

DEFORMAČNÍ VÝVOJ HORNIN A VZTAH GEOLOGICKÝCH STRUKTUR K ÚDOLNÍM OSÁM NA KUNĚTICKÉ HOŘE U PARDUBIC

Deformation progress of the rocks and the relationship between geological structures and valley axes on the Kunětická hora Hill at Pardubice

Jan JURÁČEK

Centrum interdisciplinárního výzkumu, Filosofická fakulta, Universita Hradec Králové, Rokitanského 62, CZ-500 03 Hradec Králové 3; Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, CZ-611 37 Brno; Muzeum východních Čech v Hradci Králové, Eliščíno nábřeží 465, CZ-500 01 Hradec Králové 1; j.juracek@muzeumhk.cz

Horniny Kunětické hory byly postiženy deformačním vývojem důsledkem intruze neoidního magmatu v terciéru. Byl sestaven sled vývoje deformací na základě měření kompasových dat. Orientace geologických struktur byly statisticky porovnány s údolní sítí.

Klíčová slova: deformace, struktura, údolí, terciér, Kunětická hora

1. Úvod

Cílem příspěvku je sestavit model relativního vývoje tj. sled deformací hornin a analyzovat vztah geologických struktur k údolním osám na Kunětické hoře u Pardubic. Kunětická hora (306,8 m) představuje krajinnou dominantu východního Polabí. Kunětická hora zaujímá nejvyšší vrchol Kunětické kotliny, dílčí částí Pardubické kotliny. Z hlediska tvarů georeliéfu tvoří neovulkanický suk (DEMEK et MACKOVČIN 2006). Údolní síť lze vzhledem k excentricky rozbíhavému uspořádání zařadit k radiálnímu typu (obr. 1).

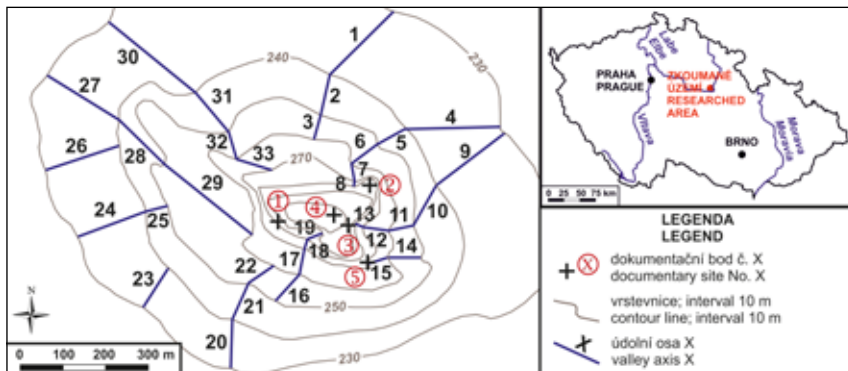
Geologickými poměry Kunětické hory, většinou z hlediska minerálního obsahu a horninové stavby, se v minulosti zabývala řada autorů, např. ZIPPE (1833), HEROLD (1855), REUSS (1857), JAHN J. V. (1859), LIPOLD (1862), BOŘICKÝ (1877), JAHN J. J. (1895, 1896), HINTERLECHNER (1901, 1902), PACÁK (1946), VODIČKA (1949), VOLŠAN (1968), KOČANDRLE (1973), STRAKA (1985), ŠREIN et al. (2000) a FERBAR (2002).

STRAKA (1985) charakterizoval horniny Kunětické hory jako hrubozrnné natroliticko-sodalitické trachybazalty s nefelinem a kontaktně metamorfované vápnité jílovce březenského souvrství. Okolí Kunětické hory bylo budováno vápnitými jílovci březenského souvrství ze spodního-středního coniacu a kvartérmími navátými písky, fluvialními a deluviálními sedimenty. ČECH (1988) zmínil zlom směru SZ–JV, který probíhal od Dobřenic přes Kunětickou horu na Sezemice, podél kterého došlo k výdvihu s. kry o 60 m. RAPPRIČ (osobní sdělení) označil neovulkanity na Kunětické hoře za tzv. tefrifonolity s datací 27,4 Ma (svrchní oligocén).

2. Metodika

V letech 2014 a 2015 bylo na pěti dokumentačních bodech (obr. 1) prováděno terénní měření orientace geologických strukturních prvků – ploch vrstevnatosti, ploch foliace,

ploch puklin, zlomových ploch a karbonátových žil, a to spádnicovým způsobem pomocí geologického kompasu Krantz. Pro analýzu puklin byla využita měření orientace puklin v neovulkanitech podle FERBARA (2002). Byla pořizována fotodokumentace významných geologických struktur.



Obr. 1: Údolní osy na Kunětické hoře.

Fig. 1: Valley axes on the Kunětická hora Hill.

Data orientace byla statisticky zpracována v programech Excel a Spheristat. Byly vyhotoveny konturové diagramy (tektonogramy) vrstevnatosti, foliací, zlomů, puklin a karbonátových žil, a to v rovníplochých projekci (Schmidtové síti) na spodní polokouli.

V další fázi byla vyhodnocena údolní síť, a to metodou vektorové analýzy (JURÁČEK 2014a, 2014b), resp. obdobně jako geologické struktury (obr. 2). Na topografickém podkladě v měřítku 1 : 10 000 (<http://www.cuzk.cz>, 14. 9. 2014) bylo v programu CoreDRAW zkonstruováno celkem 33 údolních os (obr. 1). Ke každé údolní ose byly určeny souřadnice podle WGS-84 (<http://www.cuzk.cz>, 14. 9. 2014) a pomocí programu AutoCAD vypočítán azimut spádu, obdoby azimutu sklonu geologických struktur (obr. 2). Velikost spádu údolních os byla určena rovnicí pro výpočet středního sklonu svahu (1):

$$\arctg\alpha = \frac{\Delta v}{l} \quad (1)$$

kde Δv představuje interval vrstevnic 10 m a l délku údolní osy resp. horizontální vzdálenost mezi vrstevnicemi na mapě měřítka 1 : 10 000 v m (na obr. 2 označena y). Na základě determinace azimutů a velikostí spádu byl rovněž pro údolní osy sestaven konturový diagram, a sice v rovníplochých projekci (Schmidtové síti) na spodní polokouli. Souřadnice systému WGS-84 byly před konstrukcí konturového diagramu přepočteny do podoby použitelné v programu Spheristat podle rovnic (2) a (3):

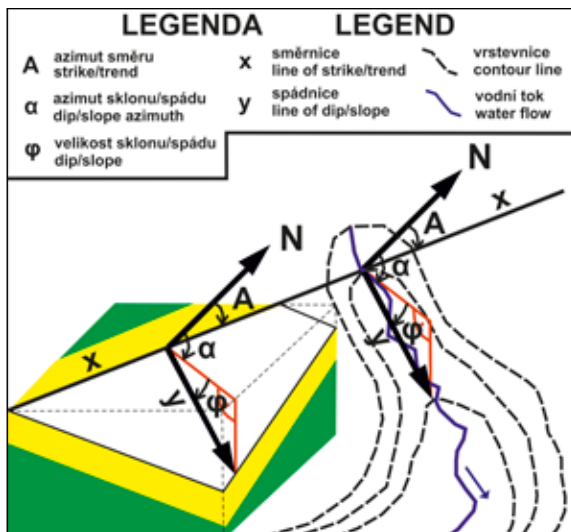
$$X = -y \quad (2)$$

$$Y = -x \quad (3)$$

kde X, Y jsou souřadnice WGS-84 a x, y souřadnice Spheristatu.

Následně byla data orientace geologických strukturálních prvků a orientace údolních os porovnána statistickým testem nezávislosti – χ^2 -testem, a to použitím funkce

CHITEST v programu Excel. Statistické třídy byly stanoveny podle světových stran. Očekávané (teoretické) četnosti <1 byly eliminovány. Zdrojová data jsou uvedena v příl. 1 a příl. 2.



Obr. 2: Analogie geologických struktur a údolních os obecně.

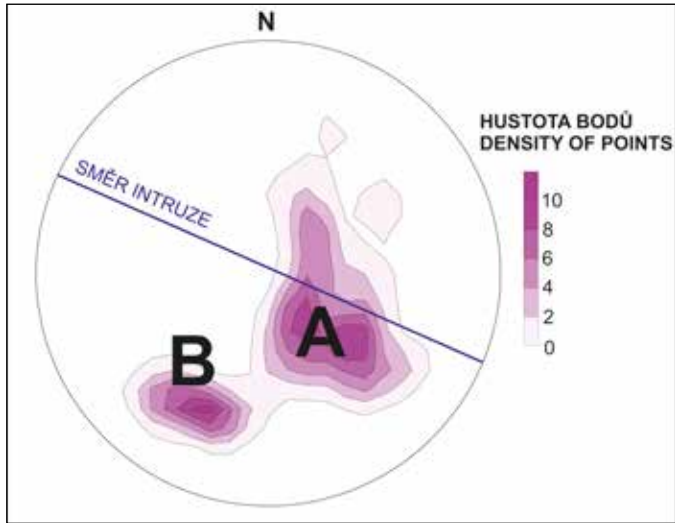
Fig. 2: Analogy between geological structures and valley axes in general.

3. Výsledky

Vrstevnatosti (68 měření, obr. 3) jsou převážně orientovány ve dvou maximech. Vrstevnatosti ve shluku A mají směr SSV–JJZ až SV–JZ se sklonem 30–40° k ZSZ–SZ, maximum B je orientováno ve směru ZSZ–VJV o sklonu 50–60° k SSV. Foliace (90 měření, obr. 4) představují směr převážně ZSZ–VJV až ZJZ–VSV o sklonu 30–40° k JJZ–JJV (větší maximum A), orientace v menším shluku B mají směr přibližně S–J až SSZ–JV se sklonem 50–60° k Z–ZJZ. Zlomové plochy (68 měření, obr. 5) vykazovaly orientaci ve směru V–Z se sklonem 75–85° k J, ve směru SV–JZ se sklonem 80–90° k SZ a směr SSV–JJZ se sklonem 40–60° k VJV.

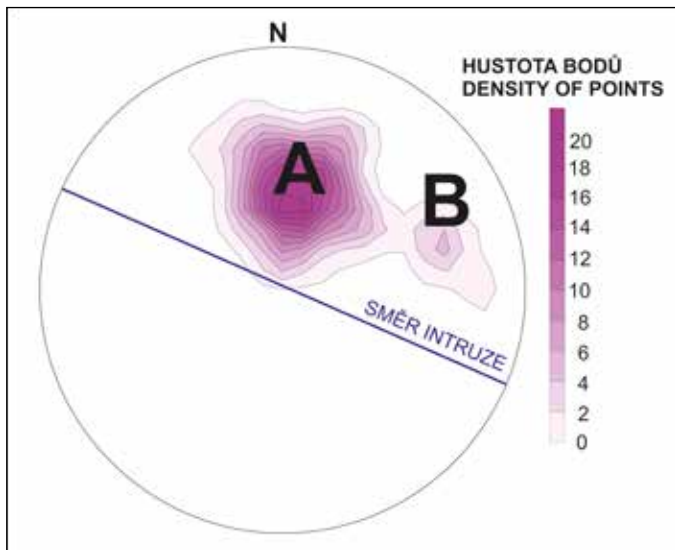
Pukliny (142 měření, obr. 6) zaujímají dvě maxima orientace – maximum A ve směru S–J až SSV–JJZ o sklonu 80–90° k Z–ZSZ resp. V–VJV, maximum B ve směru V–Z se sklonem převážně 70–80° k S resp. k J. Karbonátové žíly (23 měření, obr. 7) mají převážně směr VSV–ZJZ až SV–JZ o sklonu 30–50° k SSZ–SZ a směr SSV–JJZ se sklonem 70–80° k VJV. Údolní osy (obr. 8) jsou orientovány převážně k ZJZ–JJZ a SSV–V o velikosti spádu převážně do 10°.

Statistickým porovnáním azimutů spádu údolních os s azimuty směru a azimuty sklonu vrstevnatosti, puklin, zlomových ploch a azimuty spádu foliací (tab. 1, tab. 2, tab. 3, tab. 5, tab. 6, tab. 7, tab. 8) vyšel parametr $p > 0,01$. Při porovnání azimutů spádu údolních os s azimuty směru foliací byl výsledný parametr $p < 0,001$ (tab. 4).



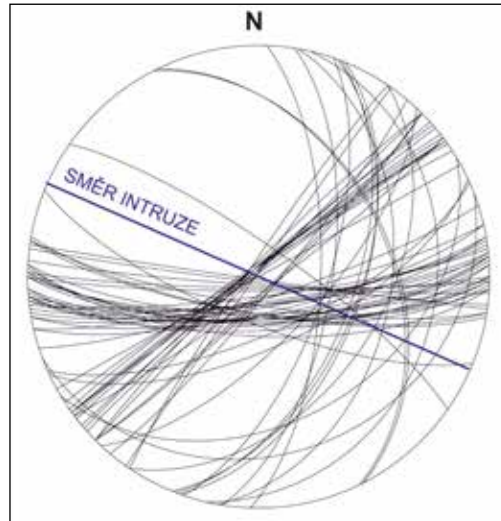
Obr. 3: Konturový diagram pólů ploch vrstevnatostí (A – větší maximum, B – menší maximum).

Fig. 3: Contour diagram of the poles of bedding planes (A – bigger maximum, B – smaller maximum).



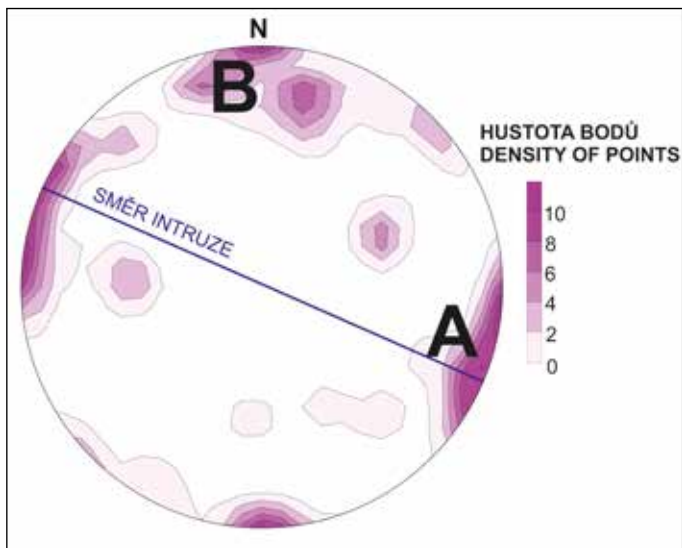
Obr. 4: Konturový diagram pólů ploch foliací (A – větší maximum, B – menší maximum).

Fig. 4: Contour diagram of the poles of foliations (A – bigger maximum, B – smaller maximum).



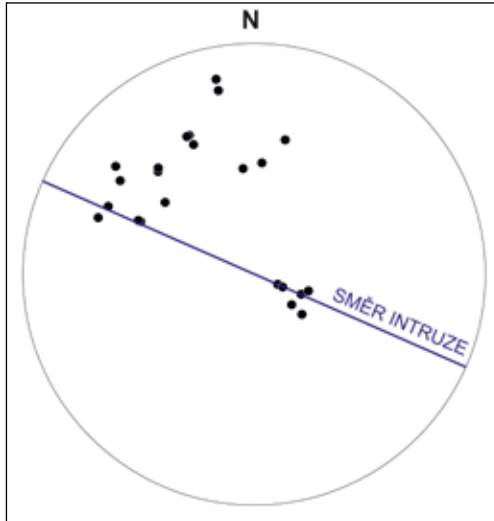
Obr. 5: Konturový diagram pólů zlomových ploch.

Fig. 5: Contour diagram of the poles of fault planes.



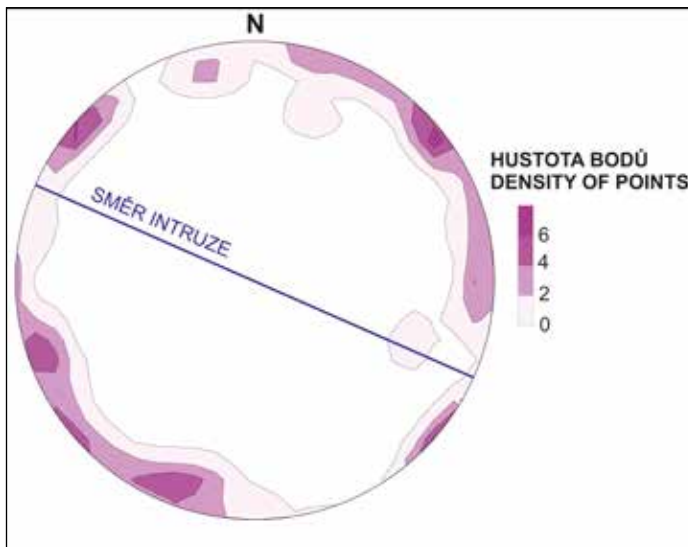
Obr. 6: Konturový diagram pólů ploch puklin.

Fig. 6: Contour diagram of the poles of joints.



Obr. 7: Konturový diagram spádnic karbonátových žil.

Fig. 7: Contour diagram of the dip lines of carbonate veins.



Obr. 8: Konturový diagram spádnic údolních os.

Fig. 8: Contour diagram of the slope lines of valley axes.

Tab. 1: Porovnání azimutů spádu údolních os a azimutů sklonu ploch vrstevnatosti.**Tab. 1:** Comparison of the slope azimuth of valley axes in contrast to the dip azimuth of bedding planes.

směr	četnosti			X ² -test	
	azimut spádu údolí	azimut sklonu vrstevnatosti			
S–J	2	4	6	1,879	4,121
SSV–JJZ	8	13	21	6,576	14,424
SV–JZ	6	11	17	5,323	11,677
VSV–ZJZ	5	3	8	2,505	5,495
V–Z	3	4	7	2,192	4,808
VJV–ZSZ	3	7	10	3,131	6,869
JV–SZ	4	17	21	6,576	14,424
JJV–SSZ	0	9	9	2,818	6,182
Σ	31	68	99	p = 0,176604	

Tab. 2: Porovnání azimutů spádu údolních os a azimutů směru ploch vrstevnatosti.**Tab. 2:** Comparison of the slope azimuth of valley axes in contrast to the strike of bedding planes.

směr	četnosti			X ² -test	
	azimut spádu údolí	azimut směru vrstevnatosti			
S–J	2	4	6	1,879	4,121
SSV–JJZ	8	7	15	4,697	10,303
SV–JZ	6	17	23	7,202	15,798
VSV–ZJZ	5	9	14	4,384	9,616
V–Z	3	4	7	2,192	4,808
VJV–ZSZ	3	13	16	5,010	10,990
JV–SZ	4	11	15	4,697	10,303
Σ	31	65	96	p = 0,590796	

Tab. 3: Porovnání azimutů spádu údolních os a azimutů sklonu ploch foliací.**Tab. 3:** Comparison of the slope azimuth of valley axes in contrast to the dip azimuth of foliations.

směr	četnosti			X ² -test	
	azimut spádu údolí	azimut sklonu foliací			
S–J	2	42	44	9,743	34,257
SSV–JJZ	8	31	39	8,636	30,364
SV–JZ	6	9	15	3,321	11,679
VSV–ZJZ	5	8	13	2,879	10,121
V–Z	3	6	9	1,993	7,007
JJV–SSZ	0	13	13	2,879	10,121
Σ	24	109	133	p = 0,017	

Tab. 4: Porovnání azimutů spádu údolních os a azimutů směrů ploch foliací.**Tab. 4:** Comparison of the slope azimuth of valley axes in contrast to the strike of foliations.

směr	četnosti			X ² -test	
	azimut spádu údolí	azimut směru foliací			
S–J	2	6	8	1,771	6,229
SSV–JJZ	8	0	8	1,771	6,229
SV–JZ	6	0	6	1,329	4,671
VSV–ZJZ	5	13	18	3,986	14,014
V–Z	3	42	45	9,964	35,036
VJV–ZSZ	3	31	34	7,529	26,471
JV–SZ	4	9	13	2,879	10,121
JJV–SSZ	0	8	8	1,771	6,229
Σ	31	109	140	p = 0,00000000006	

Tab. 5: Porovnání azimutů spádu údolních os a azimutů sklonů ploch puklin.**Tab. 5:** Comparison of the slope azimuth of valley axes in contrast to the dip azimuth of joints.

směr	četnosti			X ² -test	
	azimut spádu údolí	azimut sklonu puklin			
S–J	2	26	28	5,047	22,953
SSV–JJZ	8	17	25	4,506	20,494
SV–JZ	6	11	17	3,064	13,936
VSV–ZJZ	5	11	16	2,884	13,116
V–Z	3	25	28	5,047	22,953
VJV–ZSZ	3	27	30	5,407	24,593
JV–SZ	4	14	18	3,244	14,756
JJV–SSZ	0	10	10	1,802	8,198
Σ	31	141	172	p = 0,028946	

Tab. 6: Porovnání azimutů spádu údolních os a azimutů směrů ploch puklin.**Tab. 6:** Comparison of the slope azimuth of valley axes in contrast to the strike of joints.

směr	četnosti			X ² -test	
	azimut spádu údolí	azimut směru puklin			
S–J	2	25	27	4,866	22,134
SSV–JJZ	8	27	35	6,308	28,692
SV–JZ	6	14	20	3,605	16,395
VSV–ZJZ	5	10	15	2,703	12,297
V–Z	3	26	29	5,227	23,773
VJV–ZSZ	3	17	20	3,605	16,395
JV–SZ	4	11	15	2,703	12,297
JJV–SSZ	0	11	11	1,983	9,017
Σ	31	141	172	p = 0,122402	

Tab. 7: Porovnání azimutů spádu údolních os a azimutů sklonů zlomových ploch.**Fig. 7:** Comparison of the slope azimuth of valley axes in contrast to the dip azimuth of fault planes.

směr	četnosti		X ² -test		
	azimut spádu údolí	azimut sklonu zlomové plochy			
S–J	2	4	6	1,879	4,121
SSV–JJZ	8	13	21	6,576	14,424
SV–JZ	6	11	17	5,323	11,677
VSV–ZJZ	5	3	8	2,505	5,495
V–Z	3	4	7	2,192	4,808
VJV–ZSZ	3	7	10	3,131	6,869
JV–SZ	4	17	21	6,576	14,424
JJV–SSZ	0	9	9	2,818	6,182
Σ	31	68	99	p = 0,176604	

Tab. 8: Porovnání azimutů spádu údolních os a azimutů směrů zlomových ploch.**Tab. 8:** Comparison of the slope azimuth of valley axes in contrast to the strike of fault planes.

směr	četnosti		X ² -test		
	azimut spádu údolí	azimut směru zlomové plochy			
S–J	2	4	6	1,938	4,063
SSV–JJZ	8	7	15	4,844	10,156
SV–JZ	6	17	23	7,427	15,573
VSV–ZJZ	5	9	14	4,521	9,479
V–Z	3	4	7	2,260	4,740
VJV–ZSZ	3	13	16	5,167	10,833
JV–SZ	4	11	15	4,844	10,156
Σ	31	65	96	p = 0,606807	

Příl. 1: Zdrojová data orientace geologických struktur.**App. 1:** Basic data of the orientation of geological structures.

azimut sklonu	velikost sklonu	struktura	azimut sklonu	velikost sklonu	struktura
6	49	vrstevnatost	25	57	vrstevnatost
17	57	vrstevnatost	28	55	vrstevnatost
18	51	vrstevnatost	29	53	vrstevnatost
18	59	vrstevnatost	33	55	vrstevnatost
20	60	vrstevnatost	35	55	vrstevnatost
21	50	vrstevnatost	37	67	vrstevnatost
25	52	vrstevnatost	38	60	vrstevnatost

Příl. 1: pokračování.**App. 1:** continuation.

azimut sklonu	velikost sklonu	struktura	azimut sklonu	velikost sklonu	struktura
42	62	vrstevnatost	320	52	vrstevnatost
44	50	vrstevnatost	322	50	vrstevnatost
44	62	vrstevnatost	327	18	vrstevnatost
190	29	vrstevnatost	328	28	vrstevnatost
204	57	vrstevnatost	332	33	vrstevnatost
204	40	vrstevnatost	335	38	vrstevnatost
212	28	vrstevnatost	337	38	vrstevnatost
217	25	vrstevnatost	340	22	vrstevnatost
220	24	vrstevnatost	344	25	vrstevnatost
230	19	vrstevnatost	355	31	vrstevnatost
236	18	vrstevnatost	355	35	vrstevnatost
236	50	vrstevnatost	344	21	vrstevnatost
240	23	vrstevnatost	285	29	vrstevnatost
244	45	vrstevnatost	270	16	vrstevnatost
258	16	vrstevnatost	303	14	vrstevnatost
267	30	vrstevnatost	330	15	vrstevnatost
272	39	vrstevnatost	88	44	foliace
275	18	vrstevnatost	147	24	foliace
290	40	vrstevnatost	148	28	foliace
297	34	vrstevnatost	152	53	foliace
300	39	vrstevnatost	152	58	foliace
302	37	vrstevnatost	158	33	foliace
303	17	vrstevnatost	160	31	foliace
304	59	vrstevnatost	160	44	foliace
305	14	vrstevnatost	162	26	foliace
305	63	vrstevnatost	163	33	foliace
306	52	vrstevnatost	166	52	foliace
306	41	vrstevnatost	166	37	foliace
309	39	vrstevnatost	168	65	foliace
310	36	vrstevnatost	169	53	foliace
311	40	vrstevnatost	170	58	foliace
313	47	vrstevnatost	170	45	foliace
316	29	vrstevnatost	170	33	foliace
317	48	vrstevnatost	171	35	foliace
317	59	vrstevnatost	172	33	foliace
318	20	vrstevnatost	172	49	foliace
318	28	vrstevnatost	172	32	foliace
320	39	vrstevnatost	172	43	foliace

Příl. 1: pokračování.**App. 1:** continuation.

azimut sklonu	velikost sklonu	struktura	azimut sklonu	velikost sklonu	struktura
173	44	foliace	199	31	foliace
173	29	foliace	200	56	foliace
174	30	foliace	200	44	foliace
175	29	foliace	201	29	foliace
176	44	foliace	201	49	foliace
178	54	foliace	202	60	foliace
179	28	foliace	202	58	foliace
179	44	foliace	202	41	foliace
180	54	foliace	202	44	foliace
180	43	foliace	202	40	foliace
180	42	foliace	203	40	foliace
181	49	foliace	204	33	foliace
182	29	foliace	205	29	foliace
183	29	foliace	205	20	foliace
185	39	foliace	207	61	foliace
185	25	foliace	207	41	foliace
185	47	foliace	208	24	foliace
185	44	foliace	210	24	foliace
186	37	foliace	211	40	foliace
186	27	foliace	212	38	foliace
186	38	foliace	215	34	foliace
188	20	foliace	218	38	foliace
188	38	foliace	220	35	foliace
188	25	foliace	224	33	foliace
188	26	foliace	225	33	foliace
188	25	foliace	230	27	foliace
190	24	foliace	233	32	foliace
190	39	foliace	235	40	foliace
191	25	foliace	238	39	foliace
194	40	foliace	262	50	foliace
195	40	foliace	252	53	foliace
195	48	foliace	247	55	foliace
196	50	foliace	248	65	foliace
196	30	foliace	257	60	foliace
196	29	foliace	248	55	foliace
197	44	foliace	259	60	foliace
198	57	foliace	270	70	foliace
199	51	foliace	269	71	foliace

Příl. 1: pokračování.**App. 1:** continuation.

azimut sklonu	velikost sklonu	struktura	azimut sklonu	velikost sklonu	struktura
252	82	foliace	322	87	plocha zlomu
254	60	foliace	305	89	plocha zlomu
174	12	foliace	324	88	plocha zlomu
180	8	foliace	315	89	plocha zlomu
196	16	foliace	320	88	plocha zlomu
175	14	foliace	324	89	plocha zlomu
155	13	foliace	323	87	plocha zlomu
49	18	foliace	324	87	plocha zlomu
261	17	foliace	331	90	plocha zlomu
190	10	foliace	327	87	plocha zlomu
197	13	foliace	325	86	plocha zlomu
176	75	plocha zlomu	190	77	plocha zlomu
188	89	plocha zlomu	189	77	plocha zlomu
180	77	plocha zlomu	173	83	plocha zlomu
162	82	plocha zlomu	174	80	plocha zlomu
189	80	plocha zlomu	167	82	plocha zlomu
175	75	plocha zlomu	174	76	plocha zlomu
181	74	plocha zlomu	172	81	plocha zlomu
184	87	plocha zlomu	171	80	plocha zlomu
180	85	plocha zlomu	170	76	plocha zlomu
187	88	plocha zlomu	181	86	plocha zlomu
177	75	plocha zlomu	112	54	plocha zlomu
183	76	plocha zlomu	103	24	plocha zlomu
202	74	plocha zlomu	124	45	plocha zlomu
167	77	plocha zlomu	92	68	plocha zlomu
175	80	plocha zlomu	99	64	plocha zlomu
182	73	plocha zlomu	109	66	plocha zlomu
180	74	plocha zlomu	111	56	plocha zlomu
175	73	plocha zlomu	110	53	plocha zlomu
143	85	plocha zlomu	63	42	plocha zlomu
135	84	plocha zlomu	64	43	plocha zlomu
130	84	plocha zlomu	100	42	plocha zlomu
159	24	plocha zlomu	133	68	plocha zlomu
315	86	plocha zlomu	155	65	plocha zlomu
135	85	plocha zlomu	156	70	plocha zlomu
319	87	plocha zlomu	149	37	plocha zlomu
304	86	plocha zlomu	183	69	plocha zlomu
318	88	plocha zlomu	170	79	plocha zlomu

Příl. 1: pokračování.**App. 1:** continuation.

azimut sklonu	velikost sklonu	struktura	azimut sklonu	velikost sklonu	struktura
35	79	plocha zlomu	108	90	puklina
177	71	plocha zlomu	115	82	puklina
181	75	plocha zlomu	116	87	puklina
0	87	puklina	118	85	puklina
0	88	puklina	120	85	puklina
2	45	puklina	122	89	puklina
2	87	puklina	124	89	puklina
3	85	puklina	125	88	puklina
4	45	puklina	125	90	puklina
7	90	puklina	127	86	puklina
8	47	puklina	132	76	puklina
24	86	puklina	135	75	puklina
26	75	puklina	136	75	puklina
28	82	puklina	138	73	puklina
34	76	puklina	139	66	puklina
50	82	puklina	140	68	puklina
84	52	puklina	160	80	puklina
86	85	puklina	160	78	puklina
87	20	puklina	162	75	puklina
88	40	puklina	163	77	puklina
88	85	puklina	164	76	puklina
90	85	puklina	168	77	puklina
90	84	puklina	168	78	puklina
90	42	puklina	170	75	puklina
92	70	puklina	170	80	puklina
92	47	puklina	172	65	puklina
92	90	puklina	174	80	puklina
94	50	puklina	174	89	puklina
95	45	puklina	175	62	puklina
95	87	puklina	177	87	puklina
98	43	puklina	180	60	puklina
98	71	puklina	180	90	puklina
102	52	puklina	180	89	puklina
102	88	puklina	188	70	puklina
102	89	puklina	190	70	puklina
104	87	puklina	190	75	puklina
105	86	puklina	190	72	puklina
108	65	puklina	190	62	puklina

Příl. 1: pokračování.**App. 1:** continuation.

azimut sklonu	velikost sklonu	struktura	azimut sklonu	velikost sklonu	struktura
192	75	puklina	278	90	puklina
193	52	puklina	278	87	puklina
193	73	puklina	280	89	puklina
194	66	puklina	280	88	puklina
195	73	puklina	281	89	puklina
195	60	puklina	288	89	puklina
196	60	puklina	288	83	puklina
196	65	puklina	290	67	puklina
200	75	puklina	290	82	puklina
200	76	puklina	290	80	puklina
200	55	puklina	292	65	puklina
206	88	puklina	292	80	puklina
206	88	puklina	292	82	puklina
214	73	puklina	294	78	puklina
215	78	puklina	295	60	puklina
217	60	puklina	296	85	puklina
218	45	puklina	296	80	puklina
220	89	puklina	297	87	puklina
224	85	puklina	298	87	puklina
225	86	puklina	300	85	puklina
228	85	puklina	312	55	puklina
230	85	puklina	315	68	puklina
232	88	puklina	318	65	puklina
238	65	puklina	322	60	puklina
240	83	puklina	330	45	puklina
242	55	puklina	332	50	puklina
242	46	puklina	335	45	puklina
244	45	puklina	355	87	puklina
245	45	puklina	358	88	puklina
248	40	puklina	358	88	puklina
248	45	puklina	359	87	puklina
250	43	puklina	295	45	karbonátová žíla
253	45	puklina	317	39	karbonátová žíla
258	90	puklina	309	49	karbonátová žíla
270	88	puklina	295	44	karbonátová žíla
272	88	puklina	305	30	karbonátová žíla
276	89	puklina	290	29	karbonátová žíla
276	89	puklina	295	31	karbonátová žíla

Příl. 1: pokračování.

App. 1: continuation.

azimut sklonu	velikost sklonu	struktura	azimut sklonu	velikost sklonu	struktura
308	25	karbonátová žíla	349	20	karbonátová žíla
318	38	karbonátová žíla	354	52	karbonátová žíla
335	34	karbonátová žíla	113	72	karbonátová žíla
349	15	karbonátová žíla	107	70	karbonátová žíla
334	34	karbonátová žíla	113	81	karbonátová žíla
335	38	karbonátová žíla	114	79	karbonátová žíla
13	40	karbonátová žíla	130	68	karbonátová žíla
4	50	karbonátová žíla	129	73	karbonátová žíla

Příl. 2: Zdrojová data orientace údolních os.

App. 2: Basic data of the orientation of valley axes.

č.	azimut spádu	velikost spádu	délka [m]	m n.m.	č.	azimut spádu	velikost spádu	délka [m]	m n.m.
1	45	3	200	230–240	18	193	17	33	270–280
2	13	3	193	240–250	19	248	13	44	280–290
3	16	6	91	250–260	20	181	5	117	230–240
4	89	3	225	230–240	21	204	6	92	240–250
5	52	7	78	240–250	22	236	8	73	250–260
6	53	7	74	250–260	23	213	5	110	230–240
7	350	13	45	260–270	24	249	3	171	230–240
8	19	28	19	270–280	25	255	10	57	240–250
9	53	3	211	230–240	26	252	3	188	230–240
10	30	5	109	240–250	27	301	3	213	230–240
11	77	9	60	250–260	28	314	4	154	240–250
12	98	9	62	260–270	29	309	2	261	250–260
13	111	30	17	270–280	30	309	2	270	230–240
14	90	7	80	250–260	31	319	5	115	240–250
15	197	11	52	260–270	32	344	9	66	250–260
16	222	6	90	250–260	33	283	7	88	260–270
17	203	11	54	260–270					

4. Diskuse

Vrstevnatosti i foliace (obr. 3, obr. 4) zaujímají dvě maxima orientace, což lze považovat za ramena antifomy, jejíž osa má směr přibližně ZJZ–VSV o sklonu 37° k SSZ. Směr osy této antifomy by koincidoval s generálním směrem intruze. Orientace z. ramene by zhruba odpovídala orientaci vrstev podle KOČANDRLEHO (1973). Na základě mírné vergence osní plochy jz. směrem je možné předpokládat směr komprese vlivem mírně orientovaného tlaku (srv. KOČANDRLE 1973) magmatu spíše od SV.

Důsledkem metamorfózy vápňitých jílovců byla vrstevnatost transformována ve foliaci, což koresponduje s poznatky KOČANDRLEHO (1973), že v kausticky metamorfovaných vápňitých jílovcích byla ojediněle patrná původní vrstevnatost. Pravděpodobně poklesem teploty, zvýšením tlaku fluid a překročením kritické rychlosti deformace mohlo dojít ke změně duktilní deformace v rupturní. Střední sklony některých zlomových ploch, s ohledem na intruzi neovulkanitů, by podle ANDERSONOVY (1942) teorie vzniku zlomů vykazovaly tendenci poklesu. Při změně vertikálního napětí se poklesy měnily zřejmě na horizontální posuny, vzhledem ke strmě ukloněnému až subvertikálnímu sklonu zlomových ploch (obr. 5). Důkazy poklesu a horizontálního posunu mohly být většinou středně ukloněné až subvertikální karbonátové žíly (obr. 7) příp. vizuálně determinované tahové pukliny. Nebyly nalezeny důkazy přesmyků (srv. KOČANDRLE 1973).

Směry zlomových ploch (obr. 5) byly zčásti téměř souhlasné se směry některých foliací (obr. 4), což by mohlo dokazovat, že vývoj zlomů probíhal relativně krátce po vzniku foliací. Zjištěné směry zlomů by zčásti korespondovaly se směrem intruze (obr. 5) i se zlomovou linií směru SZ–JV mezi Dobřenicemi a Sezemícemi (ČECH 1988). Vývoj zlomů mohl souviset se zvýšením viskozity magmatu resp. přechodem bazaltického na fonolitické magma. Bazické magma postupně ztrácelo těžké minerály bohaté na Mg, Fe a Ca a zbytková tavenina se tak relativně nabohacovala o Si, Al, Na a K (V. Rappich, osobní sdělení). Zlomové poruchy na Kunětické hoře mohou reprezentovat důkaz neoideální terciární reaktivace labského lineamentu ve východních Čechách. Lze předpokládat, že ke vzniku zlomů došlo ještě v době nebo relativně krátce po intruzi magmatu (srv. KOČANDRLE 1973).

Geneze puklin mohla probíhat nejen důsledkem intruze magmatu, ale také vlivem odlehčení nadloží, teplotních změn a antropogenní degradace v kvartéru. Část puklin (obr. 6) by vykazovala shodu se směrem foliací (obr. 4), což by dokazovalo, že pukliny částečně vznikaly zároveň s foliací, v bezprostřední souvislosti s intruzí. Maxima orientace puklin (obr. 6) by odpovídala systémům puklin zjištěných KOČANDRLEM (1973). Systém puklin maxima A (obr. 9) představoval s ohledem na zjištění FERBARA (2002) koncentrické pukliny, naopak systém puklin maxima B (obr. 9) by odpovídal jeho systému radiálních puklin a puklin paralelních s povrchem (přikontaktních) a zároveň směrově korespondoval se směrem intruze.

Statistickým porovnáním byla zjištěna extrémně významná závislost azimutů spádu údolních os a azimutů směru foliací (tab. 4), naopak nebyla dokázána závislost údolí na azimutech směru a sklonu vrstevnatosti, puklin, zlomových ploch a azimutu sklonu foliací. Pro porovnání orientace údolních os a karbonátových žil nebyl dostatek relevantních dat.

Směry foliací mohly být hlavními strukturami, po kterých se vodní toky zařízly do podloží. Závislost údolí na azimutu směru planárních struktur by mohlo potvrzovat závěry z jiných oblastí – v povodí Cihlářského potoka u Havlíčkova Brodu (JURÁČEK 2014a, 2014b) a v povodí Výravského potoka sv. od Hradce Králové (nepubl.)

5. Závěr

Na základě terénních měření orientace geologických strukturálních prvků (vrstevnatosti, foliace, puklin, zlomových ploch a karbonátových žil) bylo sestaveno relativní pořadí dějů deformačního vývoje hornin na Kunětické hoře u Pardubic. Statisticky byly porovnány orientace geologických struktur s údolními osami.

Vlivem intruze magmatu ve svrchním oligocénu byla původní subhorizontální vrstevnatost ciocných vápňitých jílovců deformována do lokální antifomy, přičemž původní vrstevnatost byla transformována ve foliaci. Při změně duktilní deformace v rupturní vznikaly poklesy a relativně později horizontální posuny, doprovázené vývojem

karbonátových žil. Vznik zlomů na Kunětické hoře představuje doklad terciérní reaktivace labského lineamentu. Deformační vývoj dotvořil vznik puklin, jednak ještě v době intruze neovulkanitů, jednak za podmínek kvartérní modelace georeliéfu.

Statistickým porovnáním orientace geologických struktur a údolních os byla zjištěna závislost azimutu spádu údolních os na azimutech směru foliací, čímž byl potvrzen názor, že vývoj údolí je primárně závislý na směru planárních struktur.

Summary

The purpose of this paper is to present the deformation progress of the rocks on the Kunětická hora Hill near Pardubice in E of Bohemia. They were statistically compared geological structures and valley axes. They were measured the data of the orientations of bedding planes, foliations, joints, fault planes and carbonate veins by geological compass Krantz in the terrain. These data were statistically evaluated in the programme Excel and Spheristat. They were constructed countour diagrams (tectonograms). Valley axes were statistically evaluated in Excel and AutoCAD and it was also constructed contour diagram in Spheristat. Geological structures were compared to valley axes by the χ^2 -test in Excel.

Cretaceous sub-horizontal bedding planes of calcaceous claystones were deformed onto local antiform due to an intrusion of the magma in the Upper Oligocene. Original sedimentary bedding planes were expressed onto the foliations. Deformation progress was continued by normal faults and strike-slip faults. The faults were accompanied by carbonate crystallization (veins). The deformation progress was closed by a genesis of the joints related with the intrusion and the Quaternary processes in the final stage.

It was found out the relationship between the slope azimuth of valley axes and the strike of foliations by statistical comparison. Valley axes were primarily influenced by planar structures.

Poděkování

Výzkum byl finančně podpořen a. s. Elektrárny Opatovice.

Literatura

- ANDERSON E. M., 1942: The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain. *Oliver and Boyd, Edinburgh*.
- BOŘICKÝ E., 1877: Petrografická studia čedičového horstva v Čechách. *Archiv pro přírodovědecké proskoumání Čech, 2/1: 1–235*.
- ČECH S., 1988: Mapa stratoizohyps báze spodního turonu centrální části české křídové pánve. – *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1985, 27–29*.
- DEMEK J. et MACKOVČIN P. (eds.), 2006: Hory a nížiny. *Agentura ochrany přírody a krajiny, Brno*.
- FERBAR P., 2002: Stavba vulkanitů Kunětické hory u Pardubic a jejich vztah k okolí (neovulkanity, česká křída). – *Ms. [Depon in: Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno]*.
- HEROLD K., 1855: Hora Kunětická. *Živa, 3: 92–93*.
- HINTERLECHNER K., 1901: Ueber Basaltgesteine aus Ostböhmen. *Jahrbuch der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt, 50/3: 469–526*.
- HINTERLECHNER K., 1902: Ueber neue Einschlüsse fremder Gesteine im Nephelin-Tephrite des Kunětitzer Berges bei Pardubitz in Böhmen. *Verhandlungen der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt, 7: 187–194*.
- JAHN J. J., 1895: Einige Beiträge zur Kenntniss der böhmischen Kreideformation. *Jahrbuch der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt, 45/1: 125–218*.
- JAHN J. J., 1896: Basalttuff-Breccie mit silurischen Fossilien in Ostböhmen. *Verhandlungen der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt, 16: 441–459*.
- JAHN J. V., 1859: Kunětická hora. Pokus zemězpytný. *Živa, 7/4: 197–205*.

- JURÁČEK J., 2014a: Vector analysis of valley axes in concordance to geological structures. In: *Geomorfologický sborník 12. Sborník abstraktů a exkurzní průvodce konference, Ústí nad Labem: 34–35.*
- JURÁČEK J., 2014b: The evaluation of geological structure by the vector analysis of valley axes. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 58/2: 201–215.
- KOČANDRLE J., 1973: Geologie Kunětické hory. *Práce a studie Krajského střediska státní památkové péče a ochrany přírody Východočeského kraje, odd. Ochrana přírody a krajiny*, 5: 11–30.
- LIPOLD M. V., 1862: Basalte von Pardubitz. *Verhandlungen der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt: 155–158.*
- PACÁK O., 1946: Třetihorní vyvěřeliny v okolí Pardubic. *Věstník Státního geologického ústavu Československé republiky*, 21 (3–6): 249–254.
- REUSS, 1857: Mineralogische notizen aus Böhmen. *Lotos, Zeitschrift für Naturwissenschaften*, 7/Juli: 130–132.
- STRAKA J., 1985: Geologická mapa ČSR. List 13-24 Hradec Králové. *Ústřední ústav geologický, Praha.*
- ŠREIN V., ŠREINOVÁ B., LANGROVÁ A. et. ŠŤASTNÝ M. (2000): Minerály porcelanitů vrchu Čerovka a Kunětické hory u Pardubic. *Bulletin mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze*, 8: 241–249.
- VODIČKA J., 1949: Fluorit z Kunětické hory. *Příroda*, 42/3–4: 54.
- VOLŠAN V., 1968: Základní geologická mapa 1 : 25 000 M-33-68-D-c (Pardubice). Vysvětlivky ke grafickým přílohám (č. 1–6). *Ústřední ústav geologický, Praha.*
- ZIPPE F. X. M., 1833: Übersicht der Gebirgsformationen in Böhmen. *Abhandlungen der königlichen böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften, Neuer Folge*, 3: 1–88.

Došlo: 25. 9. 2014