Oblika vulkanov

Andrej Likar

Osamljeni vulkani imajo značilno obliko. Ni jih mogoče zamenjati z gorami, ki so nastale z gubanjem zemeljskega plašča.

Na sliki 1 vidimo obris še delujočega vulkana Mayon na otoku Luzonu na Filipinih. Oblika je povsem krožno simetrična, kot plašč stožca, le da je pobočje pri vrhu strmo, potem pa strmina z oddaljenostjo od kraterja počasi pada. Evropska Etna (glej sliko 2), nima tako pravilnega obrisa, je pa še vedno povsem jasno, da gre za vulkan. Tudi Vezuv ne more skriti vulkanskega porekla, izdaja ga desno pobočje (glej sliko 3). Pravilno, skoraj parabolično obliko pobočja vidimo tudi pri Nanosu, o čemer smo v Preseku že poročali [1]. Tam smo privzeli, da se kamenje pobočja giblje tem hitreje, čim večja je njegova strmina. Kaj, ko bi poskusili s tem privzetkom opisati pobočje vulkanov?

Iz kraterja na vrhu delujočega vulkana prihajajo na dan lava in kamni vseh mogočih oblik ter velikosti. Valeč se po pobočju gradijo vulkan. Spet bomo privzeli, da je ploskovna gostota masnega toka valečih se kamnov j, to je masa kamnov, ki v sekundi preidejo skozi dan okvir s ploščino S, sorazmerna s strmino pobočja, torej naj za

$$j = \frac{m}{tS}$$

velja

$$j = \alpha y' .$$

Strmino smo označili z y', da lažje računamo, naj strmina pomeni padec višine pobočja Δy na vodoravni razdalji enega metra:

$$y' = \frac{\Delta y}{\Delta x} .$$

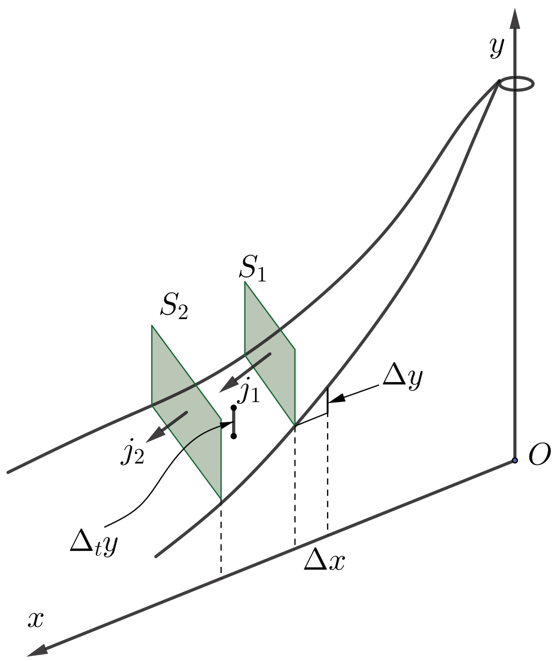
SLIKA 1.
Vulkan Mayon na filipinskem otoku Luzonu (vir: Wikipedija)

SLIKA 2.
Vulkan Etna (vir: Wikipedija)

SLIKA 3.
Vulkan Vezuv (vir: Wikipedija)

Pri nevelikih strminah je taka definicija smiselna, le pri zelo velikih strminah, kjer bi se nagib bližal 90°, bi kazalo strmino definirati kot sinus nagiba. A pri vulkanih tako velikega nagiba ni. Sorazmernostnega faktorja α sicer ne poznamo, a ga bomo določili na podlagi slik pobočij.

Privzetek o masnem toku spominja na ploskovno gostoto toplotnega toka, ki je prav tako sorazmerna s temperaturnim gradientom, torej s kvocientom temperaturne razlike ΔT in debeline plasti d, skozi katero teče ta tok.



SLIKA 4.
K izpeljavi enačbe za določanje oblike pobočja

Strmina se z oddaljenostjo od žrela vulkana zmanjšuje, pa tudi izbruhana snov zavzema vse večji prostor, zmanjšuje se tudi masni tok j. Dokler vulkan raste, se del izbruhane mase nalaga na pobočju. Tako vulkan raste v višino in tudi v širino.

Koliko je tega nalaganja, izvemo s pomočjo slike 4. Na njej je prikazan del pobočja, kamor priteka snov s tokom j_1 skozi ploskev S_1, odteka pa skozi ploskev S_2 s tokom j_2. Zaradi ohranitve mase mora torej veljati

- $(j_1 S_1 - j_2 S_2)\Delta t \propto \Delta_t y\,.$

Z $\Delta_t y$ označimo prirastek vulkana v višino na danem mestu x v času Δt. Privzeli smo, da dotoka snovi z bokov ni ali pa se izravna z odtokom. Ker je navpični prerez skozi sredino vulkana neodvisen od tega, kje ga prerežemo, je $S_2 > S_1$. Ploskovna gostota masnega toka se torej manjša zaradi nalaganja snovi na pobočje in zaradi širitve na vse večji prostor. Če bi na robu vulkana snov po vsem obsegu primerno odstranjevali, bi se oblika vulkana ustalila.

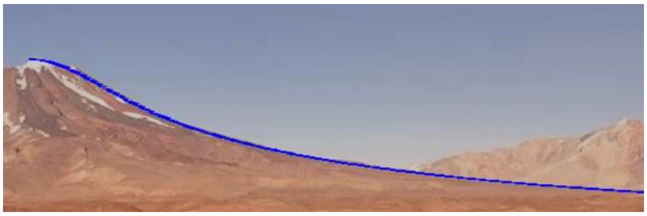
Enačbo naraščanja vulkana torej imamo, pri računanju moramo le še poskrbeti za dotok mase iz kraterja in določiti sorazmernostno konstanto tako, da kar najbolje ujamemo dejansko obliko vulkana. Na sliki 5 smo kar dobro ujeli obliko vulkana Mayona.

Ko vulkan ugasne, se njegova oblika še naprej spreminja, le da s kraterja ni dotoka snovi. Najbolj opazno je zaobljanje na vrhu, kar vidimo na sliki 6 nekega ugaslega vulkana. Zaobljenje pa opazimo tudi pri nevulkanskih vzpetinah, ko je ta posledica erozijskih dejavnikov, kot so veter, dež, zmrzali. Tudi obdelovanje zemlje lahko v precejšnji meri pripomore k oblikovanju vzpetin. Lep primer najdemo na Cerkljanskem, kjer je holmec z domačim imenom Kouk presenetljivo zaobljen (glej sliko 7).

SLIKA 5.
Primerjava izračunanega obrisa vulkana Mayon (modra krivulja) z dejansko

Na slikah 8, 9 in 10 vidimo postopno zaobljanje vulkana skozi daljša časovna obdobja. Vulkani, ki so ugasnili pred več sto miljoni let, so danes po obliki komaj razpoznavni.

Za konec naredimo še vulkanski poskus. Ne bomo se trudili z nasipavanjem peska, pač pa bomo naredili poskus z računalnikom. Kroglice bomo spuščali z določene višine na ravna vodoravna tla. Spuščene

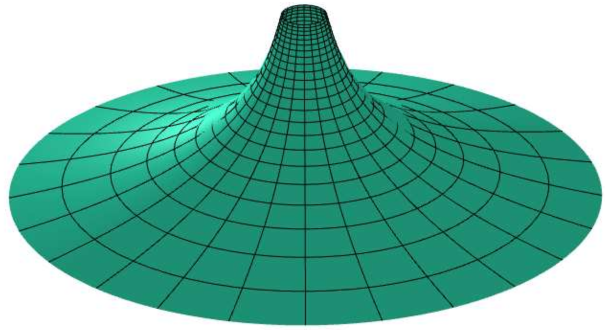


SLIKA 6.
Izračunani obris nedavno ugaslega vulkana (modra krivulja) – vrh postaja zaobljen

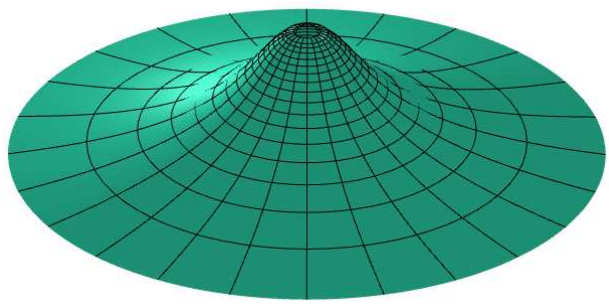
SLIKA 7.
Grič Kouk na Cerkljanskem je zaobljen zaradi kmetijske dejavnosti. (Foto M. Razpet)

kroglice naj se neelastično odbijajo od tistih že na tleh. Opazovali bomo, kako raste kup, in njegovo obliko primerjali z obliko vulkana. Eden od kupov je prikazan na sliki 11. Vidimo, da oblika spominja na obliko vulkanov. Od tod sklepamo, da se kroglice pri neelastičnem odboju gibljejo tako, kot smo privzeli zgoraj.

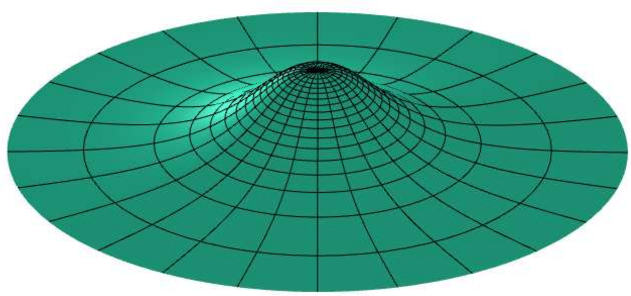
Še besedo o neelastičnem trku med kroglicami. Elastični trk smo v Preseku že obravnavali, bralci se morda še spomnijo te vsebine. Kroglici sta ravno v stiku, enotski vektor, ki povezuje njuni središči, je $\vec{e}$. Po elastičnem ali neelastičnem trku se obema kroglicama spremeni gibalna količina, prvi za $-G\vec{e}$, drugi pa za $G\vec{e}$. Da določimo velikost G gibalne količine $G\vec{e}$, upoštevamo, da se skupna kinetična energija pri



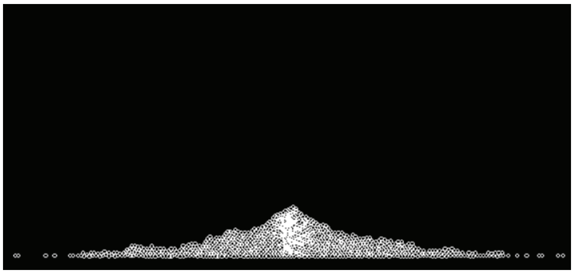
SLIKA 8.
Obris delujočega vulkana



SLIKA 9.
Po daljšem času neaktivnosti je vulkan vidno zaobljen



SLIKA 10.
Pred kakimi stotimi milijoni let ugasli vulkan izgubi značilno vulkansko obliko



SLIKA 11.
Kup, ki se nabere ob spuščanju kroglic na ravna vodoravna tla. Oblika kupa je zelo podobna obliki vulkanov.

elastičnem trku ohrani, pri neelastičnem pa se nekaj začetne kinetične energije izgubi na račun segrevanja kroglici, torej

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}m(\vec{v}_1 - \frac{G}{m}\vec{e})^2 + \frac{1}{2}m(\vec{v}_2 + \frac{G}{m}\vec{e})^2 + Q\,.$$

Na levi strani smo zapisali kinetično energijo ploščic pred trkom, na desni pa po njem. S primerno izbiro izgubljene kinetične energije Q izračunamo G in iz tega hitrosti kroglic po trku. Izgubljena energija Q je odvisna od trka. Pri centralnem trku, ki ga največkrat obravnavajo, je Q največja, pri robnem trku, ko se kroglici le bežno dotakneta, pa je zanemarljiva. Da pridemo do smiselnih vrednosti za Q, najprej izračunamo G pri elastičnem trku:

$$\frac{G}{m} = \vec{e} \cdot (\vec{v}_1 - \vec{v}_2)\,,$$

nato pa ga za določen del zmanjšamo. Če ga zmanjšamo na polovico, dobimo povsem neelastični trk. Pri centralnem trku bi se tedaj kroglici sprijeli in potovali dalje z enako hitrostjo. Pri našem računu oblike kupa smo privzeli povsem neelastične trke. Če dodamo nekaj elastičnosti, dobimo nekoliko bolj razpršene kupe.

Literatura

[1] A. Likar, *Pobočje Nanosa*, Presek **30** (2002/2003) 4, str. 196.

× × ×

Barvni sudoku

V 8×8 kvadratkov moraš vpisati začetna naravna števila od 1 do 8 tako, da bo v vsaki vrstici, v vsakem stolpcu in v kvadratkih iste barve (pravokotnikih 2×4) nastopalo vseh osem števil.

		8	4			5	
2				8		3	
	4				1		
3						7	
			5				7
			1				8
						1	5
1	2				7		

REŠITEV BARVNI SUDOKU

6	3	8	4	7	2	5	1
2	5	1	7	8	4	3	6
5	4	7	8	3	1	6	2
3	1	6	2	5	8	7	4
8	6	2	5	1	3	4	7
4	7	3	1	6	5	2	8
7	8	4	3	2	6	1	5
1	2	5	6	4	7	8	3

× × ×