

EXPEDÍCIA KOŠICE 2020: DODATOČNÝ ZBER METEORITOV A MIKROMETEORITOV

Mgr. Karol Havrila

OAA FMFI UK

02.10.2020



BEZOVEC 2020

KTO SOM?

- Študent 3. ročníka PhD. Štúdia, Školiteľ: doc. RNDr. Juraj Tóth, PhD.
- Pády meteoritov a mikrometeoritov
 - dynamika v planetárnej atmosfére (tmavá fáza letu)
 - dopadové oblasti + reálne tvary
 - koncentrácie častíc – atmosféra, zemský povrch
 - testovanie – reálne prípady
 - praktická časť: metodiky a zber v teréne

PREČO?

- 28.02.2010 – 23:25 CET
- výrazný bolid (-18^{mag})
- Rozbor dopadovej oblasti (dr.Borovička)
- Expedície – 78(218) meteoritov
- 0.3 g – 2.37 kg
- Obyčajný chondrit – H5
- Fragmentačný model (Borovička, 2013)



$m = 3500 \text{ kg}$

$R = 1.25 \text{ m}$

$\rho = 3400 \text{ kg/m}^3$

$v = 15.0 \text{ km/s}$

$\alpha_R = 252.6^\circ$

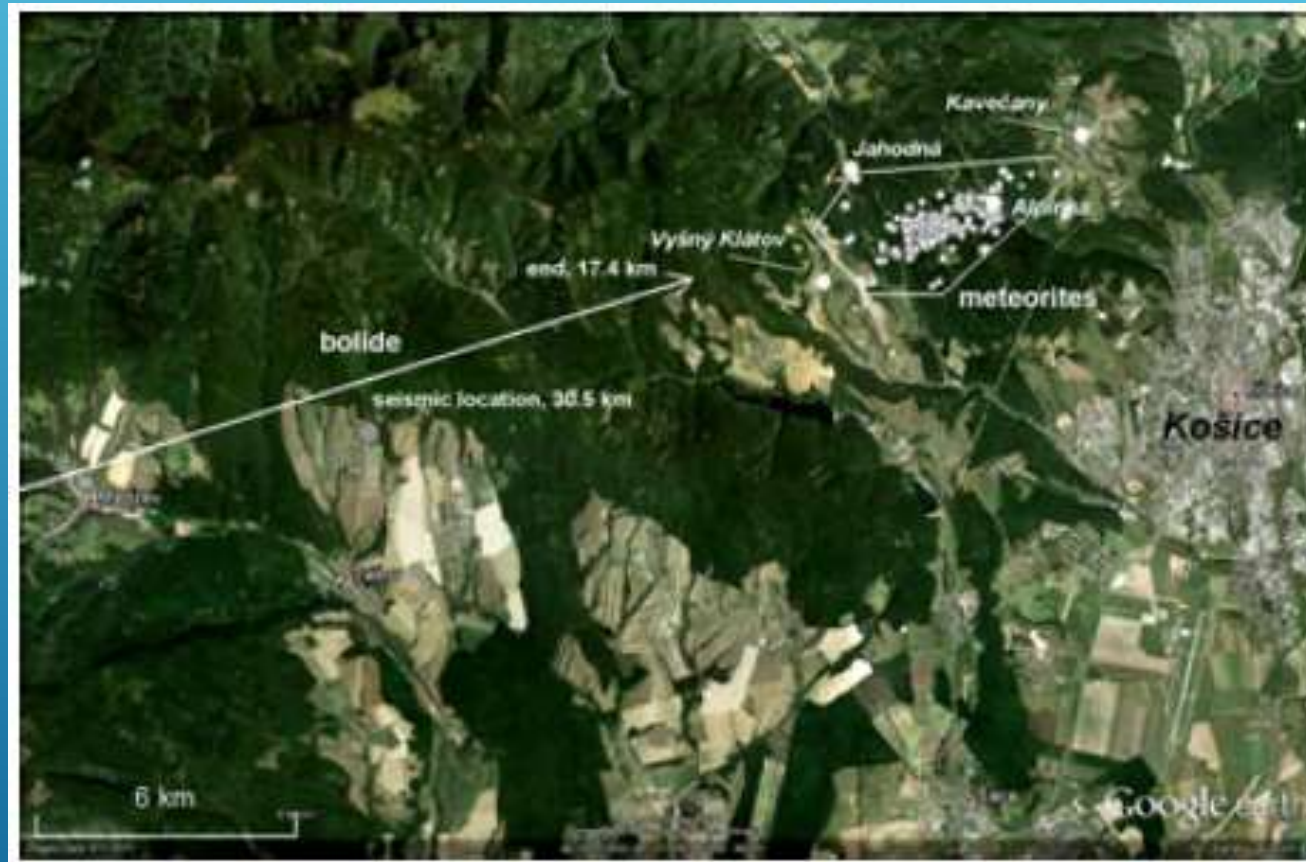
$z = 30.2^\circ$

Obr.č1: Zábery bolidu priemyselnou kamerou v obci Telki (Budapešť) (Borovička, 2013)

KDE?

- Dopadová oblasť (Vyšný Klátov, Jahodná, Kavečany, Alpinka)

Obr.č2:
Mapa okolia Košíc
znázorňujúca pozemnú
projekciu dráhy bolidu.
Vyznačená dopadová
oblasť a polohy
nájdenných fragmentov.
(Borovička, 2013)

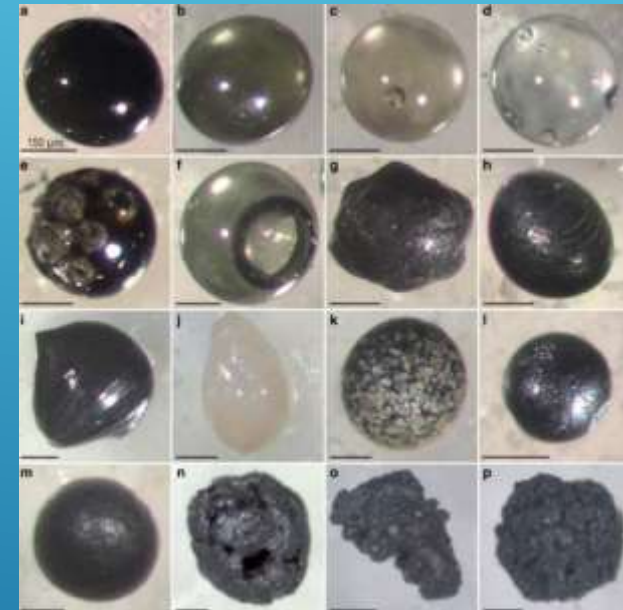


PLÁNOVANIE: ČO?

- Dodatočné hľadanie: meteority + otestovanie metódik - mikrometeority



Obr.č2:
Druhý najväčší fragment
meteoritu Košice o hmotnosti
2,16 kg (Borovička, 2013)



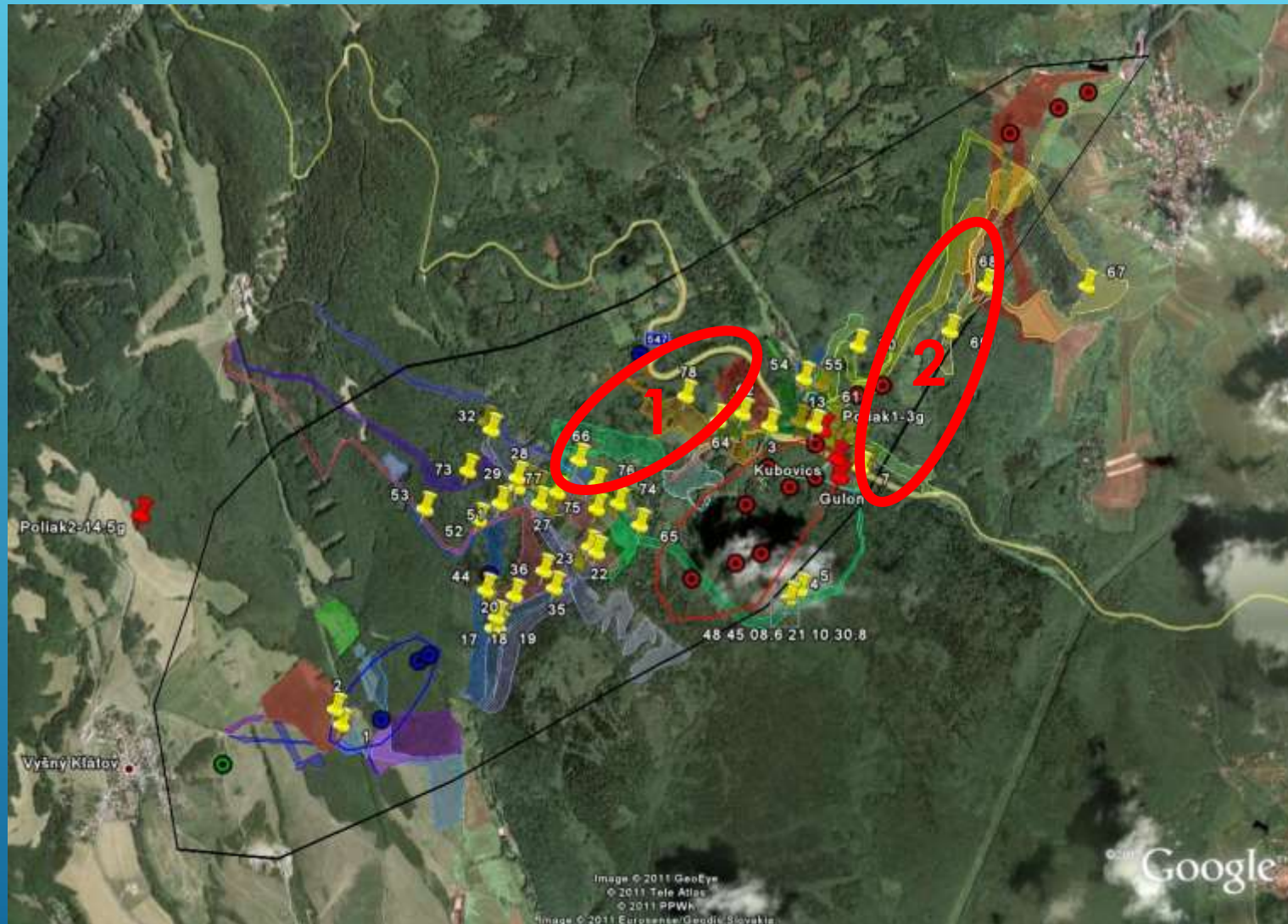
Obr.č3:
Stereomikroskopické zábery
roztavených a čiastočne
roztavených mikrometeoritov (Folco
a Cordier, 2015)

PLÁNOVANIE: KDE?

- Dva zbery:
 - 1.) dodatočne hľadanie meteoritov
 - nepreskúmané miesta predošlými expedíciami – dopadová oblasť
 - miesta s vysokou pravd. výskytu väčších fragmentov
 - 2.) hľadanie mikrometeoritov/menších fragmentov
 - miesta určené na základe simulácií a koncentrácií

PLÁNOVANIE: KDE?

- Prvý zber:



Obr.č4:
Detail na dopadovú
oblasť. Znáznomené oblasti
preskúmané jednotlivými
expedíciami (Tóth, 2010).
Červené elipsy: navrhnuté
oblasti na dodatočný
zber.

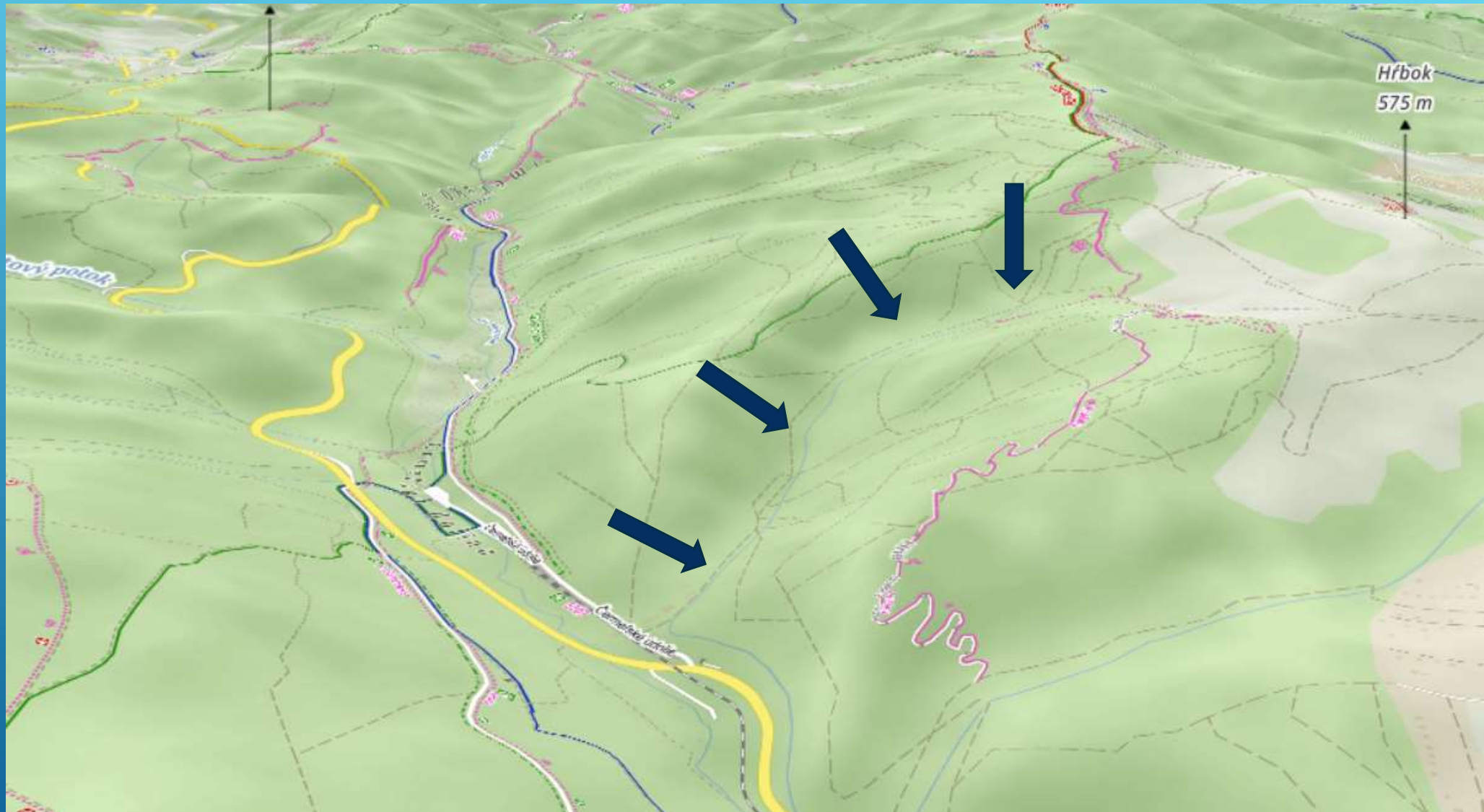
PRVÝ ZBER – OBLASŤ Č.1



Obr.č5

PRVÝ ZBER – OBLASŤ Č.2

Obr.č6



PLÁNOVANIE: KDE?

- Druhý zber:
 - definovanie významných oblastí - $\mu(m)$ -Trajectory
 - simulácie – fragmentačný model (Borovička et al., 2013)
 - výsledok: dopadové elipsy a ich zhustenie

Obr.č7:
Užívateľské prostredie
programu $\mu(m)$ -Trajectory

The screenshot shows the user interface of the $\mu(m)$ -Trajectory program. It is a window with a title bar and standard OS controls. The interface is divided into several sections:

- METEORIT-**: A table for inputting meteorite properties.

Drag Coefficient C[-]:	Radius r[m]:	Density ρ_0 [kg/m ³]:	Initial velocity[m/s]:
0.47	0.01	3400	2200
- LOCATION-**: A table for inputting location data.

Latitude[deg]	Longitude[deg]	Altitude[m]	Azimuth[deg]	Zenit angle[deg]
48.746	21.083	17400	72.6	30.2
- OUTPUT-**: A large, empty light blue rectangular area intended for displaying the simulation results (impact ellipses and density).
- PLAY-**: A column of controls on the right side.
 - OneD motion: Start
 - TwoD motion: Start
 - 3D motion: Start
 - Null
- Time for steps[s/m]:**: A field at the bottom left containing the value 0.1.

PLÁNOVANIE: KDE?

- Druhý zber :
 - fragmentačný model
(Borovička et al., 2013)

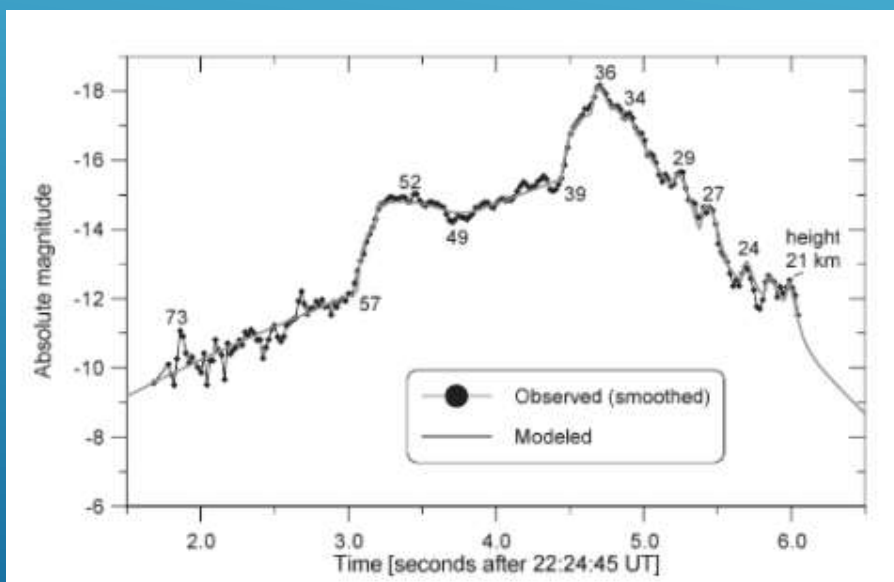


Table 5. Parameters of the modeled Košice fragmentations.

Fragmentation			Parent fragment		Daughter fragments and dust				Dust	Meteorites ^c
Time ^a (s)	Height (km)	Dyn. Pres. (MPa)	Name	Mass (kg)	Type ^b	Name	Total mass (kg)	Erosion coeff. (s ² km ⁻²)	Masses (kg)	Mass (kg)
3.06	56.8	0.09	MAIN	3496	F	1	3345			
					EF	2	150	2.5	10 ⁻⁶	
					D	DM	1		10 ⁻⁶	
3.20	55.0	0.11	1	3344	F	11	2030			
					GF	12	120 × 5			
					GF	13	30 × 10			
					GF	14	40 × 10			
					D	D1	14		2 × 10 ⁻⁵	
4.46	38.7	0.97	11	2009	F	111	100			
					F	112	50			
					F	113	29			
					EF	114	1740	0.7	0.01–10 ⁻⁴	≤ 0.006
					D	D11	99		0.01	≤ 0.006
4.66	36.6	1.13	12	4.5 × 120	EF	121	4	0.5	10 ⁻⁵	
					D	D12	0.5		10 ⁻⁵	
4.80	34.8	1.47	13	9.0 × 30	EF	131	7	0.3	10 ⁻⁴	
					D	D13	2		10 ⁻⁴	
4.90	33.7	1.70	14	8.9 × 40	EF	141	8	0.1	10 ⁻⁴	
					D	D14	0.9		10 ⁻⁴	
5.22	29.3	3.6	111	91.7	F	1111	30			
					EF	1112	60	0.3	0.01–10 ⁻⁴	≤ 0.008
					D	D111	1.7		10 ⁻⁴	
5.38	27.6	4.0	112	43	F	1121	0.5			0.34
					EF	1122	40	0.3	0.01–10 ⁻⁴	≤ 0.008
					D	D112	2.5		10 ⁻⁴	
5.68	24.2	5.6	1111	26.1	F	A1	20			
					EF	A2	5.5	0.3	0.1–10 ⁻⁴	≤ 0.08
					D	DA	0.6		10 ⁻⁴	
5.82	23.6	4.4	113	14.6	EF	1131	14.4	0.2	0.2–10 ⁻⁴	≤ 0.17
					D	D113	0.2		10 ⁻⁴	
5.96	21.6	5.9	A1	18.1	F	A11	8			6.5
					F	A12	2.4			2.0
					EF	A13	7.7	0.3	0.3–10 ⁻⁴	≤ 0.3

^aSeconds after 22:24:45 UT.

^bF—fragment, GF—group of fragments, EF—eroding fragment, D—dust.

^cMasses of meteorites larger than 1 g reaching the ground.

Obr.č8: Vľavo svetelná krivka meteoritu Košice, napravo fragmentačný model (Borovička, 2013)

PLÁNOVANIE: KDE?

- Druhý zber :
 - návrh simulácií podľa fragmentačného modelu (Borovička, 2013)

h[m]-interval	h[m]	[+/-]	r [m]	mass [kg]	modeled masses [kg]	ϕ [°]	[+/-]	λ [°]	[+/-]	Γ	ρ [kg/m ³]	v[m/s]	[+/-]	wind-model
57000-55000	56000	1000	0,001			48,686	0,018	20,796	0,010	variable	3400	80	20	poprad/modified
			0,00075	150	$10^{-5} - 10^{-6}$					0.579	3600			
			0,0005								3800			
55000-51000	53000	2000	0,00075			48,691	0,018	20,819	0,009	Γ	ρ [kg/m ³]	v[m/s]	[+/-]	wind-model
			0,0005	150	$10^{-5} - 10^{-6}$					variable	3400	80	20	poprad/modified
										0.579	3600			
											3800			
57000-49000	53000	4000	0,001			48,691	0,018	20,819	0,009	Γ	ρ [kg/m ³]	v[m/s]	[+/-]	wind-model
			0,00075	165						variable	3400	80	20	poprad/modified
			0,0005		$10^{-5} - 10^{-6}$					0.579	3600			
											3800			
39000-32000	35500	3500	0,01			48,718	0,014	20,949	0,007	Γ	ρ [kg/m ³]	v[m/s]	[+/-]	wind-model
			0,005	1740						variable	3400	80	20	poprad/modified
			0,0025		$10^{-2} - 10^{-4}$					0.579	3600			
			0,001								3800			
36500-34000	35250	1250	0,0025			48,718	0,014	20,950	0,007	Γ	ρ [kg/m ³]	v[m/s]	[+/-]	wind-model
			0,001	1300						variable	3400	80	20	poprad/modified
			0,00075		$10^{-4} - 10^{-5}$					0.579	3600			
											3800			

Obr.č9:
Vstupné parametre do
modelovania tmavej fázy
letu

PLÁNOVANIE: KDE?

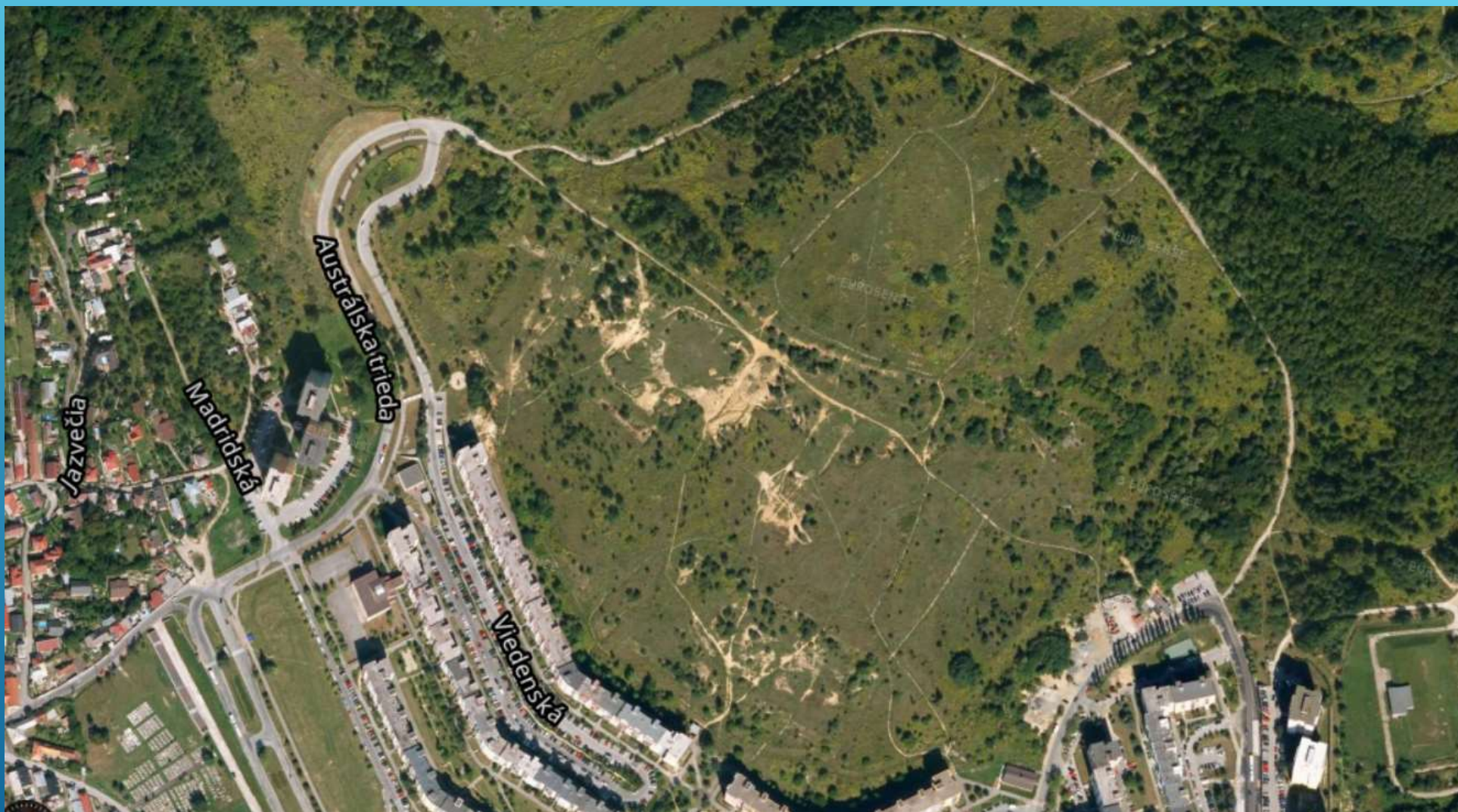
- Druhý zber :
 - návrh simulácií podľa fragmentačného modelu (Borovička, 2013)
 - simple Monte-Carlo
 - 500/1000 častíc, náhodný výber: $\alpha_R = [0^\circ, 360^\circ]$, $z = [-90^\circ, 90^\circ]$
 - čas behu simulácia: 45 min. – 1 hod.
 - na výstupe: dopadové elipsy pre smerodajnú odchýlku 1σ – Google Earth
grafické distribúcie dopadnutých častíc
koncentrácie častíc N/m^2
- KTO: Karol Havrila, Patrik Čechvala, Matej Zigo, Roman Nagy

PLÁNOVANIE: KDE?



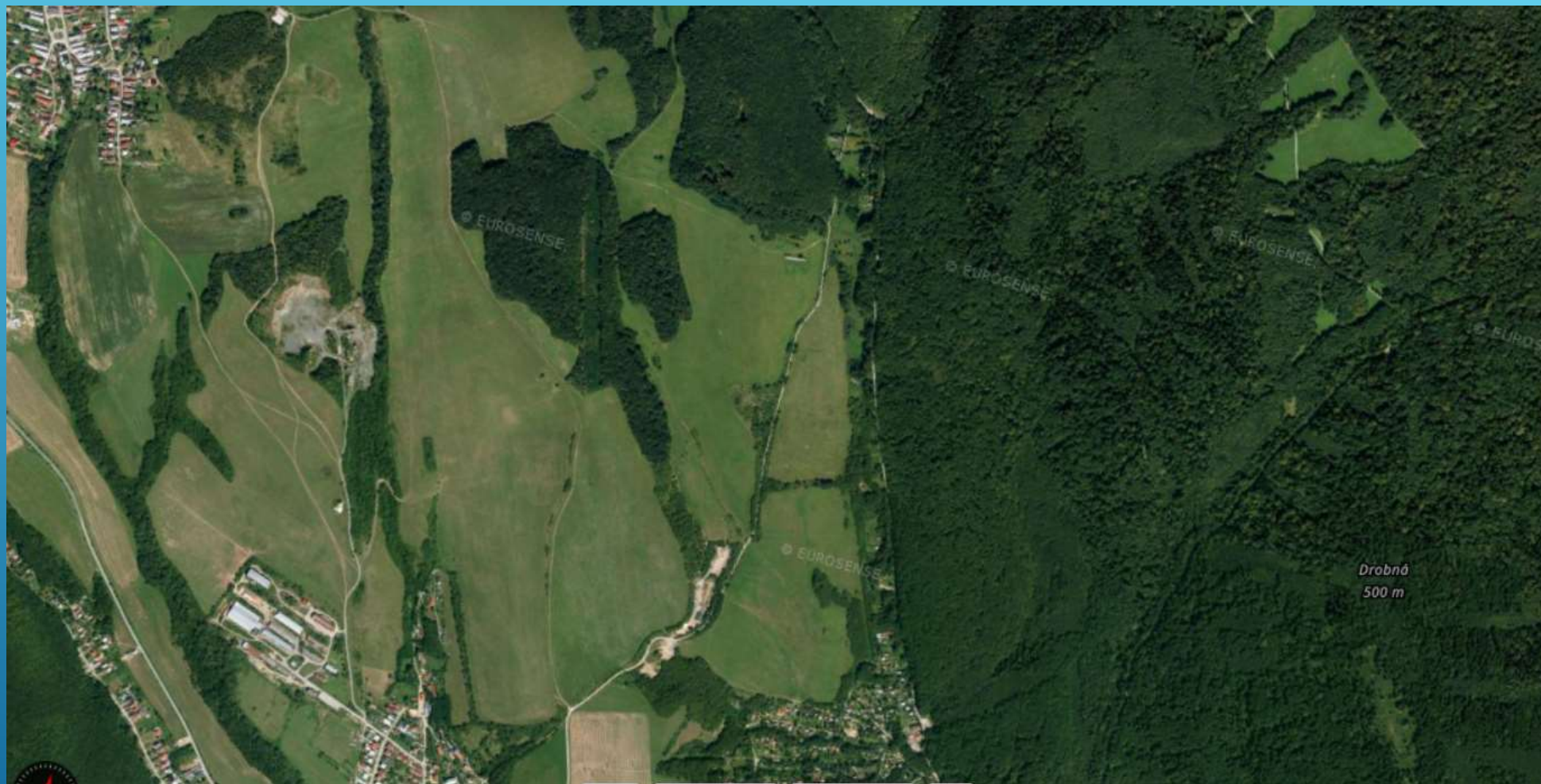
Obr.č10:
Dopadové elipsy a
vybrané miesta so
zhustením jednotlivých
dopadov (Sahara, Nad
Slobodnou)

DRUHÝ ZBER (28.08.2020) – “SAHARA”



Obr.č11:
Oblasť „Sahara“

DRUHÝ ZBER (28.08.2020) – “NAD SLOBODNOU”



Obr.č12:
Oblasť
„Nad Slobodnou“

PLÁNOVANIE: METODIKA A POMÔCKY

- Prvý zber(27.08.2020):
 - 2x detektor kovov, 9x neodymový (NdFeB) magnet, 2x plech na zmagnetizovanie, uzatvárateľné vrecká a lyžice.



PRVÝ ZBER



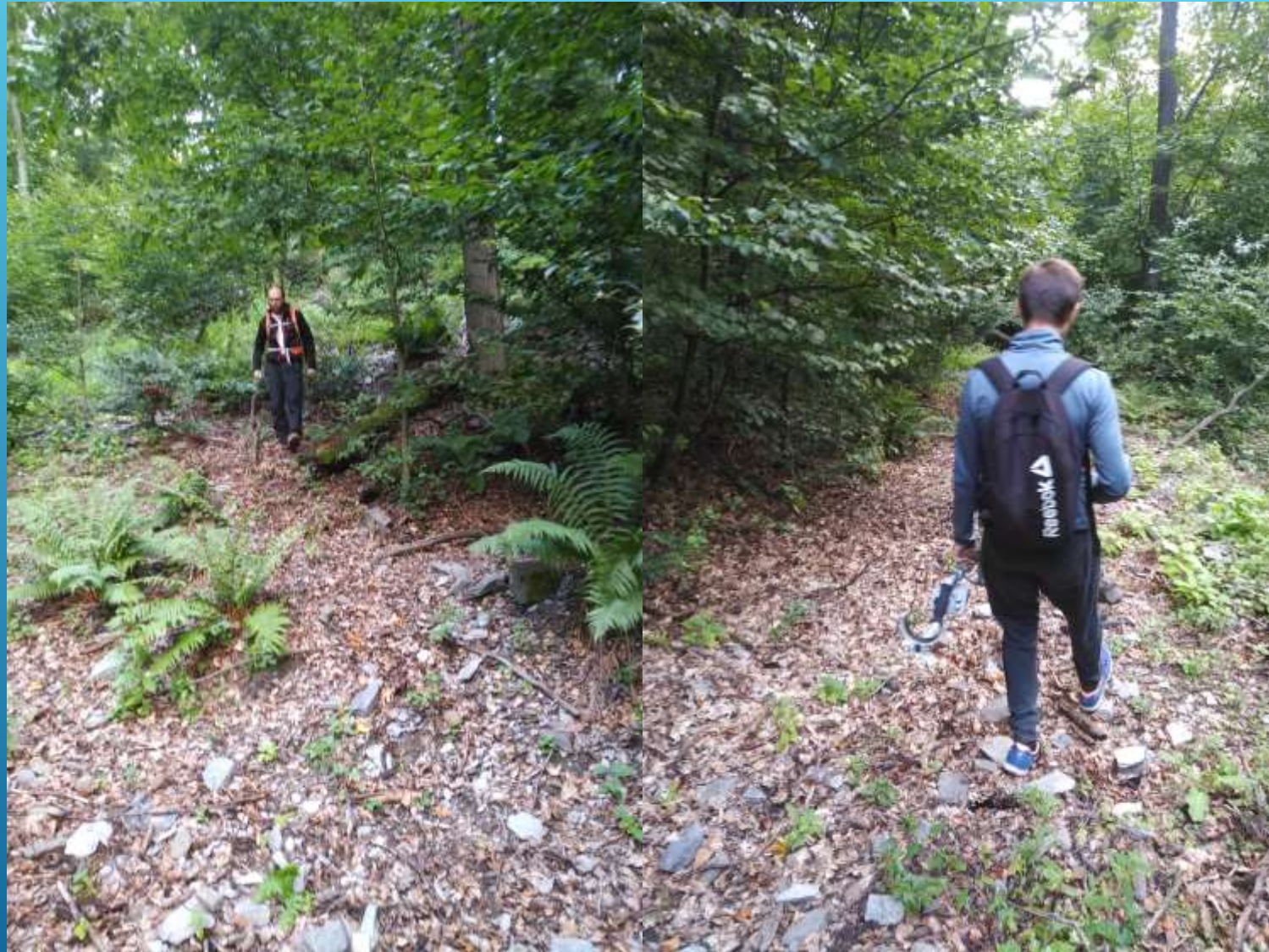
PRVÝ ZBER



PRVÝ ZBER



PRVÝ ZBER



DRUHÝ ZBER (28.08.2020) – “SAHARA”



DRUHÝ ZBER (28.08.2020) – “SAHARA”



DRUHÝ ZBER (28.08.2020) – “SAHARA”



DRUHÝ ZBER (28.08.2020) – “SAHARA”



DRUHÝ ZBER (28.08.2020) – “NAD SLOBODNOU”



DRUHÝ ZBER (28.08.2020) – “NAD SLOBODNOU”



ZÁVER A ZHODNOTENIE EXPEDÍCIE

- Prvý zber(27.08.2020):
 - ?detektory kovov?
 - zmagnetizovaný plech málo účinný
 - náročný terén, listnaté lesy, mladý porast a pes! – komplikácie
 - + selekcia vhodných/nevhodných metód na zber
- Druhý zber(27.08.2020) - Sahara:
 - + dobrý terén
 - + zaujímavé vzorky
 - + magnety fungovali skvelé!
 - detektor kovov a zmagnetizovaný plech
- Druhý zber(27.08.2020) – Nad Slobodnou:
 - podobne ako prvý zber
 - kliešte!



ZDROJE

BOROVÍČKA, J., TÓTH, J. et al. 2013. *The Košice meteorite fall: Atmospheric, trajectory, fragmentation, and orbit*. Meteoritics & Planetary Science, **48**, s. 1757-1779.

KOHOUT, T., HAVRILA, K., TÓTH, J. et al. 2014. *Density, porosity and magnetic susceptibility of the Košice meteorite shower and homogeneity of its parent meteoroid*. Planetary and Space Science, **93-94**, 18s.

TÓTH, J., SVOREŇ, J. et al. 2015. *The Košice meteorite fall: Recovery and stream field*. Meteoritics & Planetary Science, **48**, s.853-863.

Foto: Roman Nagy, Patrik Čechvala, Karol Havrila

ĎAKUJEM ZA
POZORNOSŤ!