

Síť meteostanic v prostoru lomu ČSA

Network of meteorological stations in the area of the ČSA quarry / Das Netzwerk der Meteostationen im Raum des Tagebaus ČSA

RNDR. JAN BURDA, PH.D.¹, ING. PETR URBAN², TOMÁŠ KELLERMANN¹

¹Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most

²Sev.en Inntech a.s., Most

Přijato: 27. 4. 2022, recenzováno: 17. 5 a 1. 8. 2022

ABSTRAKT

Obsahem článku je popis sítě meteostanic typu Davis Vantage Pro 2 vybudované v letech 2020 a 2021 v prostoru lomu ČSA a jejich účel, rozsah sledování a možnosti využití získaných dat. Celý článek je rozdělen do částí, které obsahují popis zkoumané lokality, rozmístění jednotlivých meteostanic, metodiky měření a popis meteostanic, a jejich možností měření. Dále se pak zabývá výsledky měření a jejich porovnáním s výsledky měření meteostanic v širším okolí, v neposlední řadě možným využitím těchto získaných dat.

The content of the article is a description of the network of weather stations of the Davis Vantage Pro 2 type built in 2020 and 2021 in the area of the ČSA quarry and their purpose, the scope of monitoring and the possibilities of using the data obtained. The entire article is divided into parts that contain a description of the investigated locality, the spatial distribution of individual weather stations, the measurement methodology and a description of the weather stations, and their measurement options. Further, it deals with the measurement results and their comparison with the measurement results of weather stations in the wider area, and last but not least, the possible use of these obtained data.

Der Artikel enthält eine Beschreibung des Netzwerkes von Meteostationen des Typs Davis Vantage Pro 2, die in Jahren 2020 und 2021 im Raum des Tagebaus ČSA ausgebaut wurden. Weiter wird der Zweck, der Verfolgungsumfang und Möglichkeiten der Nutzung von gewonnenen Daten beschrieben. Der ganze Artikel ist in Abschnitte unterteilt, die eine Beschreibung des untersuchten Standortes, die Anordnung einzelnen Messstationen, die Messmethodik und die Beschreibung der Messstationen, einschl. Messungsmöglichkeiten enthalten. Weiter befasst sich der Artikel mit den Ergebnissen der Messungen und mit dem Vergleich mit den Messergebnissen der Messstationen in der breiteren Umgebung. Nicht zuletzt auch mit der möglichen Nutzung dieser gewonnenen Daten.

Klíčová slova: lom ČSA - klimatologický monitoring - srážky - teplota - výpar

Keywords: ČSA quarry - climatological monitoring - precipitation - temperature - evaporation

1 | ÚVOD

Hnědouhelný lom ČSA společnosti Severní energetická a.s. bude v nejbližších letech v rámci stávajících ekologických limitů (usnesení vlády ČR 1991) vytěžen. Ale již v současné době probíhají práce spojené se zahlazením zbytkové jámy a úvahy o jejím budoucím využití.

Objevují se informace o možných solárních parcích na vodě a na svazích zbytkové jámy, výrobně vodíku, přečerpávací elektrárně, aquaponiích a mnoho dalších projektů.

Pro všechny výše uvedené možné varianty (a mnoho dalších) využití zbytkové jámy a také pro procesy zahlazení (rekultivační práce, zatápění) jsou důležité informace o klimatických podmínkách v předmětném území. Tyto informace mohou pozitivně nebo negativně ovlivnit zamýšlený projekt. V předchozích letech jsme využívali meteorologická data z meteostanic v širším okolí Mostecké pánve. Ale protože poskytnuté údaje z nich byly v mnoha případech rozdílné, uvědomili jsme si potřebu vybudovat vlastní síť meteostanic, která se bude nacházet v zájmovém území. Z těchto důvodů společnost Severní energetická a.s. ve spolupráci s Výzkumným ústavem pro hnědé uhlí a.s. (dále VÚHU a.s.) vybu-

dovala v letech 2020 a 2021 tři meteostanice na svazích lomu ČSA. Poloha stanic je přesně zaměřená a tyto stanice tvoří přibližně rovnoramenný trojúhelník, který obepíná celou zájmovou oblast. Jedná se o digitální bezdrátové meteostanice typu Davis Vantage Pro 2, jež jsou schopny měřit, uchovávat a předávat údaje o UV indexu a slunečním záření, tlaku vzduchu, srážkách, vlhkosti, venkovní teplotě, rychlosti větru. Dále pak ve spojitosti s volitelnými snímači, které lze na meteostanice doplnit, může být zjišťována: evapotranspirace, vlhkost listí, půdní vlhkost, sluneční záření, UV záření, UV index, teplota půdy nebo vody, index tepla/vlhkosti/větru.

2 | POPIS ZKOUMANÉ LOKALITY

Povrchový hnědouhelný lom Československé armády (dále jen ČSA) je situován na styku Mostecké pánve a jihovýchodních svahů kateřinohorské klenby v oblasti, kde se ke svahům Krušných hor přimyká antropogenní reliéf vzniklý povrchovou dobývkou hnědého uhlí lomu ČSA (širší okolí popisovaného území je zachyceno na obrázku č. 1). Regionální a lokální geologická a geografická charakteristika území byla velice detailně popsána již mnohokrát (např. Malkovský et al. 1985, Kopecký et al. 1985, Král 1968, Škvor 1975, Marek 1983, Vilímek 1995 aj.).

Vyjma geografické polohy jsou klimatické poměry lokality určeny rovněž její závětrnou polohou ve srážkovém stínu Krušných hor (Bárta et al. 1973). Lokalita se nachází na hranici teplé a mírně teplé klimatické oblasti (Quitt 1971), pro niž je charakteristický teplotní průměr nejteplejšího měsíce přesahující 18 °C a průměrné teploty nejchladnějšího měsíce pod bodem mrazu. Roční průměrná teplota v pánvi běžně přesahuje 8 °C, což je republikový nadprůměr (ČHMÚ 2005), zatímco v parovinné oblasti se pohybuje okolo 5 °C. Rozdíl průměrných teplot nejteplejšího měsíce (července) činí až 4 °C, zatímco rozdíl průměrných teplot nejchladnějšího měsíce (ledna) je menší než 2,5 °C.

Zajímavým jevem je zvýšení průměrných měsíčních teplot přibližně o 1 °C v druhé polovině 20. stol. ve stanici Kopisty. V období 1901-1950 byly průměrné měsíční teploty prvních osmi měsíců o 0,9-1,4 °C nižší než v období 1971-2020 (viz obrázek č. 2). Průměrné teploty posledních tří měsíců se v obou obdobích liší podstatně méně (o 0,6 – 0,9 °C) a průměrná zářijová teplota zůstala stejná.

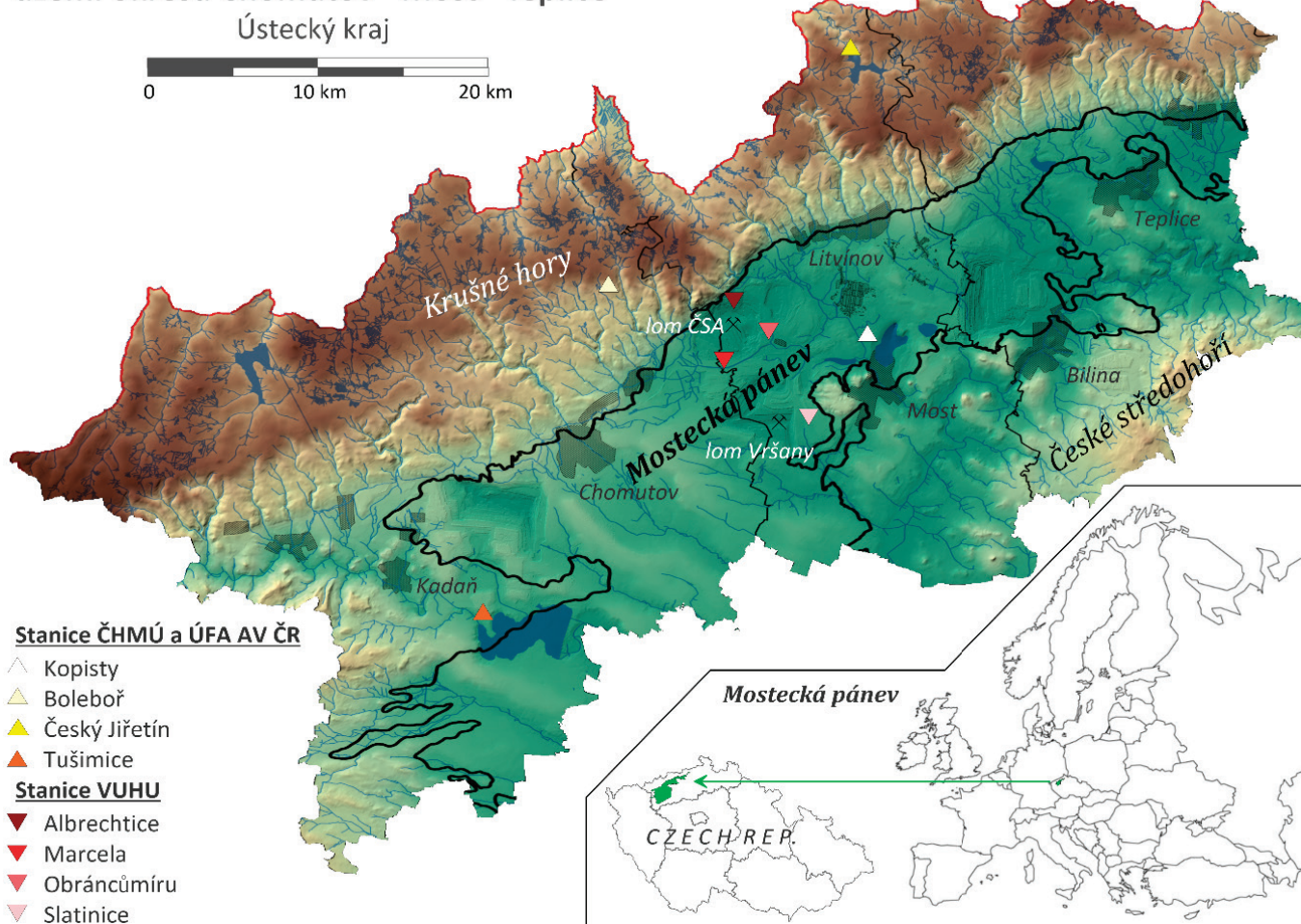
Roční srážkové úhrny se liší v závislosti na nadmořské výšce, resp. na expozici stanice vůči bariéře

Krušných hor (Bárta et al. 1973; obrázek č. 3). Ve vrcholových oblastech a na svazích Krušných hor spadne ročně 800-1 000 mm srážek a díky atlantické cirkulaci je zde roční chod srážek vyrovnaný (50-52 % letních srážek).

V prostoru Mostecké pánve se uplatňuje vliv srážkového stínu a celkové srážky jsou proto až o 50 % nižší než v horské oblasti, rovněž roste podíl letních srážek, jak ilustruje tabulka 1. Část Mostecka, reprezentovaná meteostanicemi Kopisty, Tušimice (a dříve Ervěnice), tak patří k nejsušším oblastem České republiky (ČHMÚ 2005).

Lokalita lomu ČSA při úpatí hor, resp. celý podkrušnohorský piedmont, představuje přechodnou oblast mezi srážkovým stínem Mostecké pánve a srážkově bohatým Krušnohořím. Vyjádřeno číselně, na úpatí hor spadne přibližně o ¼ až ½ více srážek než v suché pánevní oblasti. V tabulce 1 byla tato oblast historicky zastoupena stanicí Albrechtice (674 mm). Nově je pak tato specifická oblast sledována meteostanicemi VÚHU a.s. (viz obrázek č. 1).

území okresů Chomutov - Most - Teplice



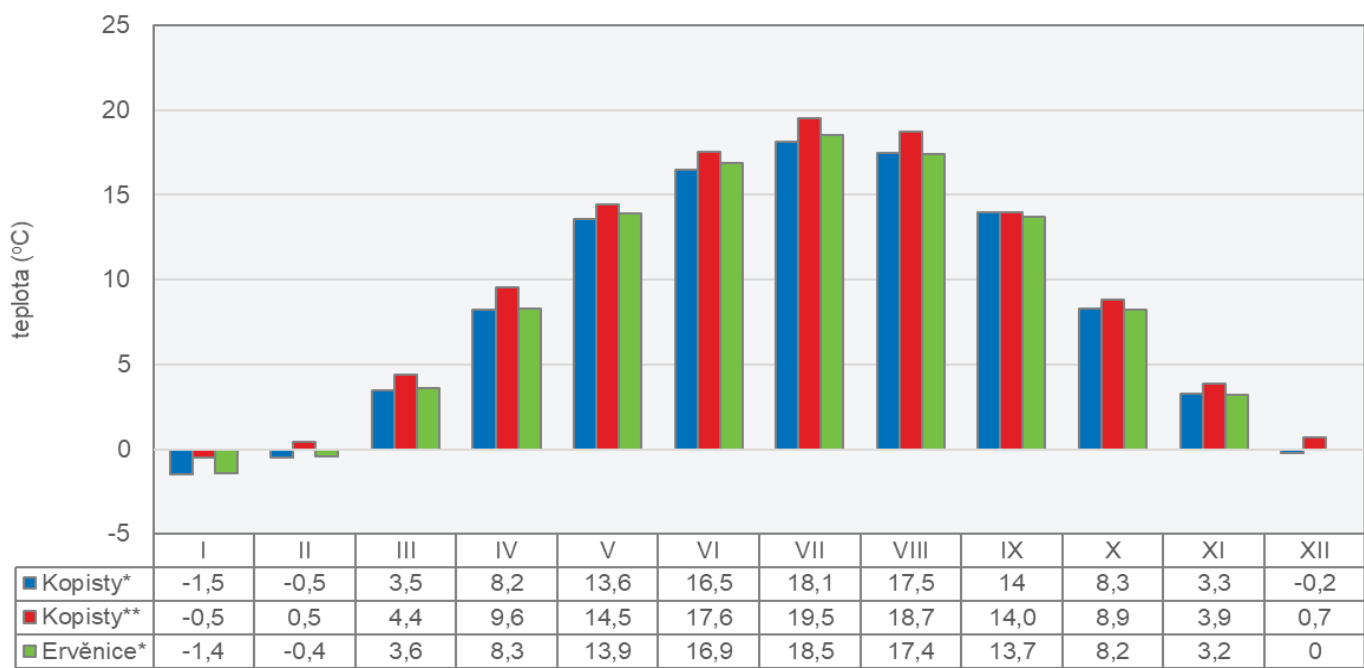
Obr. 1: Poloha lomu ČSA a vybraných meteostanic v centrální části Mostecké pánve. Poloze nových meteostanic VÚHU a.s. Albrechtice a Obránců míru přibližně odpovídá i poloha zrušených stejnojmenných meteostanic z první poloviny 20. stol.

3 | METODIKA

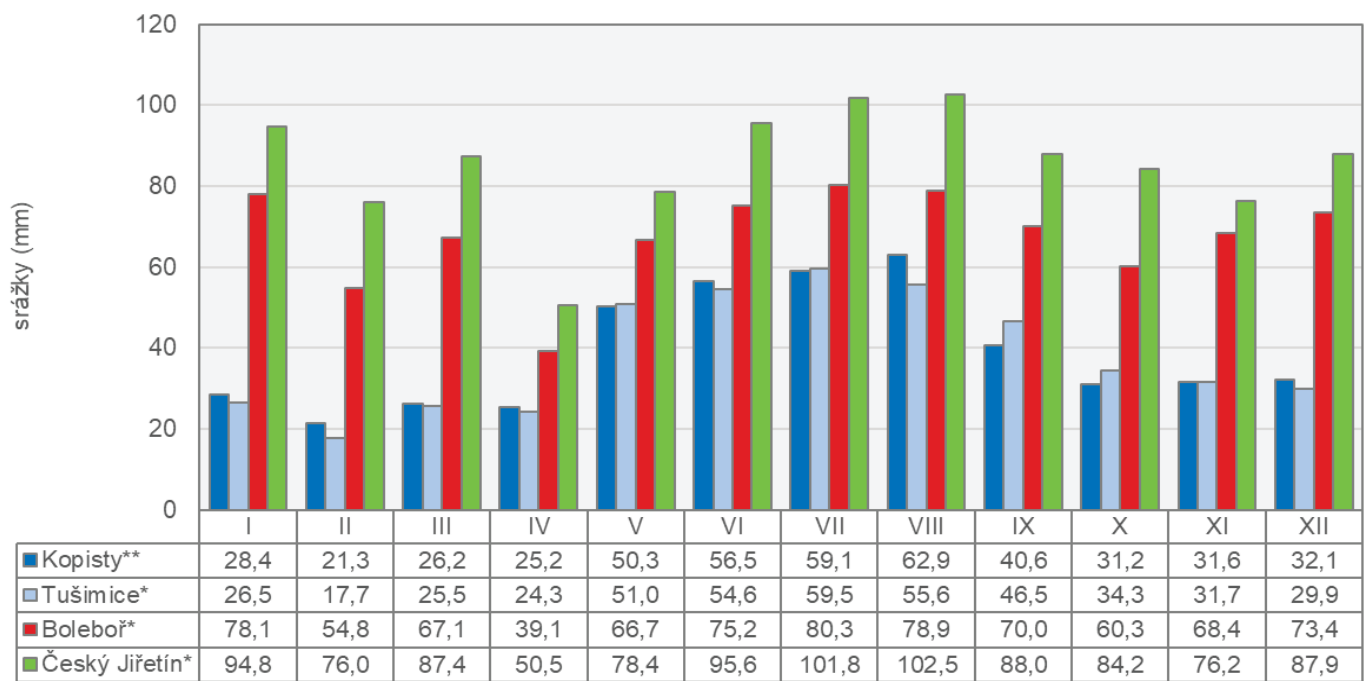
V letech 2020 a 2021 vznikla síť meteorologického a klimatického monitoringu, která pokrývá prostor centrální části Mostecké pánve, primárně v okolí lomu ČSA. Bezprostředně v lokalitě ČSA jsou rozmístěny 3 meteostanice DAVIS Vantage Pro 2, stanice Albrechtice a Marcela byly naistalovány v březnu a dubnu 2020, stanice Obránců míru (OM) pak v říj-

nu 2021. V blízké lokalitě Slatinice byla, rovněž v roce 2021, instalována čtvrtá meteostanice stejného typu.

Na stanicích OM a Slatinice jsou tedy k dispozici kompletní datové řady pouze za necelý rok, proto nebyly výsledky z těchto stanic do tohoto článku zahrnuty.



Obr. 2: Průměrná teplota v jednotlivých měsících roku na vybraných stanicích ČHMÚ a ÚFA AV ČR (zdroj dat: Bárta et al. 1973; ČHMÚ).
* období 1901-1950
** období 1971-2020



Obr. 3: Průměrné měsíční srážky. Stanice ČHMÚ a ÚFA AV ČR Kopisty a Tušimice reprezentují oblast srážkového stínu Mostecké pánve, stanice Boleboř a Český Jiřetín oblast Krušných hor (zdroj dat: ČHMÚ).
* období 1998-2020
** období 1971-2020

Tab. 1: Podíl letních a zimních srážek na ročních srážkových úhrnech na krušnohorských svazích a parovině – Boleboř a Přísečnice; v Mostecké pánvi – Kopisty, Ervěnice, a Tušimice; a na úpatí Krušných hor – Albrechtice (zdroj dat: Bárta et al. 1973; ČHMÚ).

Stanice	Nadm. výška [m]	Délka datové řady	Srážky [mm]				
			Ročně	IV - IX	X - III	VII	% letních srážek
Kopisty	239	1971-2020	465,6	294,7	171	59,1	63
Ervěnice	234	1901-1950	463	271	193	60	59
Albrechtice	300	1901-1950	674	358	316	74	53
Boleboř	600	1955-2007	819	426	390	86	52
Český Jiřetín	815	1998-2020	1023,4	516,9	506,5	101,8	50,5
Tušimice	322	1998-2020	457,2	291,5	165,7	59,5	63,8

Meteostanice Davis Pro2 jsou vybaveny datovým loggerem, vysokokapacitní baterií a solárním panelem, tudíž jsou z hlediska provozu zcela autonomní a nevyžadují (ale umožňují) připojení k elektrické a datové síti. Rozsah měřených hodnot je uveden v tabulce 2.

4 | VÝSLEDKY MĚŘENÍ V ROCE 2021

Průměrná roční teplota (obrázek č. 5 a tabulka 3) se v roce 2021 pohybovala od 8,7 do 9,1 °C a byla tak o 0,1 až 0,5 °C nižší než na stanici ÚFA AV ČR Kopisty, kde roční průměr činil 9,2 °C. Nejteplejším měsícem byl na všech meteostanicích anomálně červen, který průměrnými teplotami 19,6 až 20,2 °C převyšoval o 0,5 až 0,7 °C červencové průměry a o 2,9 až 3,2 °C srpnové průměry. Nejchladnějším měsícem byl únor s teplotními průměry v rozmezí -1,6 až -1,2 °C.

Celkové roční srážkové úhrny činily v roce 2021 585,8 až 643,2 mm a byly tak o 46 až 94 mm vyšší než na stanici ÚFA AV ČR Kopisty, kde roční srážkový

úhrn dosáhl 540,2 mm. Roční průběh srážek je dlouhodobě charakteristický převahou letních srážek (období IV. až IX.), jejichž podíl se v roce 2021 pohyboval od 65 % do 70 %. Srážkově nejbohatší měsíc byl na všech stanicích červen (s celkovými úhrny 109,6 až 151 mm).

Na stanici ÚFA AV ČR Kopisty byl v roce 2021 chod srážek více vyrovnaný, i tak však v průběhu tří srážkově nejbohatších měsíců - května (89,8 mm), června (116,1 mm) a července (85,4 mm), spadlo 54 % celkového ročního úhrnu (obrázek č. 6). Celkový roční srážkový úhrn převyšoval dlouhodobý průměr o 73 mm (o 16 %), červnové srážky převyšovaly dlouhodobý měsíční průměr o 58,4 mm (o 101 %). Na obou meteostanicích připadly nejvyšší srážkové úhrny v roce 2021 na měsíc červen.

Celkový roční výpar (udávaný v mm vodního sloupce) se v roce 2021 pohyboval od 618,7 mm do 814,8 mm (tabulka 3 a obrázek č. 7). Pouze na stanici Albrechtice byla vzájemná bilance srážek a výparu kladná, naopak na stanici Marcela byla silně záporná.



Obr. 4: Umístění meteostanic VÚHU a.s. Albrechtice (vlevo), Marcela (uprostřed) a OM (vpravo). (Foto: T. Kellermann).

Tab. 2: Rozsah měřených veličin a hodnot.

Popis	Senzor	Rozlišení	Rozsah	Přesnost (±)
Barometrický tlak	umístěn v konzole	0,1 hPa	880-1 080 hPa	1,0 hPa
Výpar	senzor solární radiace, ISS*, anemometr	0,2 mm	denní: 0-999,9 mm měsíční a roční: 0-1 999,9 mm	větší z 5 % nebo 0,25 mm
Vnitřní relativní vlhkost	umístěn v konzole	1 %	10-90 %	5 %
Venkov, rel, vlhkost, přídavný senzor relativní vlhkosti	ISS nebo stanice pro měření teploty a relativní vlhkosti	1 %	0-100%	3% do 90%
Rosný bod	ISS*	1 °C	-76 až + 54 °C	1,5 °C
Denní srážky	ISS*	0,2 mm	do 999,9 mm	větší ze: 4% nebo 1 překlopení mechanismu
Měsíční a roční srážky	ISS*	0,2 mm do 1 999,99 mm 1 mm nad 2 000 mm	do 19 999 mm	větší ze: 4% nebo 1 překlopení mechanismu
Intenzita srážek	ISS*	0,2 mm	do 19 999 mm	větší z 5 % nebo 1 mm
Solární radiace *	senzor solár, radiace	1 W/m ²	0 až 1800 W/m ²	5 %
Vnitřní teplota	umístěn v konzole	0,1 °C	0 až +60 °C	0,5 °C
Venkovní teplota	ISS*	0,1 °C	-40 až +65 °C	0,5 °C
Přídavný senzor teploty	stanice pro měření teploty a relativní vlhkosti, teplotní sonda	0,5 °C	-40 až +65 °C	0,5 °C
UV Index	UV senzor	0,1	0,4 až 16	5 %
UV dávka	UV senzor	0,1 do 20 MED 1 nad 20 MED	0 až 199 MED	5 %
Směr větru	anemometr	1°	0 až 360°	7 °C
Větrná růžice	anemometr	22,5°	16 pozic na růžici	třetina pozice
Rychlost větru	anemometr	0,5 m/s	0,5 až 67 m/s	větší z: 5 % nebo 1 m/s

* integrovaná senzorová jednotka (Integrated Sensor Suite) skládající se ze srážkoměru, anemometru, senzorů teploty a relativní vlhkosti vzduchu umístěné v radiačním štítu

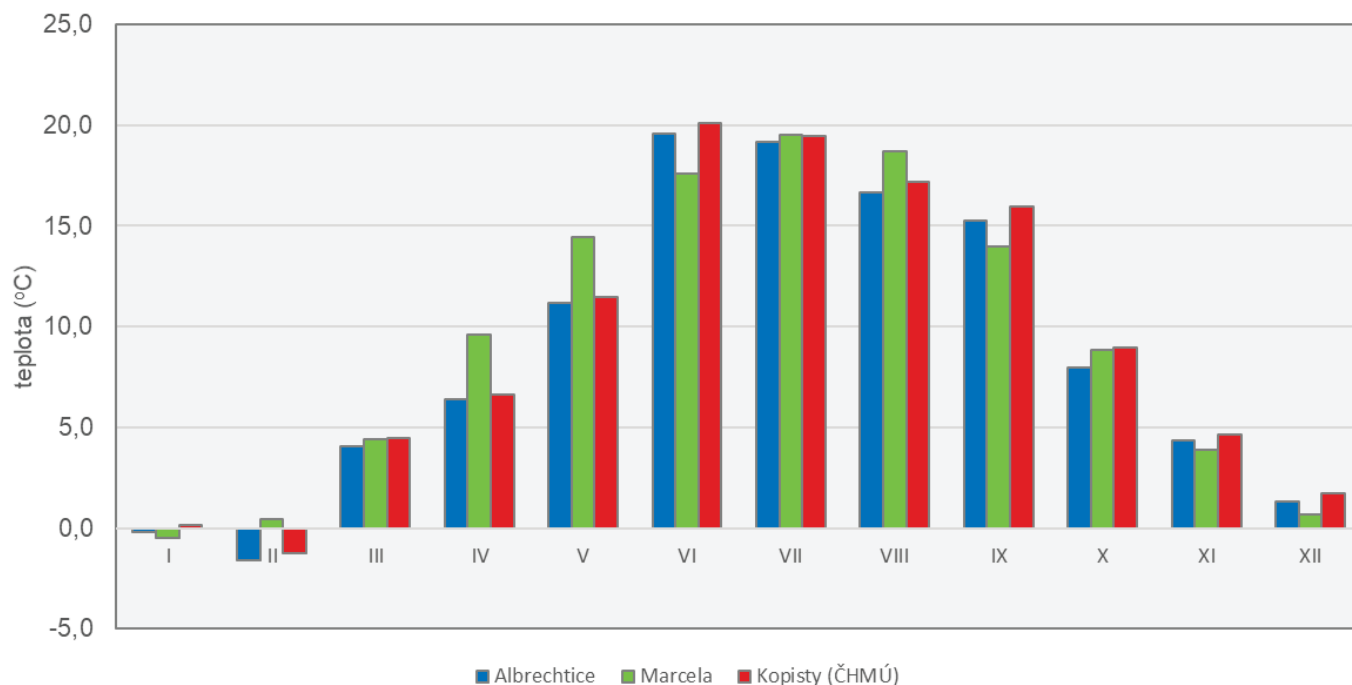
V lokalitě Marcela byla změřena solární radiace 119,5 W/m² a v lokalitě Albrechtice 107,1 W/m². Roční průběh měřené sluneční energie je zřejmý z obrázku č. 8, který uvádí průměrné měsíční hodnoty solární radiace pro jednotlivé stanice.

Z obrázku č. 9 je zřejmé, že převládající směry větru se regionálně značně liší, na stanici Albrechtice dominuje proudění WSW směru (zastoupeno více než 20 %, což udává podíl celkového času v daném roce s prouděním tohoto směru), na stanici Marcela je to severní proudění (bezmála 20% četnost). Obdobně nejednotné jsou i výsledky nejvyšších průměrných rychlostí, zatímco na stanici Albrechtice je WSW proudění zároveň prouděním s největší průměrnou rychlostí proudění 1,88 m/s, u stanice

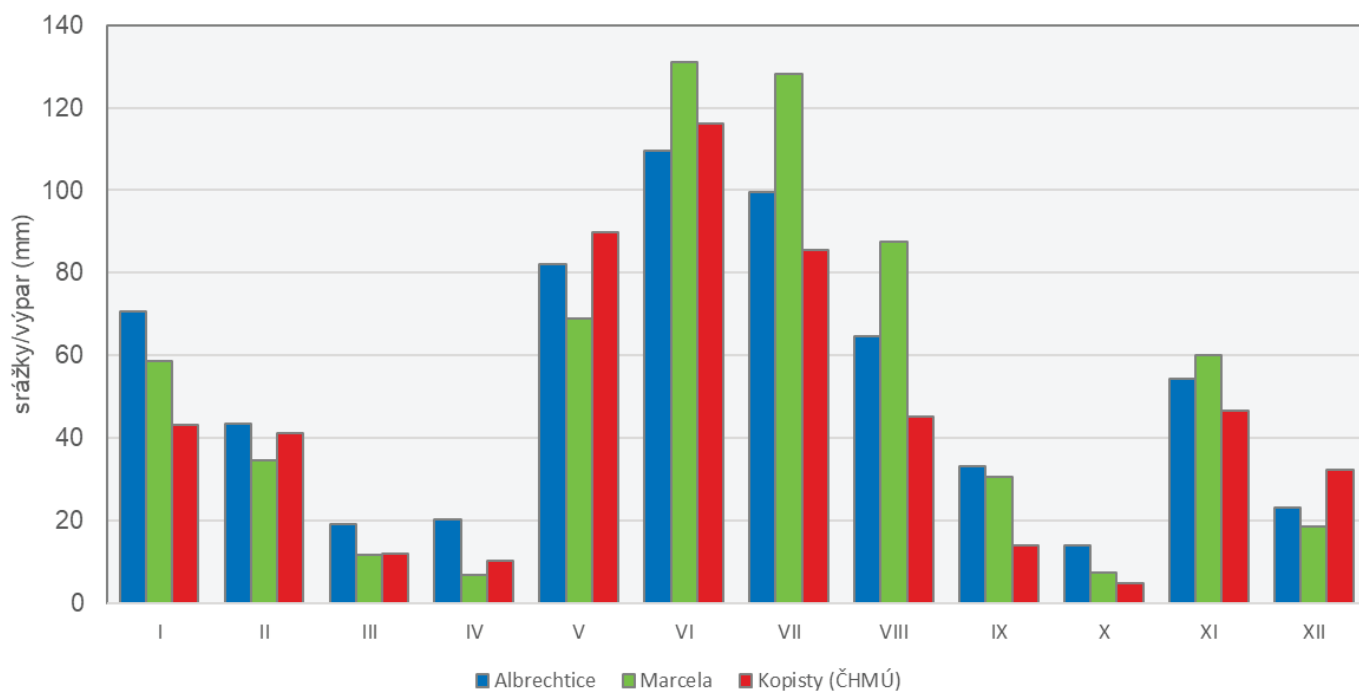
Marcela dosahují největších průměrných rychlostí proudění větry minoritně zastoupených SSE až E směrů, které dosahují největších průměrných rychlostí proudění až 4,1 m/s (obrázek č. 9).

Z výše uvedených výsledků je zřejmé, že rozdíly mezi prouděním větru, srážkami, solární radiací a výparem jsou mezi stanicemi Albrechtice a Marcela poměrně zásadní. I když pro seriózní interpretaci těchto rozdílů není v současné době dostatečná časová řada, lze usuzovat, že výše uvedené disparity mohou pravděpodobně souviset s poměrně zásadní regionálně-geografickou odlišností prostředí obou stanic. Stanice Marcela je situována v pánevním prostoru, bezmála 3 km od horského úpatí a je zcela obklopena antropogenním terénem bez význam-

Obr. 5: Průměrné měsíční teploty na jednotlivých meteostanicích v roce 2021 (zdroj dat: VÚHU, ÚFA AV ČR).



Obr. 6: Celkové měsíční srážky na jednotlivých meteostanicích v roce 2021 (zdroj dat: VÚHU, ÚFA AV ČR).

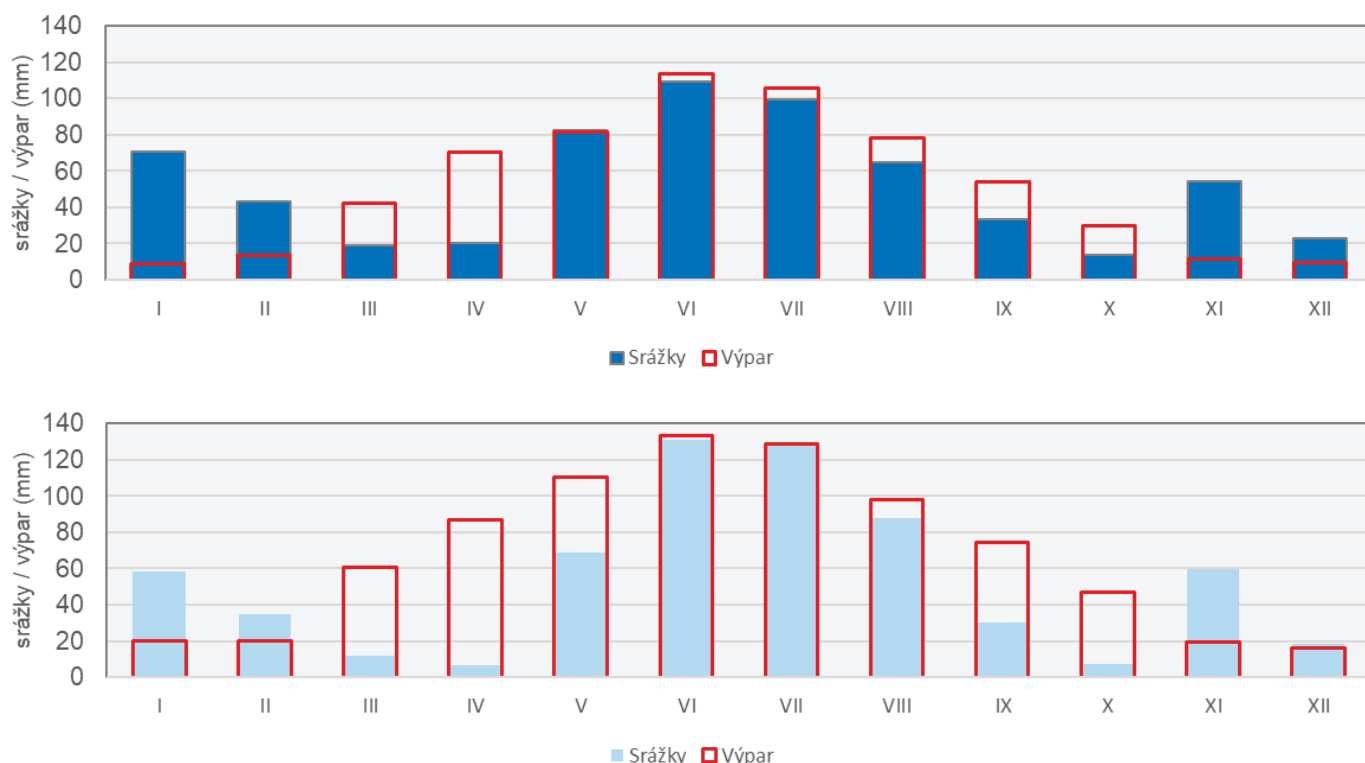


Tab. 3: Výsledky vybraných měřených veličin a hodnot v roce 2021.

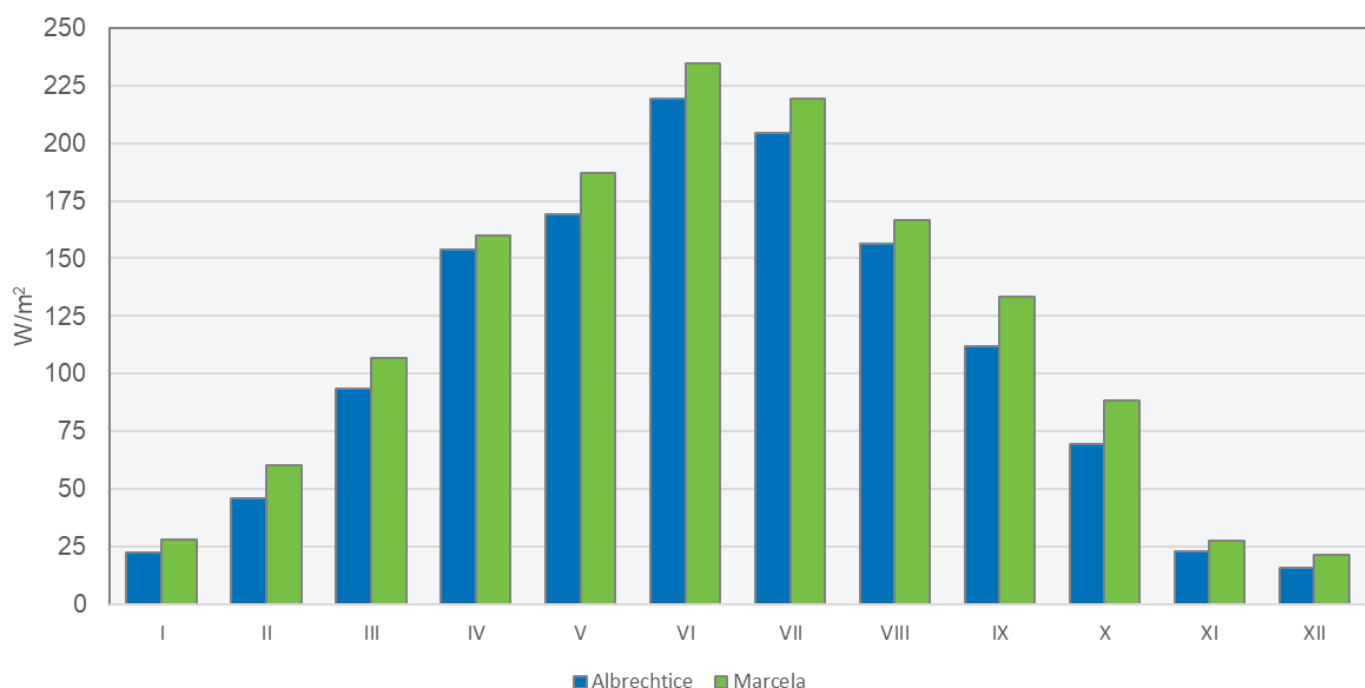
Stanice	Prům. roční teplota [°C]	Odchylka od Kopist [°C]	Celkové roční srážky [mm]	Odchylka od Kopist [mm]	Celkový roční výpar [mm]	Rozdíl: srážky – výpar [mm]
Albrechtice	8,7	-0,5	633,8	+93,6	618,7	+15,1
Marcela	9,1	-0,1	643,2	+103	814,8	-171,6
Kopisty	9,2*	-	540,2**	-	N/A	N/A

* průměrná teplota 9,2 °C naměřená v roce 2021 na stanici ÚFA AV ČR Kopisty je nejnižší průměrnou teplotou od roku 2013, kdy byla průměrná teplota 8,8 °C

** celková roční srážka 540,2 mm naměřená v roce 2021 na stanici ÚFA AV ČR Kopisty je nejvyšším ročním srážkovým úhrnem od roku 2013, kdy spadlo 5 87,1 mm srážek



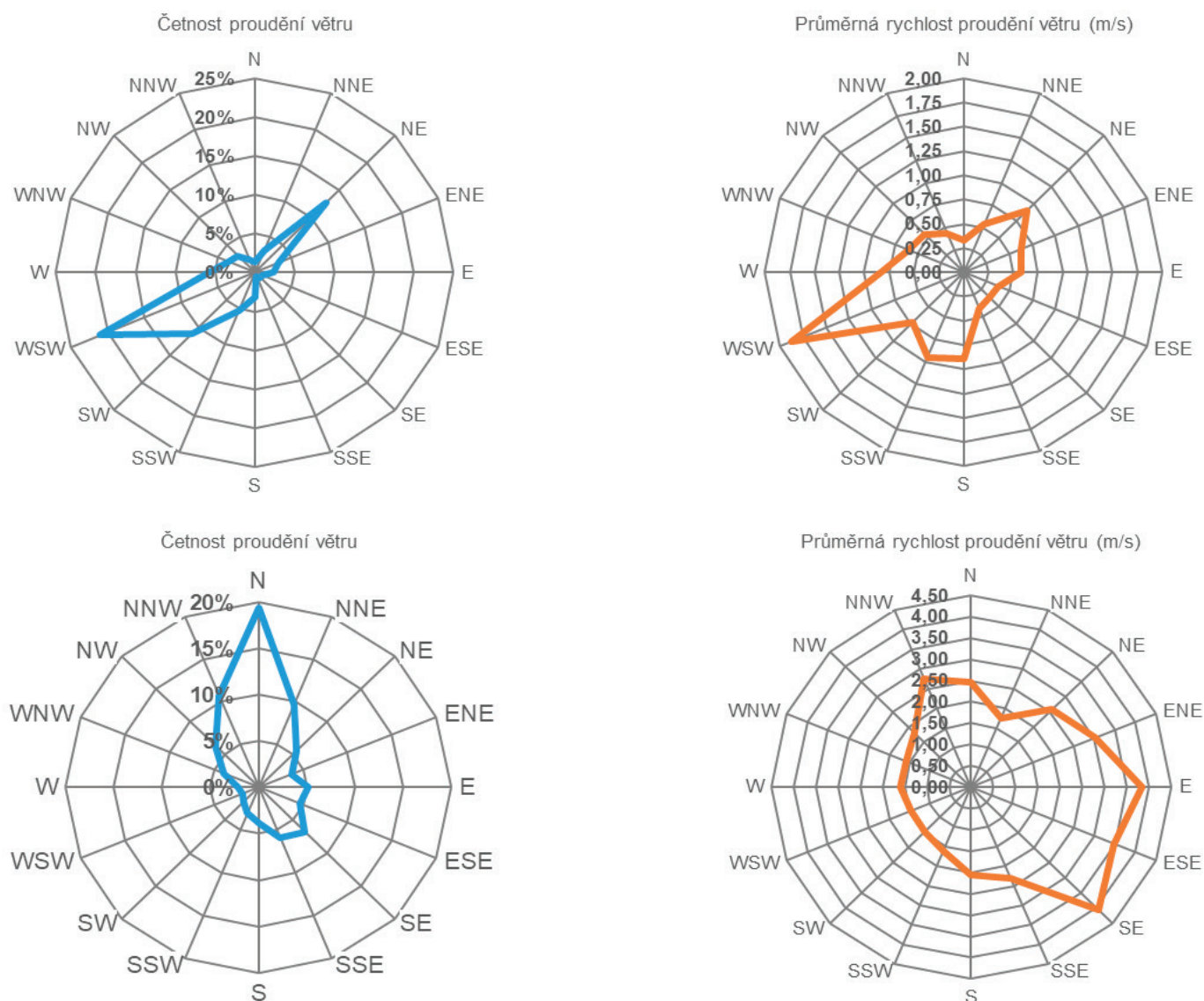
Obr. 7: Porovnání celkových měsíčních srážkových úhrnů a výparu na jednotlivých stanicích v roce 2021 – nahoře: Albrechtice; dole: Marcela (zdroj dat: VÚHU a.s.).



Obr. 8: Průměrné měsíční hodnoty solární radiace pro jednotlivé stanice v roce 2021 (zdroj dat: VÚHU a.s.).

ných orografických bariér. Naproti tomu stanice Albrechtice je umístěna bezprostředně při úpatí horské bariéry krušnohorského svahu a na horní hraně lomu ČSA. Měření tak mohou zaznamenávat mimo jiné i předpokládané mikroklimatologické jevy (silné a často turbulentní vertikální proudění, střih větru, vysoký teplotní gradient aj.) spojené

s enormním převýšením až 700 m na krátké vzdálenosti 2,5 až 3 km (Marek 2006). Všechny tyto hypotézy bude však nutno jednoznačně doložit a vyjasnit na základě pokračujících měření.



Obr. 9: Roční četnosti a průměrné rychlosti proudění vzduchu v roce 2021 – nahoře: Albrechtice; dole: Marcela (zdroj dat: VUHU a.s.).

5 | ZÁVĚR

Výsledky měření sítě meteostanic na lomu ČSA jsou důležitým zdrojem informací pro mnohé studie související se zahlazováním zbytkové jámy, ale i projektů možného budoucího využití zbytkové jámy, a proto je jejich instalace velkým přínosem. Jediné negativum vidíme v čase jejich vybudování, jelikož k získání relevantních údajů jsou potřeba delší časové řady jednotlivých měření, které zobrazují současný klimatický stav, ale i ukazují trendy možného vývoje.

Prováděný monitoring je prozatím krátký a ucelená data jsou k dispozici ze dvou stanic - Albrechtice a Marcela. Pro detailnější statistické vyhodnocení nasbíraných dat i pro podložené zdůvodnění některých zásadních odlišností u jednotlivých lokalit, jako jsou rozdílné směry proudění větru, rozdíly v měřeném výparu a sluneční radiaci mezi stanicemi Albrechtice a Marcela, jsou tato data prozatím nedostatečná.

Právě z těchto důvodů byla v roce 2021 instalována meteostanice stejného typu i do prostoru výsypky Slatinice, společnosti Vršanská uhelná a.s. (viz obrázek č. 1), kterou bychom v nejbližší době chtěli doplnit opět minimálně dvěma meteostanicemi, tzn. že v případě lomu Vršany bude k dispozici ucelená řada klimatických údajů v době, kdy dojde k jeho zahlazování a uvažám o jeho budoucím využití.

LITERATURA

- [1] BÁRTA, Z., BRUS, Z., HURNÍK, S., TOBĚRNÁ, V., TYRNER, P.: Příroda Mostecká. Severočeské nakladatelství, Ústí n. Labem, 208 s., 1973.
- [2] ČHMÚ: Dlouhodobé normály klimatických hodnot za období 1961–1990. [cit. 2012-2-3], <http://old.chmi.cz/meteo/ok/okdata12.html>.
- [3] KRÁL, V.: Geomorfologie vrcholové části Krušných hor a problém paroviny. Rozpravy Československé akademie věd, 78, č. 9, Praha, s. 42-49, 1968.

- [4] KOPECKÝ, L., KVĚT, R., MAREK, J.: K otázce existence krušnohorského zlomu. Ústř. Úst. Geol., 6, Brno, s. 164-168, 1985.
- [5] MALKOVSKÝ, M., ed.: Geologie Severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí. Academia, Praha, 424 s., 1985.
- [6] MAREK, J.: Inženýrsko-geologický průzkumu stability zámku Jezeří v předpolí uhelného velkolomu. Geolog. Průzk., 25, s. 234-236, 1983.
- [7] MAREK, J.: Jezeří znovu v ohrožení? (Část II.). Geotechnika, č. 1, s. 3-13, 2006.
- [8] QUITT, E.: Klimatické oblasti Československa. Studia Geographica 16, GÚ ČSAV, Academia, Brno, 73 s., 1971.
- [9] ŠKVOR, V.: Geologie české části Krušných hor a Smrčin. Academia, Praha, 119 s., 1975.
- [10] VILÍMEK, V.: Quarternary development of Kateřinohorská vault relief in the Krušné hory mountains. AUC Geographica, 30, s. 115-137, 1995.