

# Využitie GIS pri simulácii lesných požiarov



L. Halada, P. Weisenpacher

Ústav Informatiky

Slovenská Akadémia Vied

# Lesné požiare v národnom parku Slovenský raj 1994-1998

Rok	Počet požiarov	Zhorená plocha (ha)	Celková škoda (mil. Sk)
1994	5	1.59	60.0
1995	3	3.50	183.9
1996	5	2.37	33.6
1997	-	-	-
1998	3	62.40	33.3
Celkovo	16	69.86	310.8

# Ciele počítačovej simulácie požiarov

- **Simulácia aktívnych požiarov** - podpora rozhodovania, optimalizácia rozmiestnenia hasiacich prostriedkov
- **Simulácia hypotetických požiarov** – skúmanie možností potlačenia hypotetických požiarov za rôznych meteorologických podmienok

# Zákony zachovania

## Species

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_l) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho Y_l u_i) = \frac{\partial}{\partial x_i}[(\rho D)_l \partial_i Y_l] + W_l$$

## Mass

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0$$

## Momentum

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} - \rho \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j}$$

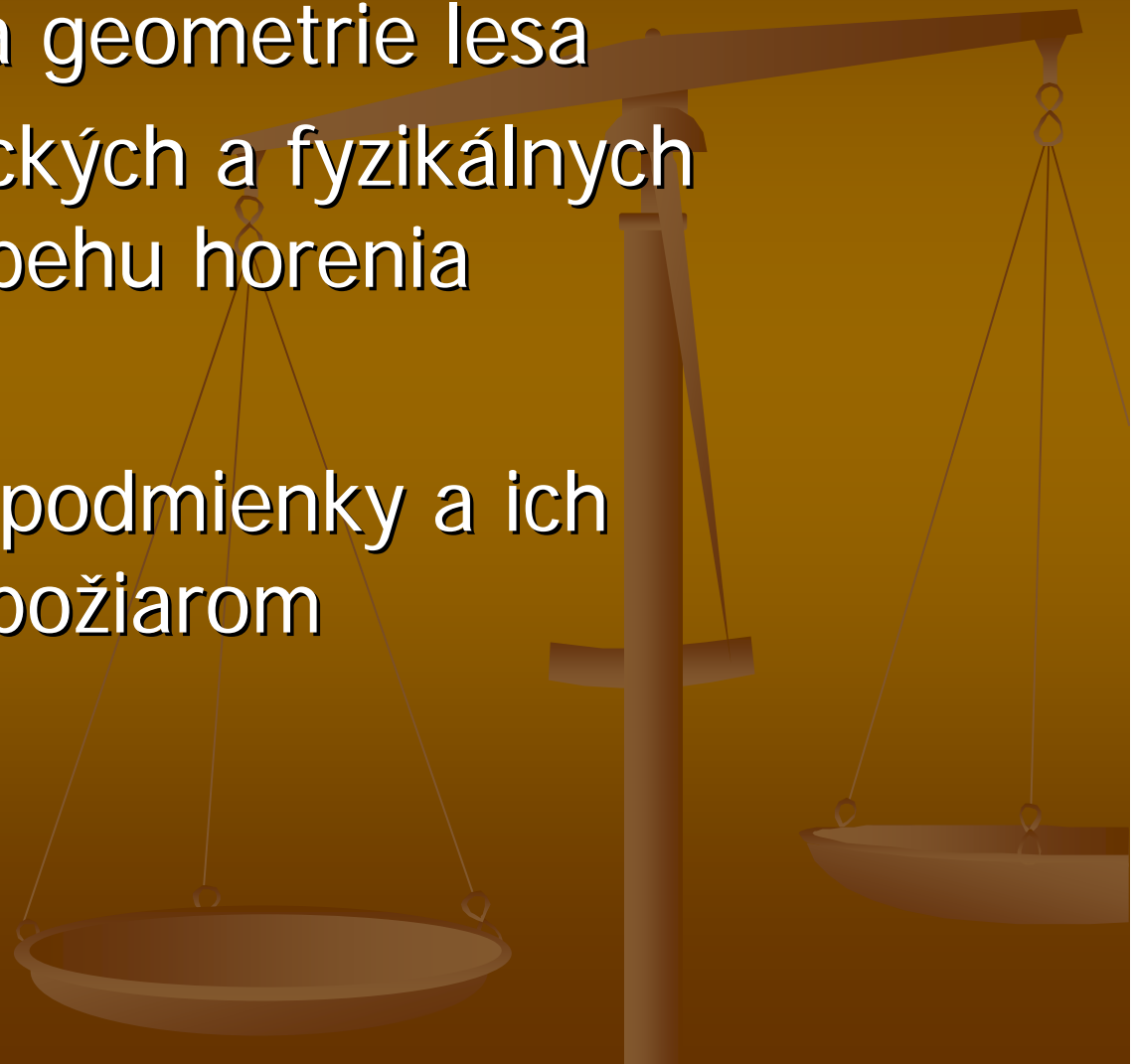
## Energy

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho e) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho e u_i) = \dot{q}_V - \frac{\partial}{\partial x_i}(p u_i) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\tau_{ij} u_j) - \frac{\partial q_i}{\partial x_i},$$


where  $\rho$  is the density,  $Y_l$  is the mass fraction of species  $l$ ,  $u_i$  is the velocity,  $D_l$  is the diffusion coefficient of species  $l$ ,  $W_l$  is the production rate of species  $l$  per unit volume,  $p$  is the pressure,  $-\partial\varphi/\partial x_i$  is the acceleration of gravity,  $\tau_{ij}$  is the viscous stress tensor,  $e$  is the energy per unit volume,  $\dot{q}_V$  is the heat release rate per unit volume,  $q_i$  is the heat flux,  $i = 1, 2, 3$ .

# Príčiny komplikovanosti problému

- Zložitá štruktúra geometrie lesa
- Zložitosť chemických a fyzikálnych procesov v priebehu horenia
- Turbulencia
- Meteorologické podmienky a ich previazanosť s požiarom



# Klasifikácia simulačných modelov

- **Celulárne automaty** – mriežka zložená z buniek, pravidlá pre ich vznietenie
  - **Eliptické modely** – spojité 2D kontinuum, Huygensov princíp
  - **Semiempirické modely** – zachovanie energie, laboratórne experimenty
  - **Fyzikálne modely** – zákony zachovania
- 

# Rothermelov model

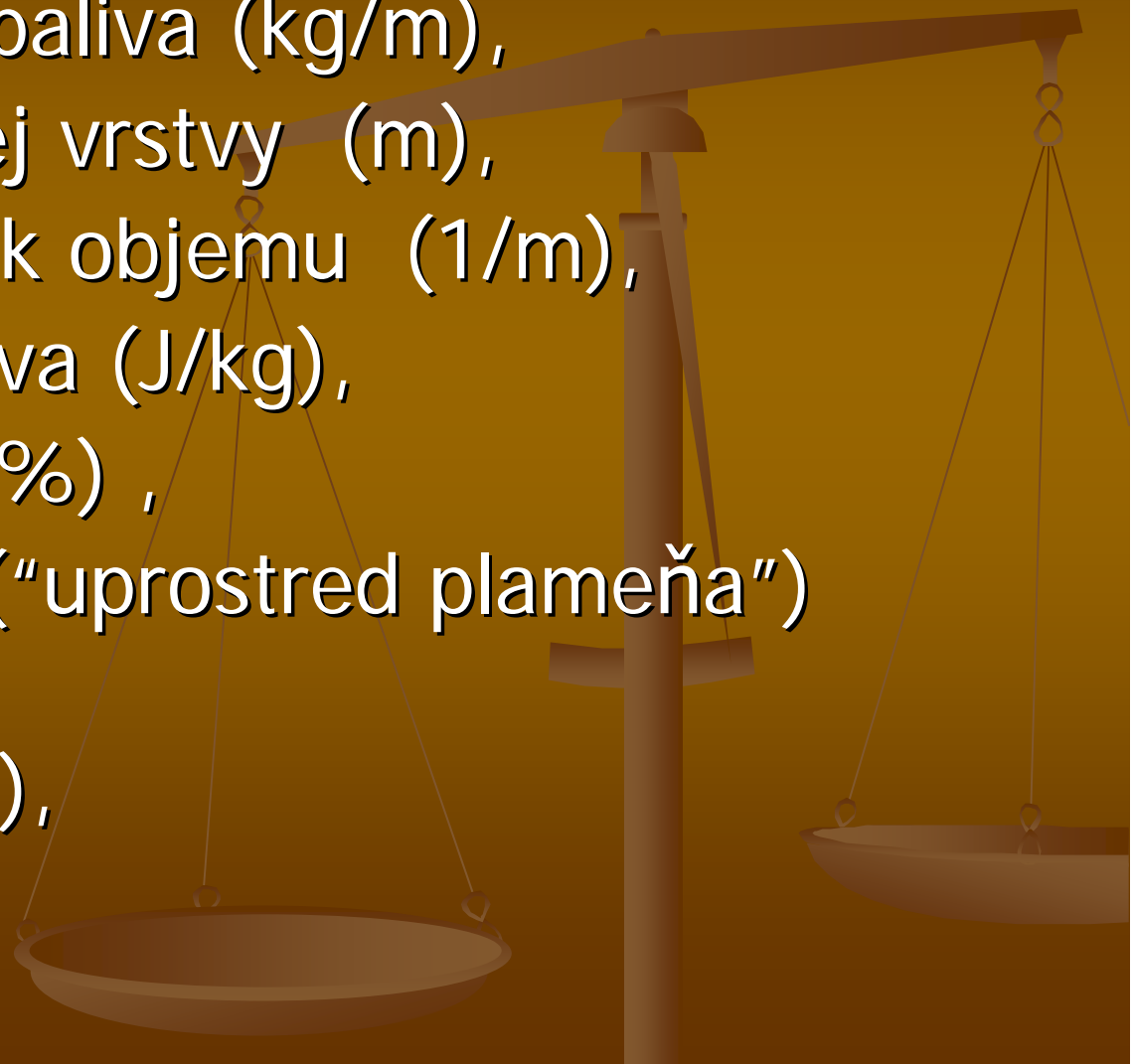
## Rýchlosť stacionárneho šírenia povrchového požiaru

$$\vec{R} = \frac{I_R \pi (1 + \vec{\Phi}_W + \vec{\Phi}_S)}{\rho_b \varepsilon Q_i}$$

R je rýchlosť šírenia,  $I_R$  je reakčná intenzita, t.j. tepelná produkcia na jednotkovú plochu v hlavnej línii požiaru,  $\pi$  je pomerná časť tepelnej produkcie, ktorá spôsobuje šírenie tepla a vznietenie paliva,  $\vec{\Phi}_W$  je faktor zodpovedajúci vplyvu vetra,  $\vec{\Phi}_S$  je faktor zodpovedajúci vplyvu sklonu svahu,  $\rho_b$  je hustota paliva,  $\varepsilon$  je pomer množstva paliva podieľajúceho sa na horení k celkovému množstvu paliva a  $Q_i$  je teplo, ktoré je potrebné dodať na vznietenie jednotkového množstva paliva.

# Parametre paliva potrebné na výpočet

- Plošná hustota paliva ( $\text{kg/m}$ ),
- Hrúbka palivovej vrstvy ( $\text{m}$ ),
- Pomer povrchu k objemu ( $1/\text{m}$ ),
- Výhrevnosť paliva ( $\text{J/kg}$ ),
- Vlhkosť paliva ( $\%$ ),
- Rýchlosť vetra ("uprostred plameňa") ( $\text{m/s}$ ),
- Sklon svahu ( $\%$ ),





# Veličiny obsiahnuté v palivovom modeli

- Plošná hustota 1 hod. odumretého paliva (priemer 0.0-0.635 cm)(t/ha)
- Plošná hustota 10 hod. odumretého paliva (priemer 0.635-2.54 cm) (t/ha)
- Plošná hustota 100 hod. odumretého paliva (priemer 2.54-7.62 cm) (t/ha)
- Plošná hustota živého bylinného paliva (bez ohľadu na priemer) (t/ha)
- Plošná hustota živého drevitého paliva (bez ohľadu na priemer) (t/ha)
- Pomer povrchu k objemu odumretého paliva (1/cm)
- Pomer povrchu k objemu živého bylinného paliva (1/cm)
- Pomer povrchu k objemu živého drevitého paliva (1/cm)
- Hrúbka palivovej vrstvy (cm)
- Medzná vlhkosť vznietenia (%)
- Výhrevnosť odumretého paliva (J/kg)
- Výhrevnosť živého paliva (J/kg)

# Model korunového požiaru (Van Wagner)

- Prah vzniku korunového požiaru

$$I_0 = (0.01CBH (460 + 25.9M))^{3/2}$$

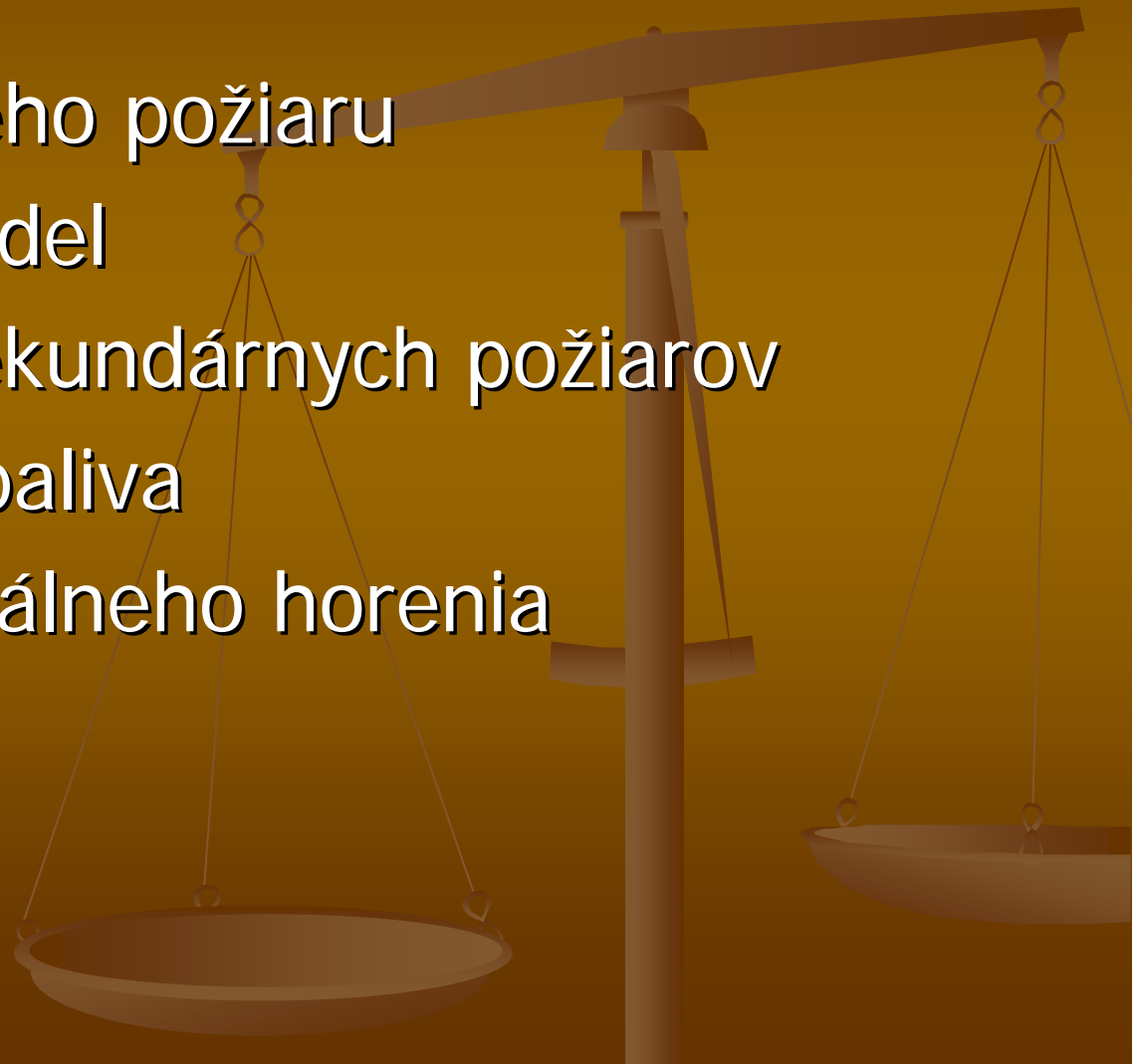
- Prah vzniku aktívneho korunového požiaru

$$RAC = 3.0 / CBD$$

CBH je výška umiestnenia základne koruny nad povrchom zeme,  
M vlhkosť koruny,  
CBD je hustota paliva v korune.

# Niektoré dodatočné modely pre simuláciu lesných požiarov

- Model korunového požiaru
- Akceleračný model
- Model vzniku sekundárnych požiarov
- Model vlhkosti paliva
- Model postfrontálneho horenia



# GIS vstupy potrebné pri simulácii

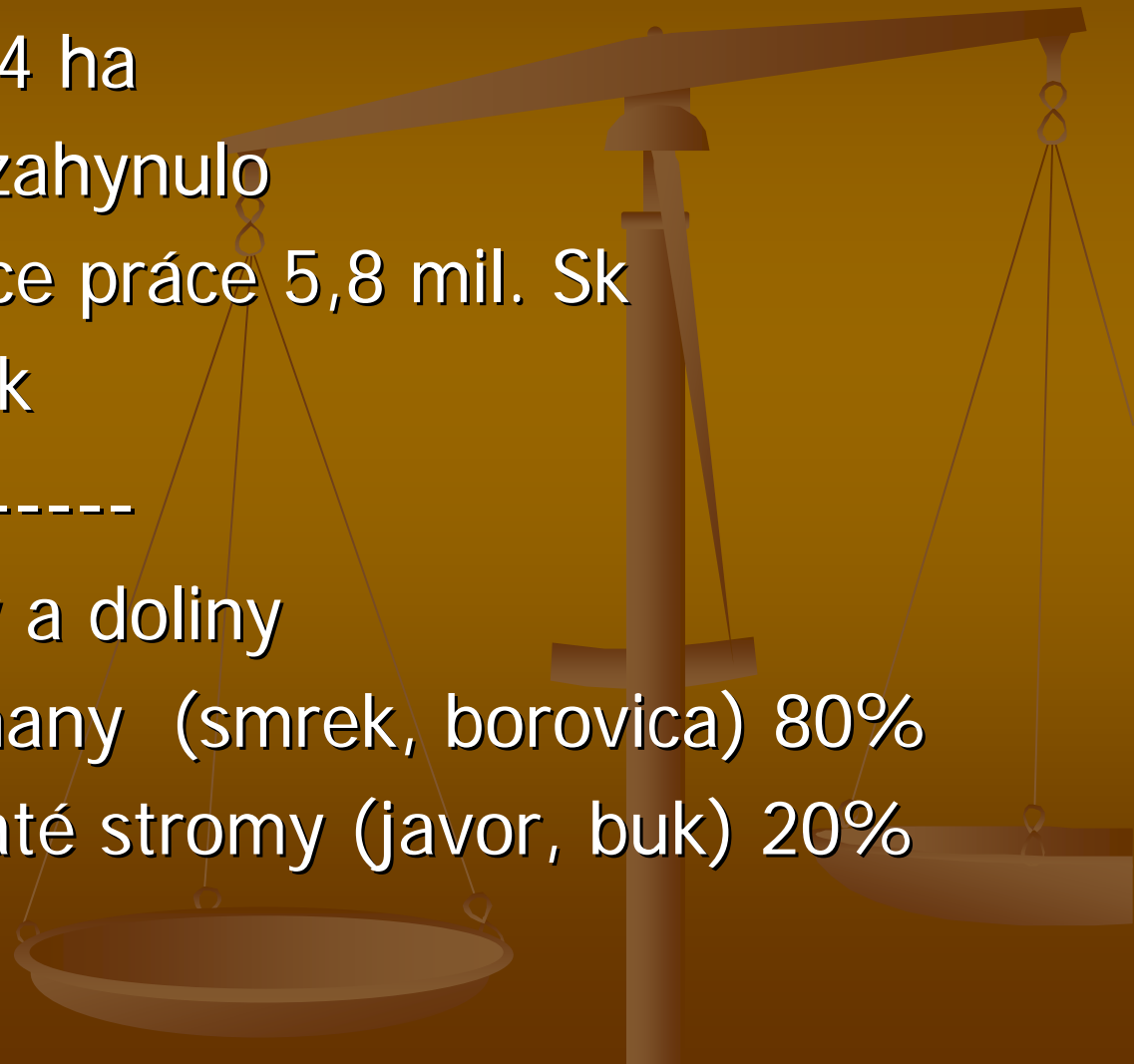
Veličina	Jednotka	Využitie
Nadmorská výška	m	Korekcia meteorologických údajov pre dané miesto
Sklon svahu	stupeň, %	Priamy vplyv na rýchlosť šírenia požiaru, výpočet vplyvu slnečnej radiácie na vlhkosť paliva
Aspekt	stupeň	Výpočet vplyvu slnečnej radiácie na vlhkosť paliva
Palivový model		Popis fyzikálnych parametrov paliva
Pokrytie koruny	%	Zatienenie paliva korunami použité pri výpočte vlhkosti, výpočet korekcie rýchlosti vetra vo výške povrchového paliva
Výška koruny	m	Výpočet korekcie rýchlosti vetra vo výške povrchového paliva
Výška základne koruny	m	Rýchlosť korunového požiaru
Hustota paliva koruny	kg/m <sup>3</sup>	Rýchlosť korunového požiaru

# Lesný požiar v Národnom parku “Slovensky raj” 23.10.2000

- Zhorená plocha 64 ha
- 6 dobrovoľníkov zahynulo
- Náklady na hasiace práce 5,8 mil. Sk
- Škody 356 mil. Sk

-----

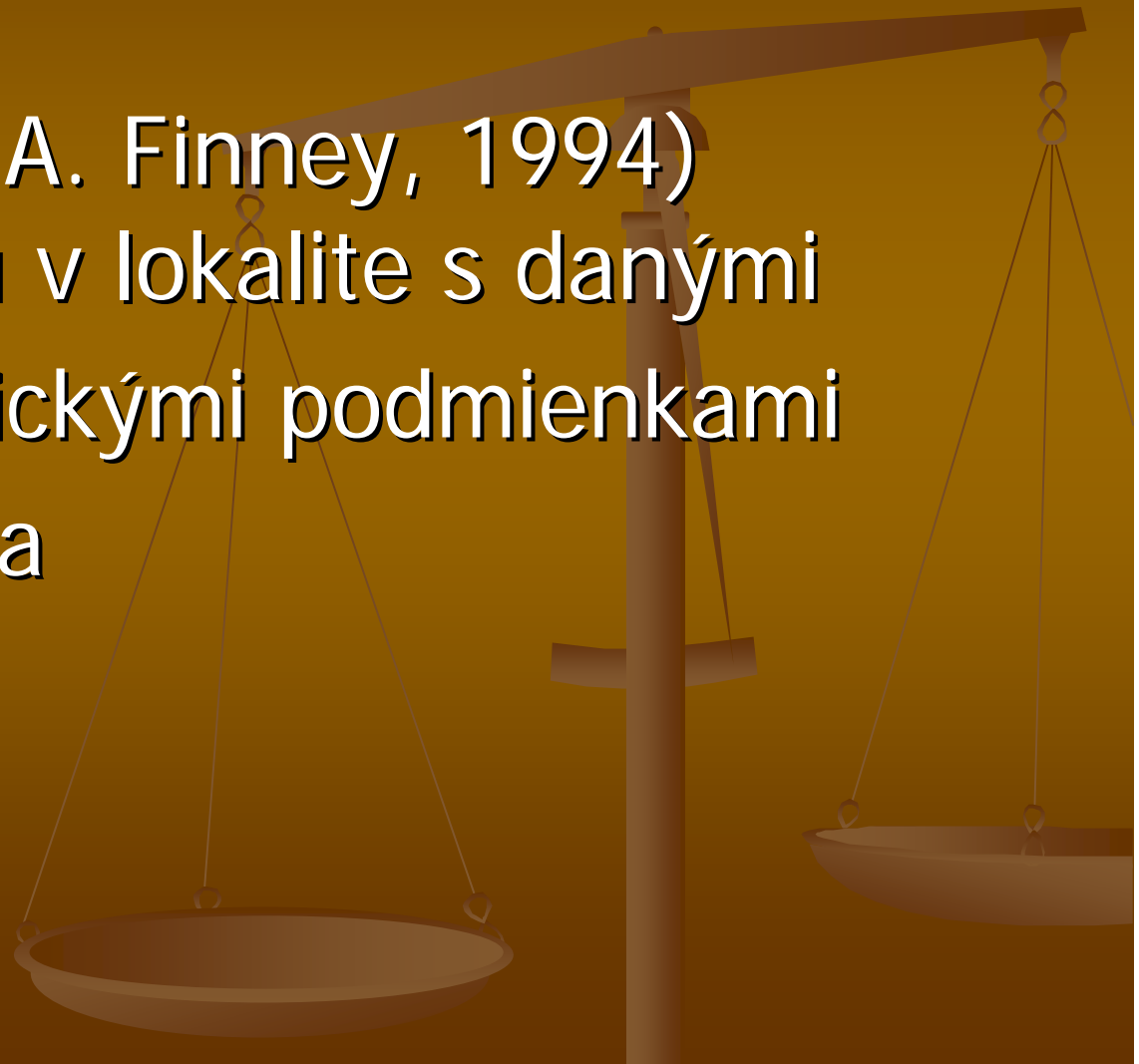
- Topografia: vrchy a doliny
- Vegetácia : ihličnany (smrek, borovica) 80%  
listnaté stromy (javor, buk) 20%



# Simulátor lesných požiarov FARSITE (Fire Area Simulator)

FARSITE, (M. A. Finney, 1994)  
šírenie požiaru v lokalite s danými

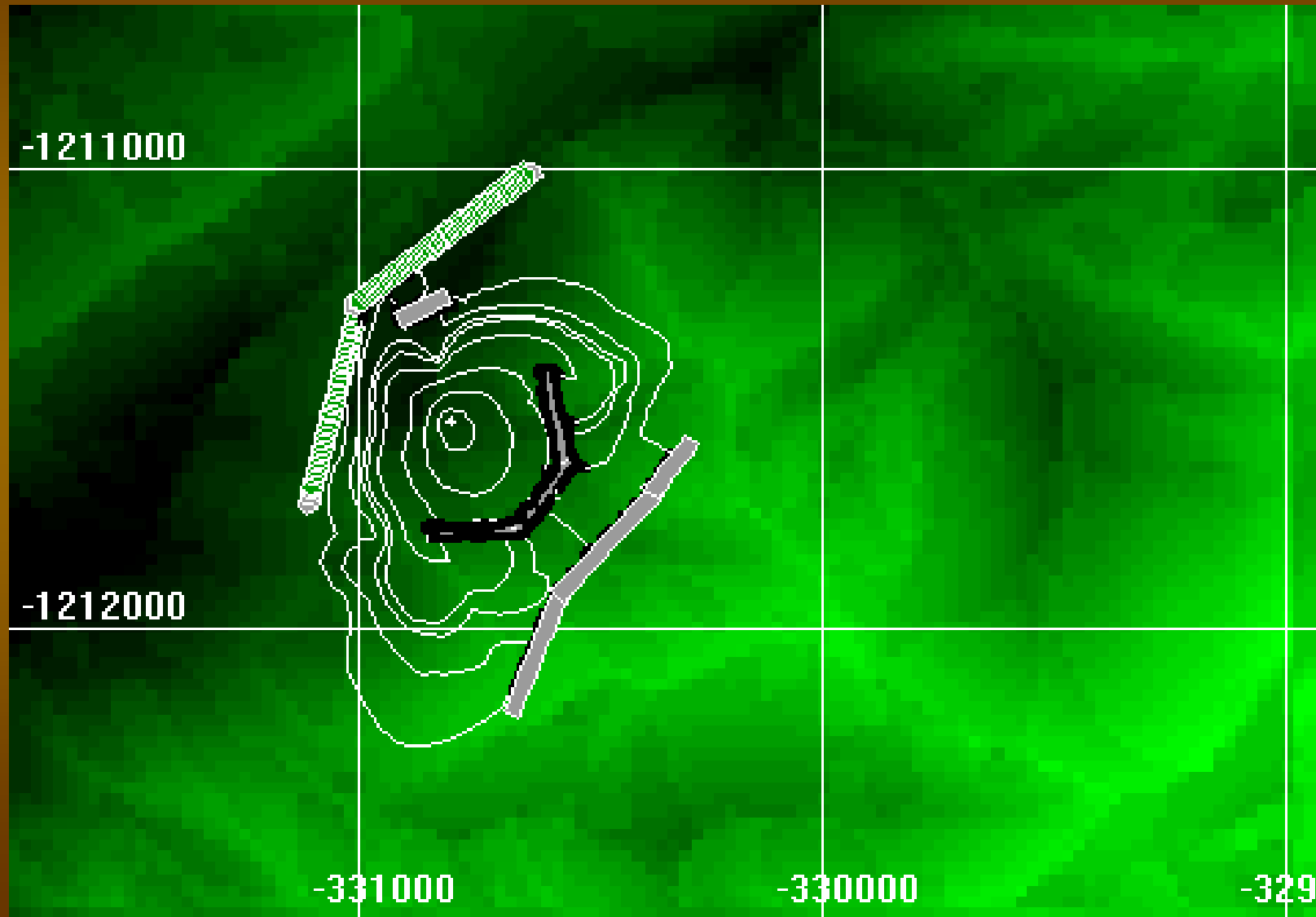
- meteorologickými podmienkami
- typom paliva
- topografiou



# Vstupné údaje simulácie

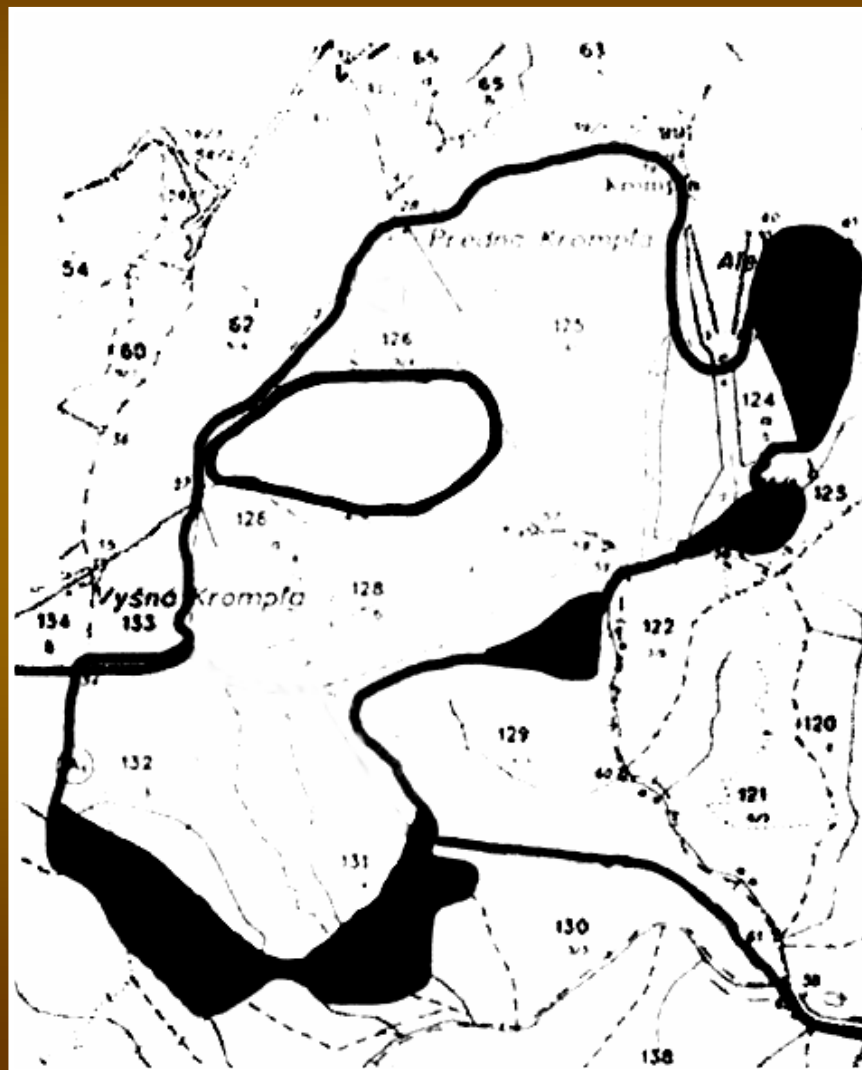
- Reálne údaje pre topografiu (nadmorská výška, sklon svahu a aspekt) and pokrytie koruny
- NFFL (Northern Forest Fire Laboratory - Rothermel, 1972; Anderson, 1982) model #5, modifikovaný
- Meteorologické údaje pre vietor, teplotu a vlhkosť vzduchu – stanice Poprad a Telgárt

# Simulovaný priebeh požiaru





# Reálny vývoj požiaru





**KONIEC**

Ďakujem za pozornosť