mortality stromu či naopak přežití vůči tlaku větru</li> <li>• „Reset“ na věku založených vrstev (kohort)</li> <li>• Rychlost respirace (ve vztahu k odnímání biomasy větrem)</li> </ul>	ForestGALES, HWIND LPJ-GUESS, SORTIE, BEFORE STORM BIOME-BGC
Dynamika	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelování citlivosti k disturbanci větrem (propojení růst. modelu a GISu k simulování vývoje porostu)</li> <li>• Efekt větru na lokální (a regionální) strukturu a dynamiku lesa</li> </ul>	LMS, SIMA, FTM, HWIND ED (LANDIS)
Interakce	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vztah: vítr-požár na sukcesi lesa</li> <li>• Houboví patogeni</li> </ul>	LANDIS-II SORTIE

**Pozn.:** \* *procesní model*

**Shrnutí:** *doména empirických modelů.*

## 5.3 Lesní požáry – část a)

Mechanismus	Popis řešení	Model
Predispozice	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poměr živé a mrtvé hmoty jako zdroje paliva</li> <li>• Empirický přístup: typy (druhy) paliva; semi-fyzikální a fyzikální modely: velikost a stav zdrojů, hloubka, poměr plochy k zásobě, obsah energie a vlhkost</li> <li>• Vegetační modely               <ul style="list-style-type: none"> <li>- období od posledního požáru</li> <li>- definování přechodového stavu s pomocí věku kohort, resp. jednotlivých stromů</li> </ul> </li> </ul>	FIRE-BGC; LANDIS ZELIG; LAND-CLIM
Citlivost	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vztahy mezi množstvím paliva, počasím, topografií a „tlakem“ obyvatel               <ul style="list-style-type: none"> <li>- pravděpodobnost vzniku požáru (např. v souvislosti s elektrickým výbojem při bouřce); tvorba map potenciálního výskytu požáru</li> </ul> </li> <li>• Dynamické prostorově orientované modely</li> </ul>	LANDCLIM; LAFS; CLM-CN FARSITE; BehavePlus; FIRE-HARM FVS; FIRESCAPE
Tlak (vliv)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkce velikosti a rychlosti uvolňování tepla (intenzita požárů)</li> <li>• Mortalita stromů včetně mortality po požáru (na základě přímo měřených veličin stromů, např. tloušťka, výška apod.)</li> <li>• Velikost sežehnutí korun stromů</li> <li>• Adaptace druhů dřevin na období po požáru – výmladnost</li> <li>• Vegetační modely – modelování změn (přechodu) vegetace</li> <li>• „resetování“ věku stromů nebo jejich „vytěžení“ požárem</li> </ul>	TELSA SEM-LAND

## 5.3 Lesní požáry – část b)

Mechanismus	Popis řešení	Model
Dynamika	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vztah klimatu, zdroje paliva, typu území a aktivit člověka</li> <li>• Převažuje empirický přístup při modelování dynamiky (četnost výskytu požárů..) a snaha o komplexní řešení („landscape“ modely):               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>krátkodobá dynamika</u>: (Huygen's vlna šíření požáru; Dijkstra přístup</li> <li>- výpočet nejkratší možné cesty požáru; výpočet se systémem parciálních diferencíálních rovnic)                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>dlouhodobá dynamika</u>: model šíření požáru; vliv počasí, zdrojů paliva a veličin managementu území („landscape“ modely požáru)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
Interakce	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Statistická regrese vztahu: sucho – požár (stromové modely; Markovovy řetězce a Monte Carlo přístup)</li> <li>• Podmínky suchého klimatu pro procesní přístup modelování</li> <li>• Vítr → hmyzí škůdci (kůrovec) a patogeni (např. hniloba) → mtvá (suchá) dřevní hmota = zdroj paliva a vzniku požáru</li> <li>• Biofyzikální přístup modelování – intenzita požárů a klasifikace korun stromů               <ul style="list-style-type: none"> <li>- maloplošný efekt: Rothermel's model šíření požáru (součást vývojového cyklu kůrovce)</li> <li>- velkoplošný efekt: vztah hmyz – požár</li> </ul> </li> </ul>	<p data-bbox="1537 933 1692 962">LPJ-DGVM</p> <p data-bbox="1537 1248 1804 1319">FVS; MC1; TELSA; LANDIS</p>

**Shrnutí:** doména empirických modelů.

# 5.4 Hmyzí škůdci – část a)

Mechanismus	Popis řešení	Model
Predispozice	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Specifické faktory prostředí, porostů a jednotlivých stromů</li> <li>• Empirické přístupy (regresní modely) - objem nahodilých těžeb (zdravotní výběry)</li> <li>• Procesní přístupy (v kombinaci s empirickými přístupy)</li> <li>• Umělé neuronové sítě – předpověď úmrtí nebo dožití stromu po útoku</li> <li>• Ekofyziologický přístup (<b>stres, vitalita, přírůst</b>) – ve vztahu ke klimatickým charakteristikám</li> <li>• Vztah hmyz-hostitel a obranný mechanismus hostitele (kapacita pryskyřice)</li> </ul>	3-PG
Citlivost	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Výskyt hmyzu jako funkce počasí a klimatických podmínek (regrese, bioklimatické modely)</li> <li>• Fenologické modely (modely životních cyklů hmyzu) včetně regulace diapauzy</li> <li>• Regulace podle přežití během zimy (nízké teploty)</li> <li>• Procesní přístup – vyčerpání hostitelských stromů</li> <li>• Vztah predátor-parazit</li> <li>• Odhady z výsledků feromonových návnad</li> <li>• Metapopulační přístup</li> </ul>	CLIMEX PHENIPS

# 5.4 Hmyzí škůdci – část b)

Mechanismus	Popis řešení	Model
Tlak (vliv)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empirický přístup: a) redukce růstu podle úrovně defoliace (floému); b) mortalita stromu (porostu)</li> <li>• Procesní přístup – velikost populace a obranyschopnost stromu</li> <li>• Ekofyziologický přístup – zásobení floému</li> </ul>	GUESS, (WPBM, FVS) SIBYLA, (PICUS)
Dynamika	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empirický přístup – lineární modely úrovně defoliace podle dostupnosti zdrojů</li> <li>• Dlouhodobé záznamy evidence hmyzích škůdců (úroveň stát) – mortalita kůrovcem</li> <li>• Markovovy-náhodné řetězce; metapopulační přístup; prostorová dynamika</li> <li>• Úroveň krajina (landscape) – dynamika</li> <li>• Přejímová matice (model) pravděpodobnosti přechodu úrovně poškození na úroveň jinou</li> <li>• Model vztahu hmyz-hostitel a životních cyklů interakcí</li> </ul>	FOREST-BGC  EFISCEN  FVS TELSA  LANDIS-II
Interakce	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Škody hmyzem jsou sensitivní např. ke škodám větrem či suchem (empirický přístup)</li> <li>• Požár-kůrovec</li> <li>• Procesní přístup – predispozice napadení stromu kůrovcem podle míry stresu stromu ze sucha</li> </ul>	SEM-LAND PICUS (submodel PHENIPS)

**Shrnutí:** doména empirických - procesních? modelů.

# 5.5 Škody spárkatou zvěří – část a)

(okus a ohryz)

Mechanismus	Popis řešení	Model
Predispozice	<ul style="list-style-type: none"><li>Hustota populace spárkaté zvěře a její preference konkrétních druhů dřevin k okusu a ohryzu<ul style="list-style-type: none"><li>v „gap“ modelech – predispozice jako konstanta</li><li>predispozice jako funkce množství biomasy</li></ul></li></ul>	ZELIG; FORCLIM FORGRA
Citlivost	<ul style="list-style-type: none"><li>Konstanta – zvěř jako stanovištní faktor</li><li>Četnost výskytu zvěře podle atraktivnosti stanoviště (sklon, zápoj, množství potravy) a zásoby porostu</li></ul>	FORCLIM WoodPaM
Tlak (vliv)	<ul style="list-style-type: none"><li>Ztráta listové plochy, větví a poškození kmínků → snížení růstu až mortalita dřevin</li><li>Modelování škod zvěří s dalšími „externími“ faktory – sukcesní stadia</li><li>Vznik přirozené obnovy jako důsledek tlaku zvěře (redukce růstu)<ul style="list-style-type: none"><li>druhově specifické koeficienty mortality druhů dřevin (empiricky)</li><li>dostupnost světla a růst dřevin (procesní přístup)</li></ul></li></ul>	PATUMOD  HUNGER

# 5.5 Škody spárkatou zvěří – část b)

(okus a ohryz)

Mechanismus	Popis řešení	Model
Dynamika	<ul style="list-style-type: none"><li>• Většina modelů (viz výše) poskytuje výsledky v ročním chodu a pro 0,01 – 1 ha; měsíční výstupy – dostupnost zdrojů potravy (velikost biomasy)</li><li>• Procesní modely = 0,1 den – 1 rok a 0,001 ha</li><li>• Rozšíření modelů o populační dynamiku zvěře (kromě prostorové struktury dřevin)</li></ul>	FORGRA
Interakce	<ul style="list-style-type: none"><li>• Požár, sucho, hmyz, býložravci, choroby</li></ul>	VDDT; FORSPACE

***Shrnutí:** doména ??? modelů.*

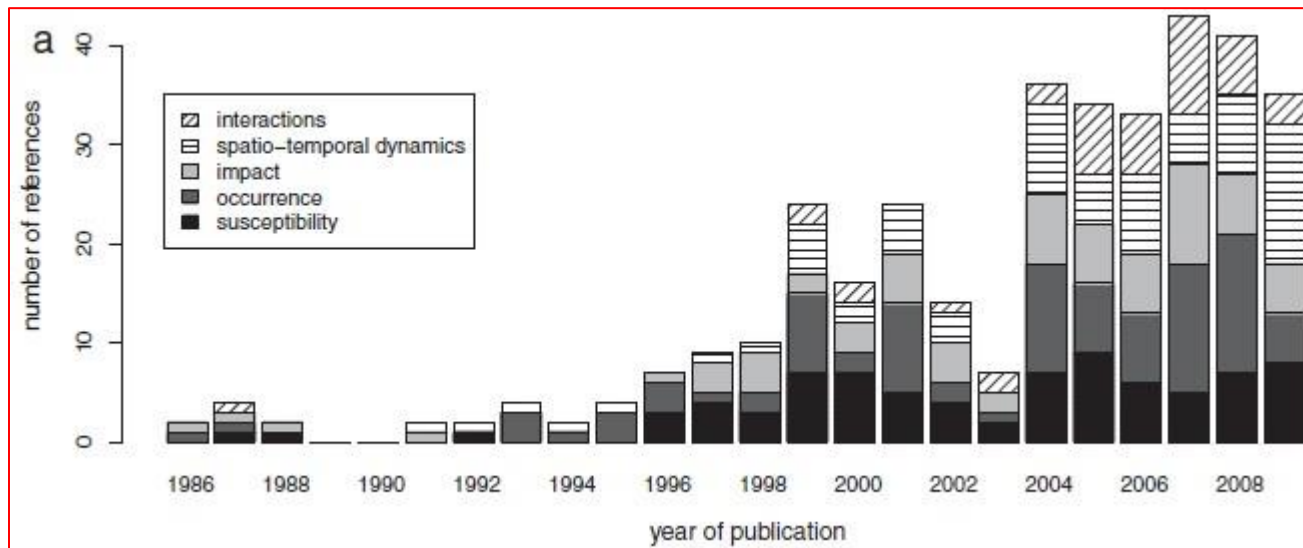
# 5. Vybrané závěry review

(použitá klasifikace modelů)

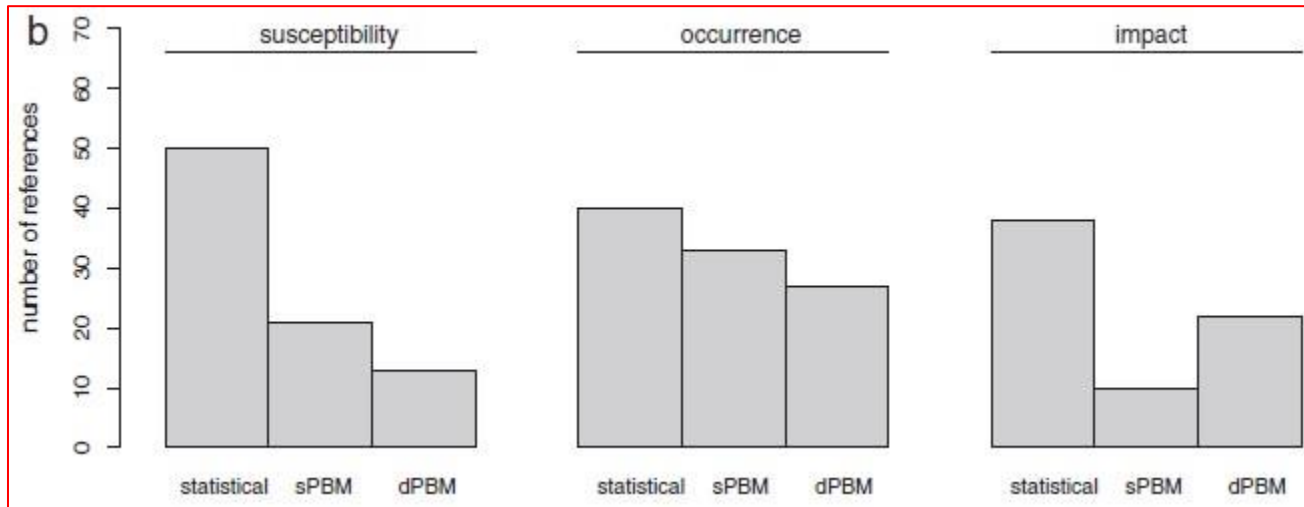
Úroveň	Koncept modelu	Popis
Disturbanční událost	Statistický model <b>(statistical)</b>	Popisný přístup; využití empirických dat k modelování veličin s využitím statistických procedur (regrese apod.)
	Statický procesní model <b>(sPBM)</b>	Vysvětlující a predikující přístup; modeluje disturbance s využitím faktorů prostředí a vegetace, nemodeluje časo-prostorové dynamické vztahy
	Dynamický procesní model <b>(dPBM)</b>	Vysvětlující a predikující přístup; modeluje časo-prostorové dynamické vztahy mezi vegetací, prostředím a disturbančními procesy (smíšené vegetačně-disturbanční modely)
Disturbanční režim	Statický model <b>(statistical)</b>	Popisný přístup
	Dynamický vegetační model <b>(vegetation dynamic)</b>	Procesní přístup; časo-prostorové vztahy mezi prostředím a vegetací (růst, mortalita a reprodukce)
	Fyziologický model <b>(plant physiology)</b>	Procesní přístup; časo-prostorové vztahy mezi disturbancemi a fungováním ekosystému
	Dynamický územní model <b>(landscape dynamics)</b>	Procesní přístup; časo-prostorové vztahy mezi vegetací a prostředím na územním principu



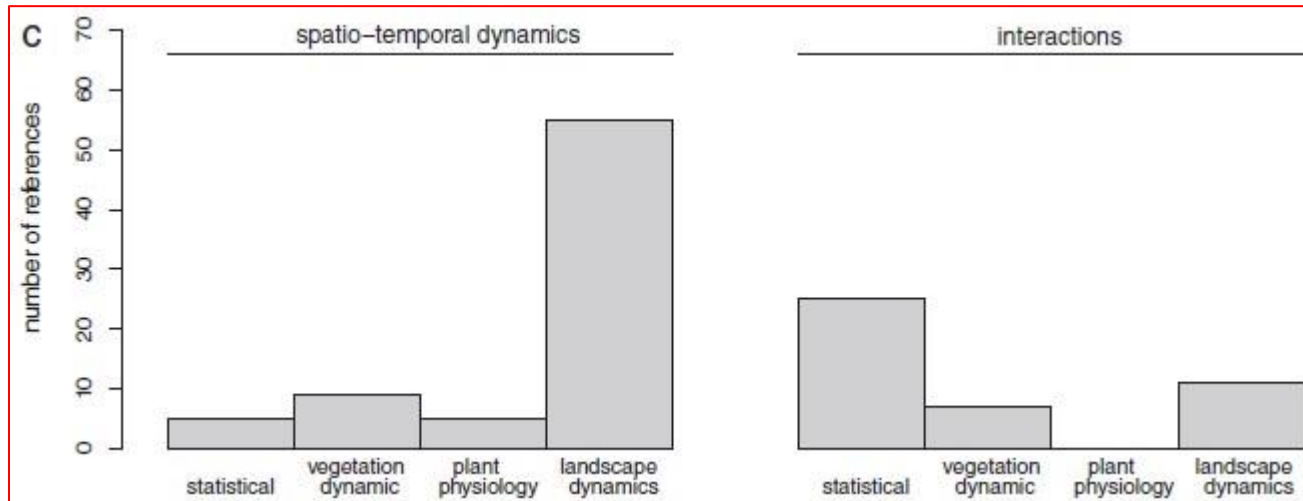
# 5. Vybrané závěry review – a)



# 5. Vybrané závěry review – b)



# 5. Vybrané závěry review – c)



# 5. Nový „vítr“ v modelování disturbancí?

**iLand**  
the individual-based forest landscape and disturbance model

**What it is.**  
iLand is a model of forest landscape dynamics, simulating individual tree competition, growth, mortality, and regeneration. It addresses interactions between climate (change), disturbance regimes, vegetation dynamics, and forest management. Read more...

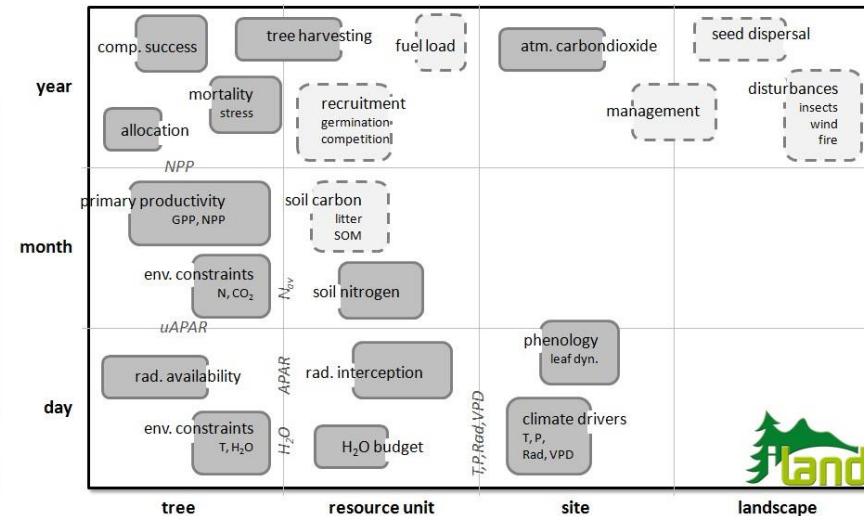
**How it works.**  
Forest ecosystems are complex adaptive systems. In iLand, their dynamics is modeled as an emergent property of interactions between adaptive agents, and their environment. iLand is a multi-scale process-based model, integrating processes from the individual tree level (e.g., competition) to the landscape scale (e.g., disturbance) in a hierarchical simulation framework. Read more...

**What it's good for.**  
iLand simulates forest dynamics at watershed and landscape scales (i.e. 10,000 hectares and beyond) over decades and centuries. It estimates species composition and stand structure, quantifies carbon storage, and can be used to assess the effects of

**Newest Blog Posts**

1. On scaling (part 1)  
08.10.2013 18:39 UTC
2. Novelty  
18.06.2013 07:26 UTC
3. 64 bits and Qt 5  
06.06.2013 07:50 UTC
4. New iLand projects  
05.02.2013 09:40 UTC
5. iLand is burning!  
05.12.2012 09:56 UTC

[iLand Wiki](#)  
[Publications](#)  
[Download](#)



Stav kroku 2009...

Zdroj: <http://iland.boku.ac.at/iLand/>

popis modelu: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380012000919>