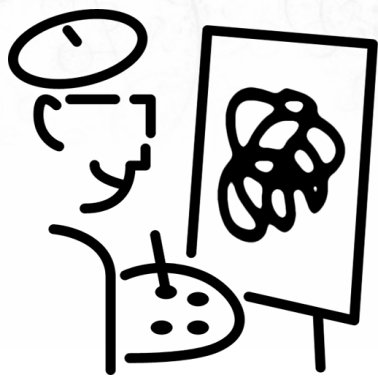


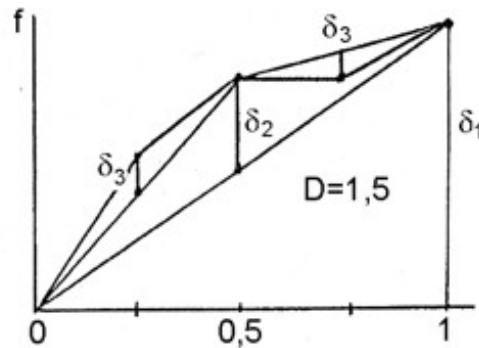
ARTGORITMY / G

FRAKTÁLNÍ KRAJINA



Stochastické (nepravé) fraktály

Modely Brownova pohybu (1828, N. Wiener 1920 a jiní později)



$$1. \quad f(0) = 0 \quad f(1) = \delta_1$$
$$\delta \leftarrow \text{RNDG}$$
$$\mu_1 = 0, \quad \sigma_1^2$$

$$2. \quad f(1/2) = (f(0) + f(1))/2 + \delta_2$$
$$\mu_2 = 0, \quad \sigma_2^2 = \sigma_1^2/4$$

$$n. \quad \text{další půlení}$$
$$\mu_n = 0, \quad \sigma_n^2 = \sigma_1^2/2^{n+1}$$

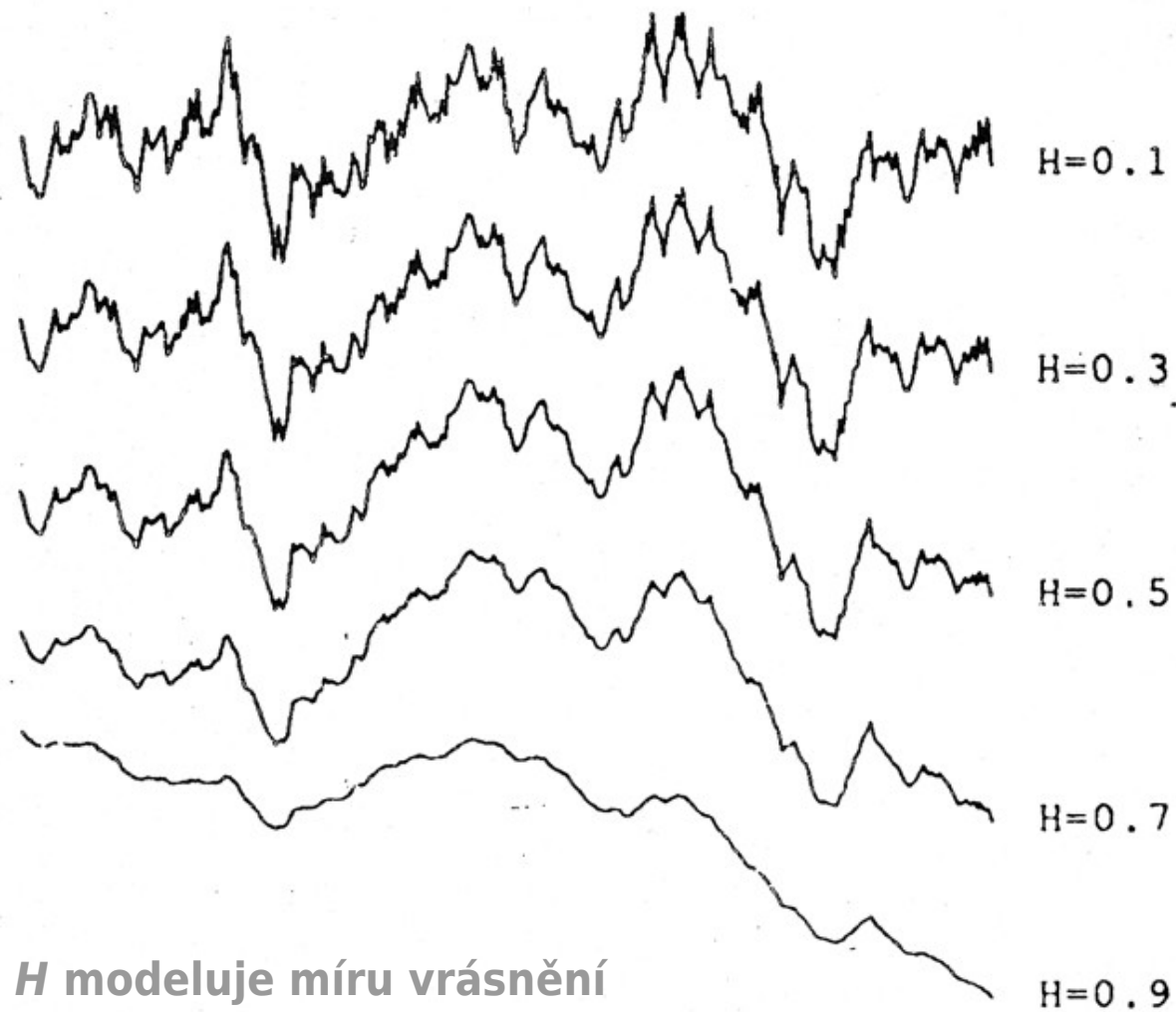
Mandelbrotova modifikace

přirozené objekty mají $D = \text{top. dim.} + H$
 $H = 0,2$ až $0,3$

$$\sigma_n^2 = \sigma_1^2 (1 - 2^{2H-2})/2^{2Hn}$$

Lákavá možnost rozšíření na trojúhelníky, čtyřúhelníky
(rovinné i sférické plošky), hodnotám fce f lze přiřadit barvy ...

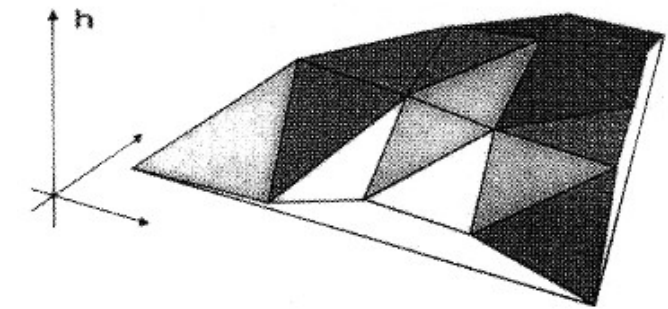
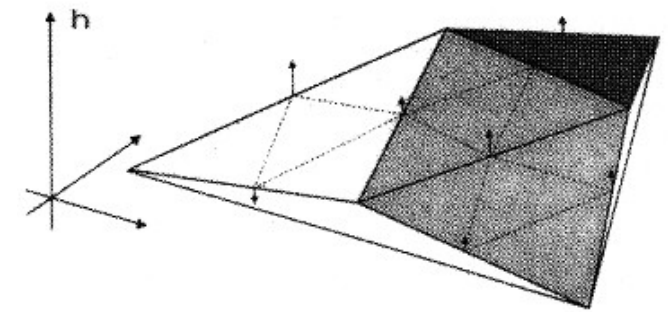
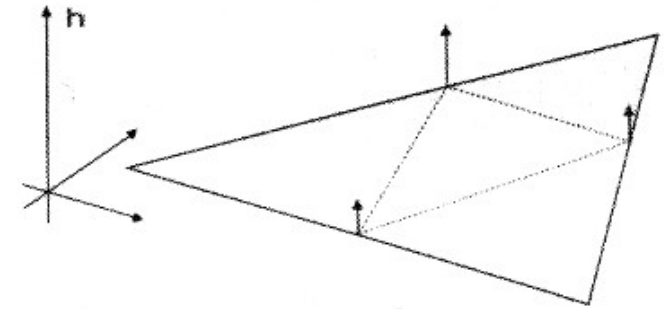
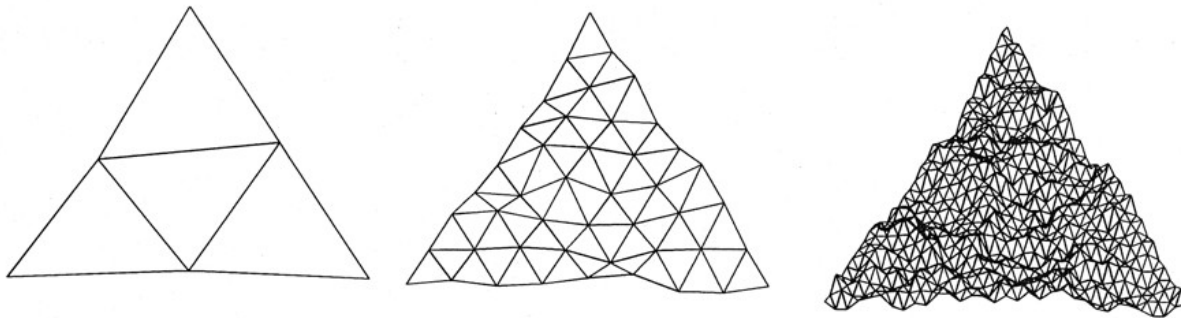
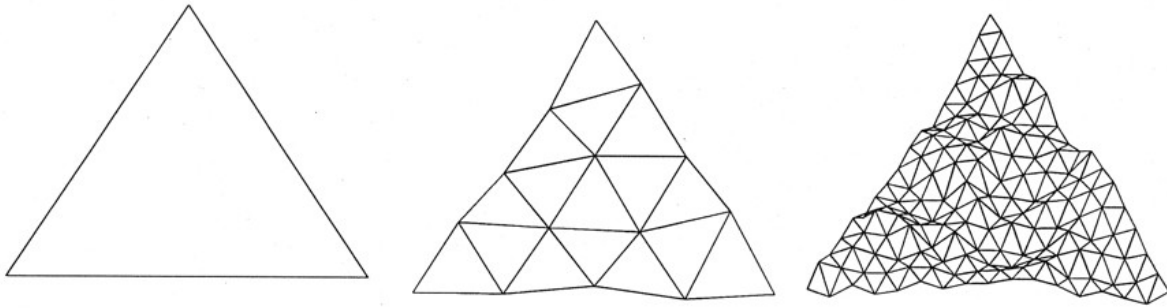
Přesouvání středního bodu (MPD)



H modeluje míru vrásnění

Brownův pohyb pro $H = 0.5$

Rozšíření na plošné útvary a do prostoru





Po prvních iteracích
vznikají hrubé obrysy

Vzdušná perspektiva
funguje jako z-buffer

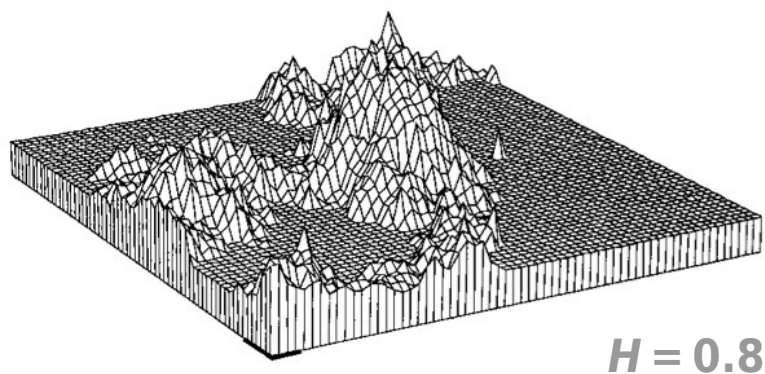
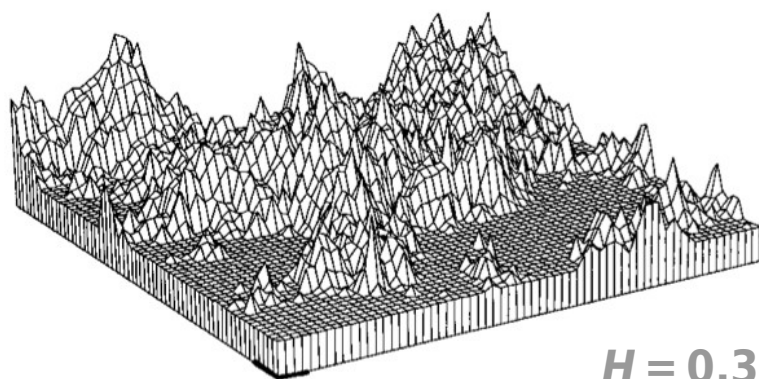
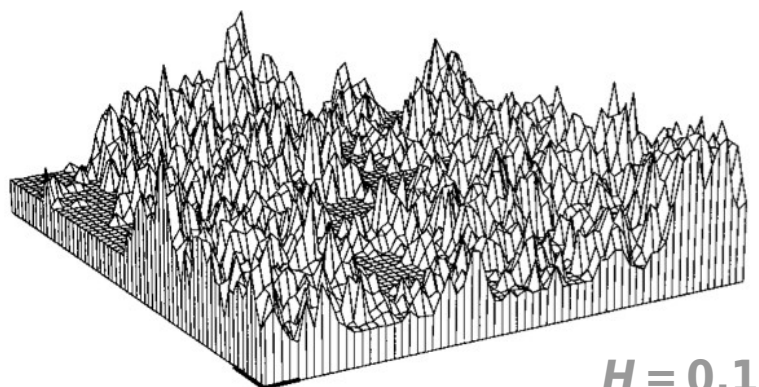
Často pomáhají
genetické algoritmy

optimalizace pokrytí dle daných
parametrů (shoda barev, detailů)

„Generovaný kubismus“

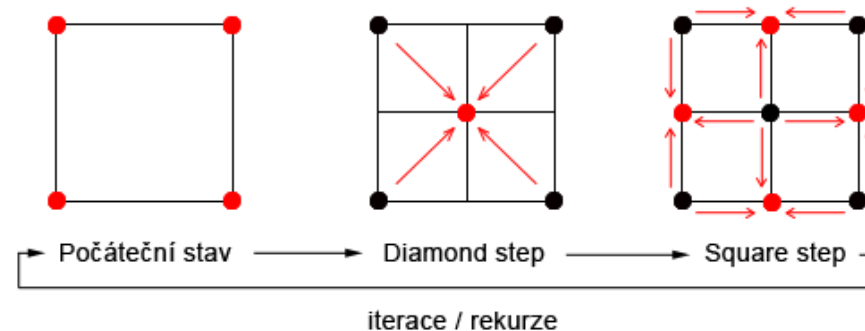


M. Tkáčiková: Triangulované Tatry



Algoritmus dělení čtverce

Diamond-square / Plasma



Diamant: výšku středu čtverce určíme jako průměr jeho vrcholů posunutý o náhodnou hodnotu δ

Čtverec: do středů stran přidáme stejným způsobem nové vrcholy

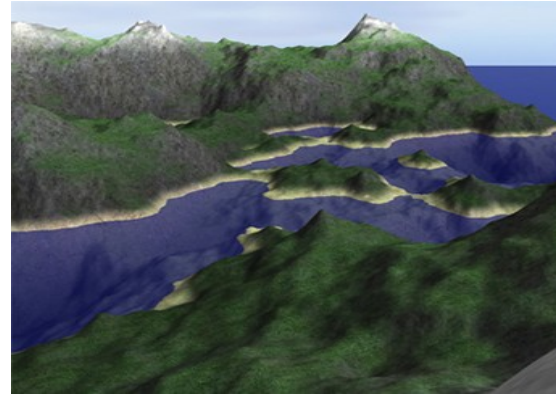
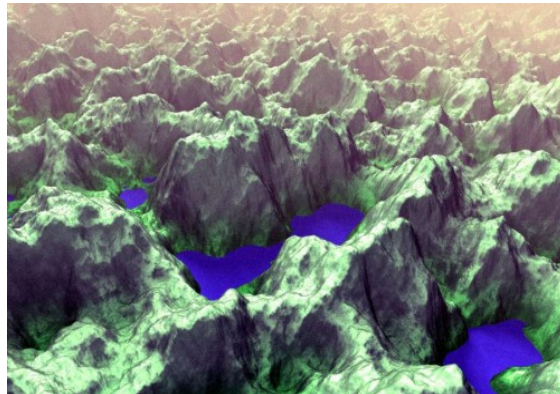
Rekurzivně opakujeme v novém dělení mřížky

**Terén vytvořený přesouváním středního bodu
je hrubší, vrásnění má drsnější charakter**

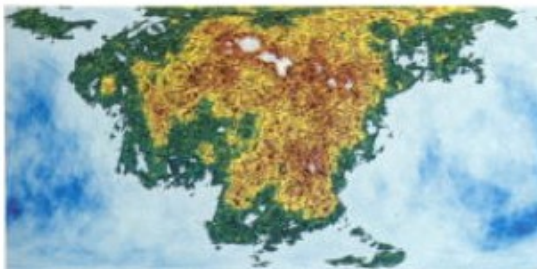
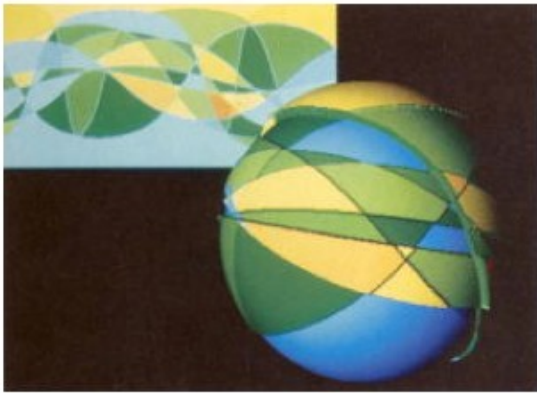
Problémy:

**Mohou se vyskytnout nepřírozně časté
poklesy terénu**

Často hory „rostou přímo z moře“



Náprava filtarcí SRA (*Successive random additions*)



Vrásnění náhodnými poruchami

Random faults

**V každé iteraci je výšková mapa rozdělena náhodnou linií na dvě části
přímkou, sinusoidou...**

**Jedna strana je o náhodné vychýlení
zvýšena, druhá strana snížena**

**Rozptyl vychýlení se s každým
krokem snižuje**

Alternativně:

Zvolíme minimum a maximum vychýlení

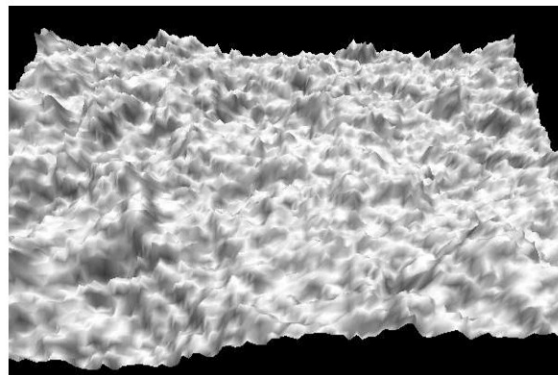
**Při každé iteraci dojde ke snížení maxima
o určitou hodnotu, aby bylo vrásnění
rovnoměrně rozprostřené**

Problémy:

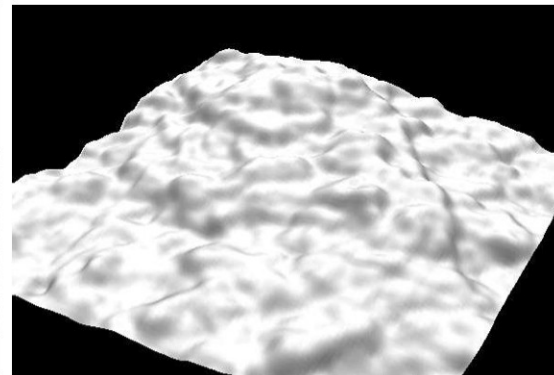
Po větším počtu iterací může terén dělený přímkami vypadat chaoticky (a)

Sinusoidy dávají lepší výsledky, ale vrásnění může vypadat naopak fádne (b)

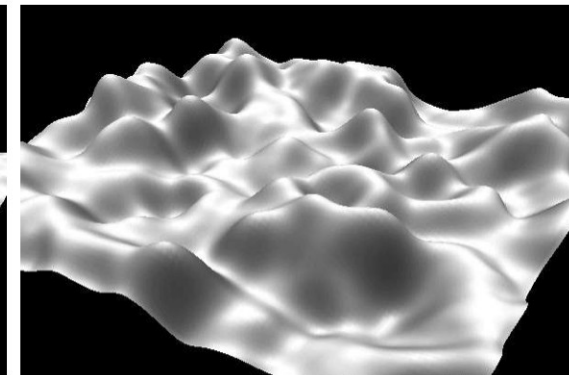
Nejlepší výsledky poskytuje skládání goniometrických funkcí (c)



(a)

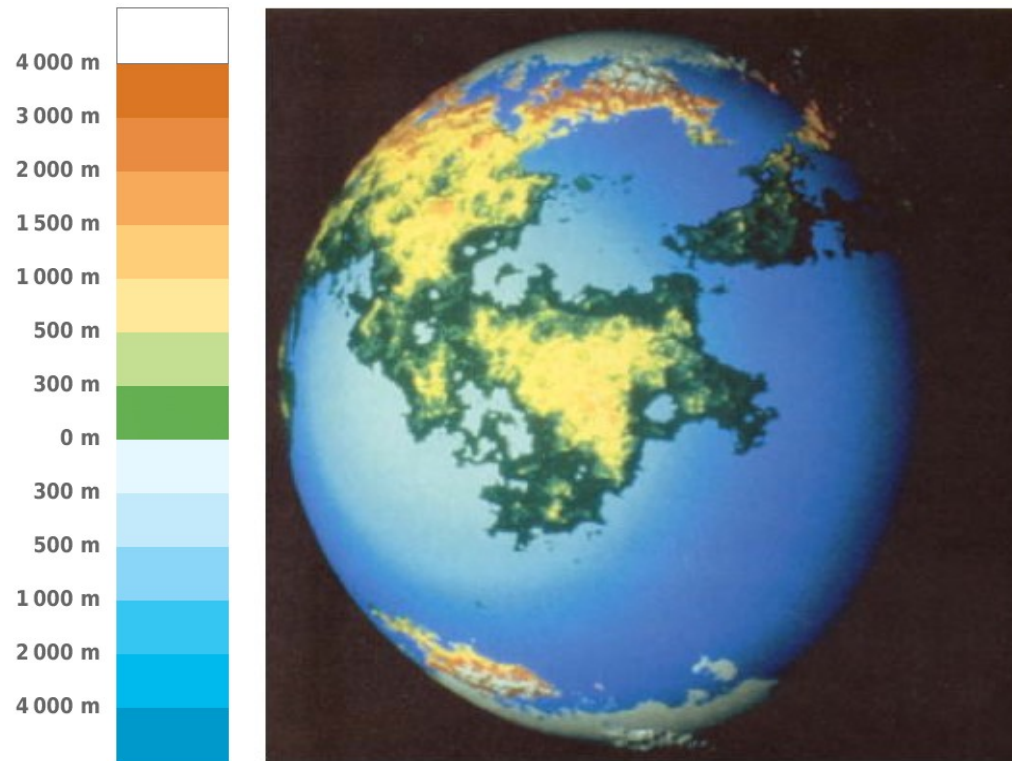


(b)



(c)

**Vrásnění může pokračovat selektivně —
např. jen v oblastech s definovanou
nadmořskou výškou**



Výšku lze nahradit vhodně zvolenou barevnou paletou

Problém s náhodností:

Často je výsledek *nevhodně* náhodný

= buď příliš, nebo s nerealistickými vlastnostmi,
a to i po nejrůznějších filtracích

Co s tím?

**Chtělo by to „něco mezi“ stochastickým
a deterministickým přístupem...**

...resp. metodu, která by byla schopna
plynule modelovat změnu mezi náhodou
a determinismem

A zejména:

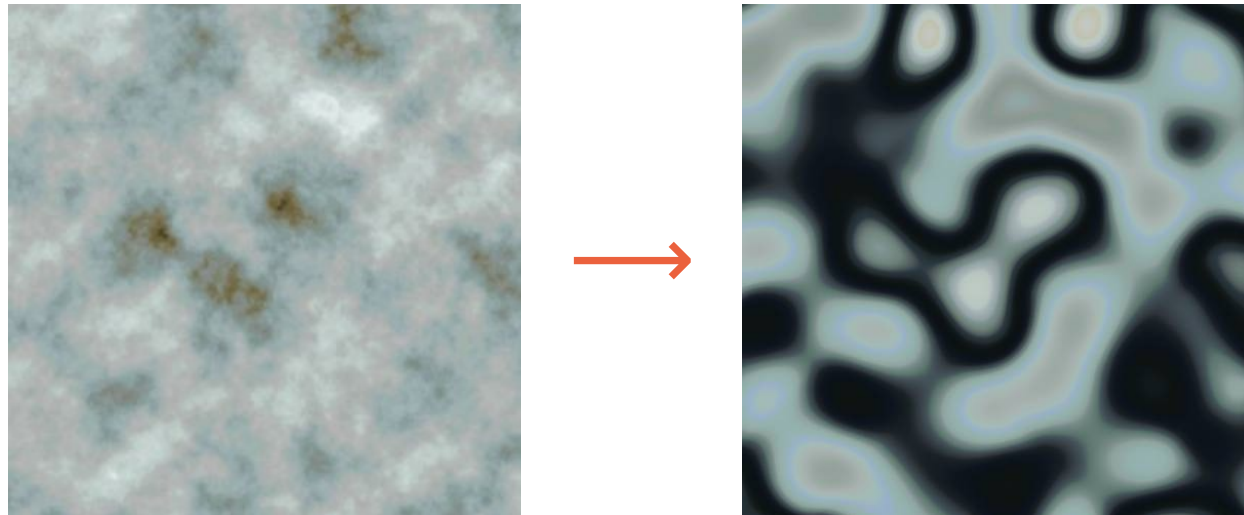
Terén je fraktální → soběpodobnost!

Perlinův šum

Ken Perlin, 1983–85

Princip součtu výškové mapy v oktávách o různé intenzitě a různém měřítku

Šumová funkce je generována stochasticky,
ale mezi náhodnými hodnotami je prováděna
interpolace (lineární, polynomiální, goniometrická...)

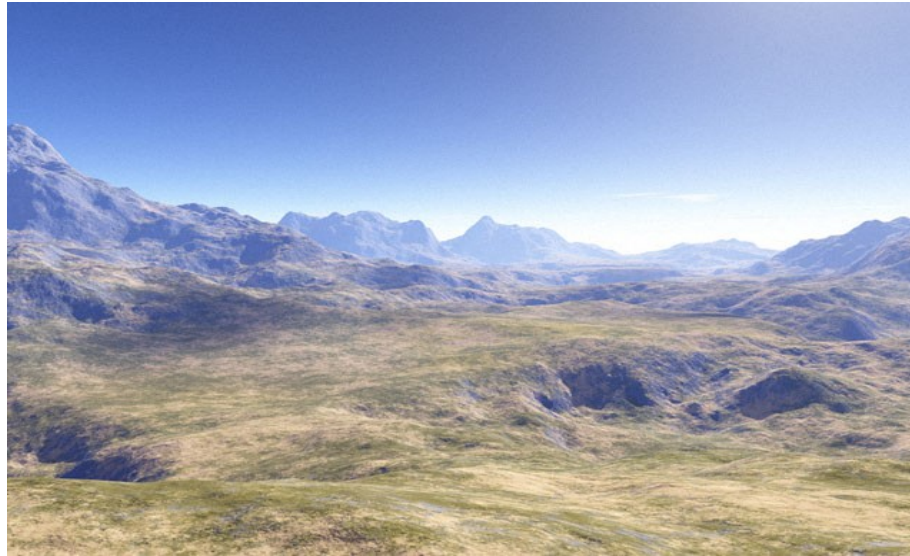


Různá intenzita = změna amplitudy

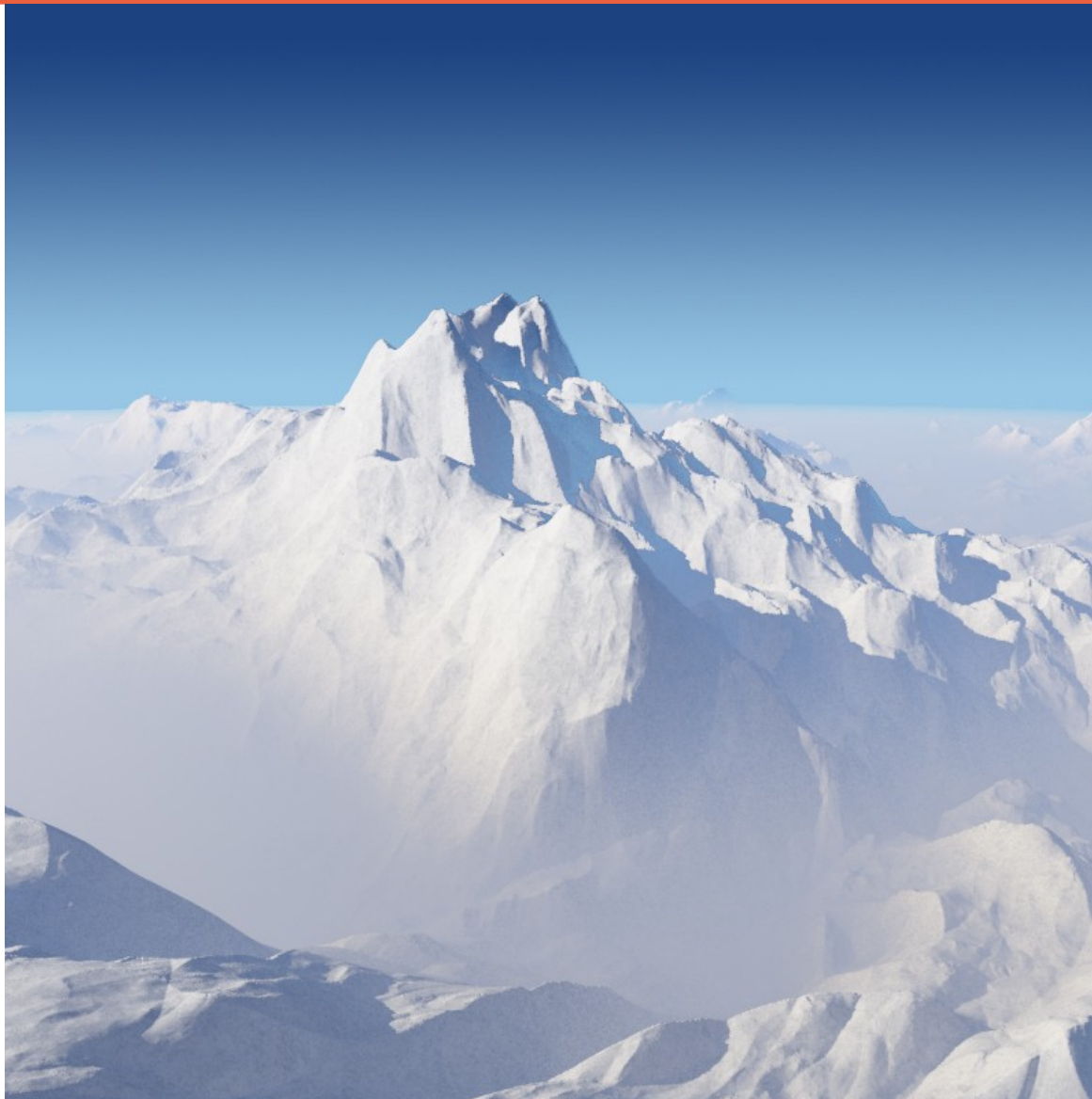
Proporční změna výškových rozdílů oktávami,

Různé měřítko = změna frekvence

Převzorkování oblastí, soběpodobné skládání map



**V praxi se používá opakovaný součet funkcí
s klesající amplitudou a rostoucí frekvencí**



V. Pavlík

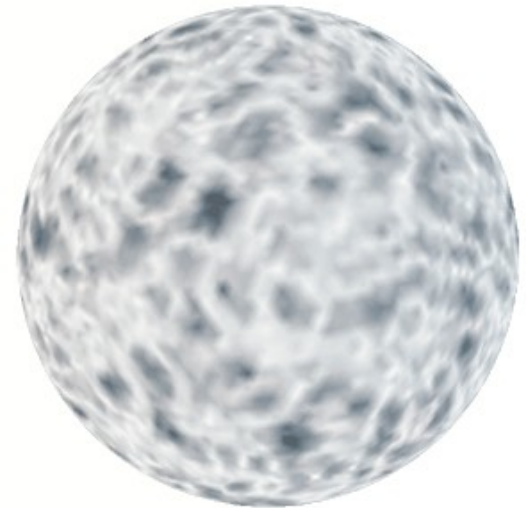
**Využití všude tam, kde je potřeba ke ,hladké‘
počítačové grafice přidat realistickou členitost**

Textury a shadery —
dřevo, mramor, mraky, mlha, voda, oheň...

Snadný výpočet v reálném čase

Snadné rozšíření do více dimenzí

Volumetrické textury se lépe mapují
na sférický nebo nerovný 3D povrch



Problémy:

**Perlinovské mapy neobsahují náhlé
změny (osamocené štíty, kaňony)**

ty musejí být definovány interaktivně —
uživatelským zásahem do mapy



Íñigo Quílez: Elevations (4 kb demo)



Erozní algoritmy

Aplikují se na existující mapy, aby dodaly terénu realističtější vzhled

Jak funguje eroze (rozrušování a transport částic) ?

**V údolích převládá vodní eroze,
na slunečných svazích teplotní eroze,
na exponovaných vrcholcích větrná eroze**

Triviální a rychlá metoda:

- **potlačení vyšších frekvencí v nižších výškách**
- **zvýraznění nižších frekvencí na svazích až do určitého sklonu**
- **zvýraznění vyšších frekvencí na štítech**

Vodní eroze

Voda rozpouští, přenáší a ukládá obrovské množství hornin — dramaticky přetváří charakter krajiny

Proudová eroze = trvalé vodní zdroje (řeky...)

Plošná eroze = déšť (četnost srážek v dané nadmořské výšce nebo na daném místě)

Algoritmus přidává do krajiny vodu a sediment, definuje erozi základního terénu a zachytávání erozního materiálu s danou rozpustností

Dále určuje způsob transportu vody a sedimentu (kolik materiálu je schopna voda přenést)

Nakonec definuje podíl vypařené a vsáknuté vody a charakter usazování sedimentu

Teplotní eroze

Dlouhodobým působením změn teploty se horniny lámou a drolí

Narušené části se sesouvají svahem s největším sklonem a zůstávají usazené na místech se sklonem pod limitní hodnotou

Iterativní algoritmus v prvním kroku přesune erozivní materiál k sousedovi

V dalších krocích je materiál sesouván terénem níže, dokud spodní vrstva nedosáhne limitního sklonu

Parametr procentuální difference určuje, jaká část materiálu pokračuje v posunu k sousedovi, a jaká se po povrchu rovnou sesune do údolí

Větrná eroze

Rozrušování hornin a transport nezpevněného erozního materiálu vzduchem do míst sedimentace

Abraze = obrus třením

Deflace = odnos sypkého povrchu

Narušené části jsou přenášeny buď po půdním povrchu na menší vzdálenosti (= saltace), nebo volně vzduchem na velké vzdálenosti vlivem prašných bouří

Algoritmus je de facto kombinací algoritmů pro teplotní erozi (přibývá parametr pro mechanickou sílu větru) a pro erozi vodní

Abraze je modelována vyhlazovacími filtry



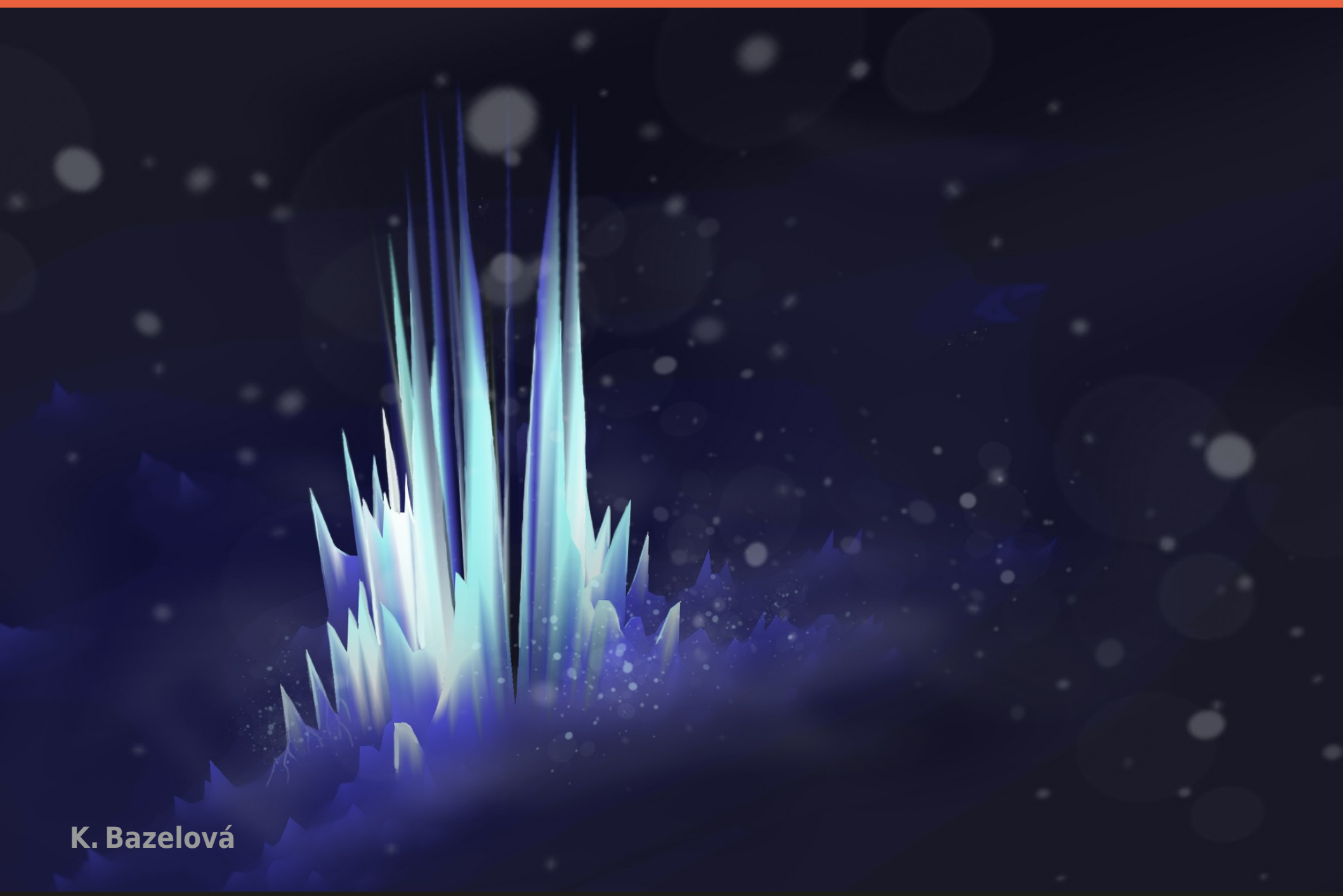
Z. Padělek



M. Bachtík



J. Zelený



K. Bazelová

Zadání

Vytvořte snímek krajiny / scénu evokující krajinomalbu

Inspirujte se u malířů...

van Eyck, Bruegel, Turner, Mařák, Špála

...nebo fotografů

Adams, Rowell, Senn, Heckel, Kamarád

➤ *Terragen / Terragen 2*

➤ *Landscape Studio* ➤ *Picogen*

Výstup

Fraktální krajina

vč. zdrojových souborů a příp. obrazu, jímž jste se inspirovali