

Impact of the land cover and land use changes on rainfall runoff processes in catchment area of the Jičínka river

Vliv změny krajinného krytu na srážkoodtokové poměry v povodí Jičínky

Jana MIČULKOVÁ^a, Eva AUXTOVÁ^b, Milan TRIZNA^c

^aOstravská univerzita v Ostravě, miculkova.jana@centrum.cz

^bČHMÚ Ostrava, elelek@m-zone.cz

^cUniverzita Komenského v Bratislavě, trizna@fns.uniba.sk

Abstract

The changes of land use or land cover have direct impact on rainfall runoff conditions in catchment area. There were devastating floods in the Jičínka river catchment in the summer of 2009. This is the reason for creating the concept of the right landscape management considering the reduction of extreme rainfall runoff events. It was used the SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) methodology for the simulation of the direct flow. The model was calibrated by real data from rainfall runoff events. Using the model, four land cover or land use changes in the catchment area were simulated (deforestation, forestation and changes in plough land use). Results were compared with initial situation. Observed information includes volume of total direct flow and depth of runoff from particular parts of the catchment area. Results can be used for the town and country planning. Sensitivity analysis was made to show how sensitive the computed runoff is to changes in the values of precipitation, initial abstract coefficient and CN.

Keywords: land use, land cover, Jičínka catchment, rainfall runoff model, SCS-CN method

Klíčová slova: land use, land cover, povodí Jičínky, srážkoodtokový model, metoda SCS-CN

1. Úvod

V povodí Jičínky se 24.června 2009 vyskytla katastrofální přívalová povodeň, kdy hladina Jičínky např. v Novém Jičíně stoupla během dvou hodin téměř o pět metrů. Voda s sebou nesla množství splavenin a materiálů, ničila lidské stavby a vyžádala si také lidské životy (ČHMÚ 2009). V průběhu letošního léta se opět ukázalo, že do budoucnosti je nutné počítat s výskytem přívalových povodní, které mohou s případnými změnami klimatu narůstat. Změny krajinného krytu mají přímý vliv na srážkoodtokové poměry v povodí, a proto je vhodné s ohledem na zmírnění extrémních srážkoodtokových jevů poznat vztahy v této oblasti. Srážkoodtokové modely jsou tak předmětem zájmu současné hydrologie. Příspěvek je zaměřen na výpočet výšky povrchového odtoku při simulacích změny krajinného krytu a analýzu citlivosti výpočtu odtoku.

2. Hydrologické poměry

Modelovým územím je povodí řeky Jičínky, které se nachází v povodí řeky Odry. Nejvyšší části povodí zasahují do Moravskoslezských Beskyd. Řeka teče přibližně SSZ směrem, protéká Novým Jičínem a pod obcí Kunín ústí přímo do Odry. Jičínka pramení v západní části Radhošťské hornatiny – Hodslavickém Javorníku na severovýchodním svahu Kamenárky ve výšce 630 m n. m. Povodí zahrnuje plochu 113,9 km², průměrný průtok je 1,21 m³.s⁻¹ (Kříž 2004). Tok dosahuje

délky 25,8 km a pod obcí Kunín ústí do řeky Odry ve výšce 243 m n.m. Jedná se o protáhlý typ povodí (Vlček 1983). V povodí se nachází vodoměrná stanice Šenov pro pozorování vodních stavů a průtoků.

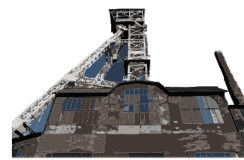
3. Metoda SCS-CN

Pro výpočet odtoku byla použita metoda SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number). Metoda slouží pro výpočet objemu přímého odtoku při zadaném množství srážek pro zemědělské plochy, ale i lesní a urbanizované areály (Mishra, Singh 2003). Nejproměnlivější složkou celkového odtoku je přímý odtok, který způsobuje největší škody a je nejvíce ovlivnitelný lidskou činností (Gajdošík et al 2005).

Základními jednotkami modelu jsou dílčí areály („mikropovodí“), které jsou charakterizovány půdními poměry, typem pokryvu a využití krajiny. Z hodnot srážek byly metodou SCS-CN odvozeny hodnoty objemu přímých odtoků a následně byl model kalibrován pomocí reálných dat ze srážkoodtokových událostí. Nejnížší odchylka mezi reálnými a simulovanými hodnotami byla dosažena u události z roku 1986. Tato událost byla proto použita při simulaci změny krajinného krytu.

4. Simulace změn v krajině

Pomocí vytvořeného modelu byly simulovány změny v krajině a sledován vliv této změny na přímý odtok.



Zaměřili jsme se zejména na lesní plochy a ornou půdu. Tyto plochy pokrývají velkou část studovaného území a jsou důležitým faktorem při tvorbě odtoku. Častější výskyt ničivých vichřic (např. Kyrill v roce 2007, Emma v roce 2008) může způsobit rozsáhlá odlesnění a zvýšit tak povodňové riziko. Orná půda zabírá na našem území velké plochy a charakter pokryvu a její využití plně ovlivňuje člověk. Odtokové poměry z těchto ploch jsou sledovány z důvodu povodňové hrozby i kvůli erozi půdy. Pomocí modelu je simulována pozitivní i negativní změna v obdělávání půdy. Pro jednotlivé simulované situace byly zjišťovány i hodnoty odtoků při dvojnásobné velikosti srážky.

Simulace 1 předpokládá odlesnění celkové plochy povodí, například v důsledku vichřice. Lesy se vyskytují na 25,4 % plochy povodí. Všechny tři kategorie lesů byly nahrazeny křovinami s pokryvem 50 %. Výsledné hodnoty CN se tak zvýšily.

V simulaci 2 byla kategorie louky a pastviny a zemědělské oblasti s přirozenou vegetací nahrazena smíšeným lesem, rozloha lesů se tak zvýšila o 18,4 %. Při zvýšení zalesnění se hodnoty CN mírně snížily.

K pozitivní změně ve využití orné půdy s kladným vlivem na srážkoodtokové procesy došlo při simulaci 3. V kategorii nezavlažovaná orná půda (41,1 % plochy povodí) byly změněny CN hodnoty na minimální možné, které odpovídají obilninám obdělávaným po vrstevnicích.

Oproti tomu simulace 4 předpokládá negativní změnu ve využití orné půdy, kdy v kategorii nezavlažovaná orná půda byly hodnoty CN změněny na maximální možné odpovídající okopaninám obdělávaným bez ohledu na sklon pozemku, tedy i po spádnicí. Jde o nejméně vhodné plodiny a způsob obdělávání pro tvorbu odtoku.

4.1. Výsledky modelování

V následujících tabulkách lze nalézt objemy přímých odtoků pro všechny simulace a jejich porovnání s výchozím stavem. Srážkoodtoková událost trvala tři dny, proto srážky i výsledné hodnoty jsou součtem za tři dny. Výpočet je veden pro index předcházejících srážek III, neboť srážkoodtokové události předcházely týdenní srážky, tedy i vysoká půdní vlhkost.

Tab. 1: Výsledky modelování

	Objem přímého odtoku [m ³]	Rozdíl v přímém odtoku vůči S0 [m ³]	Rozdíl v přímém odtoku vůči S0 [%]
Výchozí stav	3 611 048	0	0
Simulace 1	3 844 942	233 894	6,48
Simulace 2	2 669 545	-941 503	-26,07
Simulace 3	3 319 906	-291 142	-8,06
Simulace 4	3 802 664	191 616	5,31

Tab. 2: Výsledky modelování pro dvojnásobnou výšku srážky

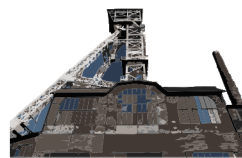
	Objem přímého odtoku [m ³]	Rozdíl v přímém odtoku vůči S0 [m ³]	Rozdíl v přímém odtoku vůči S0 [%]
Výchozí stav	9 399 787	0	0
Simulace 1	9 841 510	441 723	4,70
Simulace 2	7 300 096	-2 099 691	-22,34
Simulace 3	9 008 219	-391 568	-4,17
Simulace 4	9 635 154	235 367	2,50

Z tabelárních výstupů vyplývá, že po odlesnění dojde ke zvýšení přímého odtoku, zato při zvětšení plochy lesa lze pozorovat výrazné snížení přímého odtoku. Změny na orné půdě mají předpokládané pozitivní či negativní účinky. Zajímavé je srovnání odchylek pro původní a dvojnásobnou výšku srážek. U dvojnásobné výšky srážek se změny v krajině jeví jako méně významné. Procentuální odchylky mezi jednotlivými situacemi jsou menší, u orné půdy přibližně o polovinu. U lesa není pokles významu tak patrný, neboť kategorie, kterou byl nahrazen, nebo které nahradil, mají relativně kladný vliv na odtokový proces. Oproti orné půdě mají vyšší retenční

schopnost. Lze konstatovat, že s rostoucím srážkovým úhrnem se vliv krajinného krytu (i jeho změna) na odtokové procesy snižuje, protože retenční kapacita krajiny má svá omezení a déšť postupně přechází v přímý odtok jako celek.

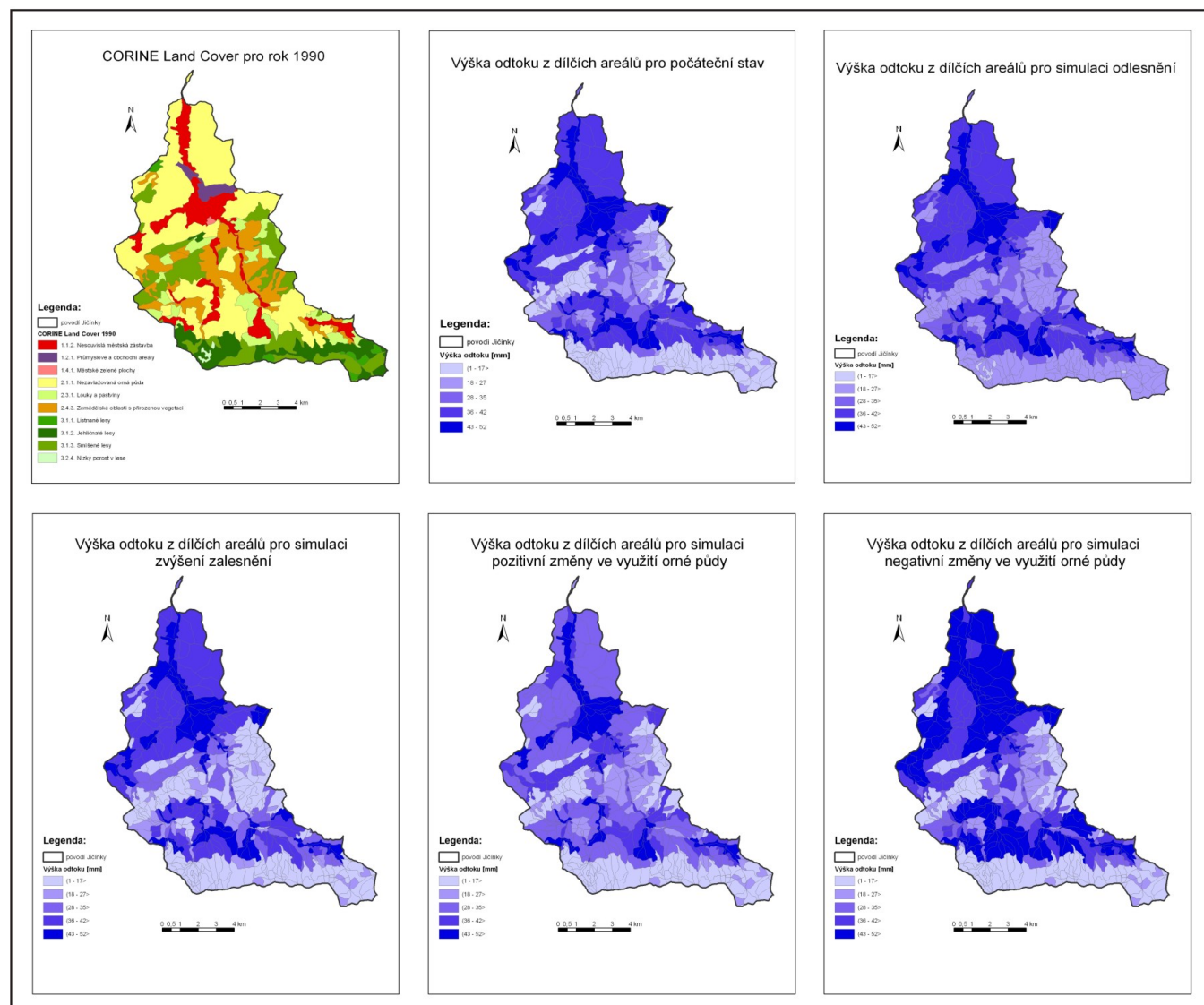
4.1.2. Výška odtoku

Mapové výstupy zobrazují prostorové rozložení odtoku z povodí, kdy je dílčím areálům přiřazena výška odtoku. Výšku odtoku lze porovnat s výškou vstupní srážky 57,1 mm. Pro lepší přehlednost jsou mapy doplněny mapou



s kategoriemi krajinného krytu CORINE Land Cover

z roku 1990.



Obr. 1: Výsledky simulace změny krajinného krytu

Zdroj: VÚV TGM, ČUZK, CENIA, VÚMOP, ÚHUL, ČHMÚ

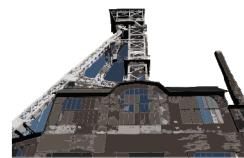
Zpracovala: Jana Mičulková

Lesní plochy zadržely velkou část srážky. Přímým odtokem oteklo pouze 1 až 17 mm, tedy 34 až 51 mm srážek bylo lesem zadrženo. Použité srážkoodtokové události předcházely týdenní srážky, výsledná retenční kapacita by při předcházejícím suchém období mohla být větší. Navíc přímý odtok z lesních ploch je z velké části tvořen hypodermickým odtokem, což způsobuje zpoždění vody proti povrchovému odtoku. Tímto dochází ke snížení kulminačních průtoků způsobující největší povodňové škody (Česká lesnická společnost 2003).

Po odlesnění se výška odtoku zvýšila asi o 10 mm. Les byl nahrazen kategorií křovin s pokryvem pod 50 %, která má také kladný vliv na srážkoodtokové procesy.

Opačný efekt lze pozorovat u simulace zalesnění. Odlesnění nemá tak negativní vliv na odtokové poměry jako výskyt orné půdy a městské zástavby, které stále vynikají. Je ale třeba si uvědomit, že kalamiťní odlesnění bývá doprovázeno těžbou dřeva a mechanickými zásahy na těchto plochách a při narušení půdního krytu lze předpokládat zvýšení přímého odtoku.

Výška odtoku z orné půdy se pohybuje v rozmezí 36 až 42 mm. Orná půda byla schopna zadržet jen 9 až 15 mm srážek v průběhu tří dnů. Při pozitivní změně na orné půdě se odtok vody snížil a přiblížil se tak například kategorii křovin, při negativní změně dosahují některé plochy stejných hodnot jako městská zástavba, u které byly zaznamenány největší výšky odtoku. Simulace na



orné půdě ukazují velké rozpětí vlivů orné půdy na krajinu. Změnou způsobu obdělávání lze přímý odtok výrazně snížit nebo zvýšit. Tyto plochy zabírají velkou rozlohu nejen povodí Jičinky, ale celého našeho území, proto je třeba se této problematice více věnovat.

5. Analýza citlivosti

Analýza citlivosti výpočtu odtoku určuje jak velmi je výpočet odtoku citlivý na změny vstupních parametrů - výšky srážek, retenčního parametru a hodnot CN, které

jsou měřeny s určitou neurčitostí. Byla použita analýza citlivosti prvního stupně (Mishra, Singh 2003). Při výpočtu byl použit vztah:

$$S_Q^2 = \left(\frac{\partial g}{\partial H_s} \right)_{H_s}^2 S_{H_s}^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial \lambda} \right)_{\lambda}^2 S_{\lambda}^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial CN} \right)_{CN}^2 S_{CN}^2,$$

kde S_Q^2 je odchylka odtoku, H_s je výška srážek, λ je retenční parametr, CN je hodnota CN křivky a g je funkce dle Mishra, Singh (2003).

Tab. 3: Analýza citlivosti odhadu odtoku zpracovaná pro simulace změny krajinného krytu

Nepřesnost dat v %	$S_Q^2(H_s)$				$S_Q^2(\lambda)$			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
-10%	9,87	9,81	9,82	9,84	23,42	26,67	26,79	24,54
-5%	4,97	4,95	4,95	4,95	9,15	10,95	11,00	9,80
0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5%	5,00	4,98	4,98	4,99	3,81	5,87	5,91	4,70
10%	9,99	9,98	9,98	9,98	5,85	9,82	8,34	9,44
Nepřesnost dat v %	$S_Q^2(CN)$				$S_Q^2(H_s, \lambda, CN)$			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
-10%	1,50	1,56	1,56	1,53	25,55	28,64	28,70	26,70
-5%	0,72	0,75	0,75	0,74	10,53	12,21	12,21	11,20
0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5%	0,67	0,69	0,70	0,67	6,79	8,54	8,32	7,85
10%	1,25	1,32	1,32	1,28	12,13	15,30	14,37	14,72

Z tabulky 3 vyplývá, že výsledky jsou nejméně ovlivněny změnou či nepřesností hodnot CN. Se vzrůstající odchylkou vstupních dat roste také rozdíl mezi výslednými hodnotami. Žádná simulace není extrémně stabilní. Výsledky všech simulací jsou ovlivněny chybou při stanovení zejména množství srážek a retenčního parametru. Výsledný odtok se bude při zvýšení či snížení o 5 % nebo 10 % lišit o odchylku uvedenou v tabulce pro jednotlivé simulace.

Závěr

Změna krajinného krytu má evidentně vliv na srážkoodtokové procesy, ale při extrémních srážkových úhrnech, nebo při vyšším nasycení půdy, se tyto vlivy ztrácejí. Zejména u orné půdy je patrné, že pouhou změnou obdělávání lze výrazně ovlivnit přímý odtok. Je tedy nutné

z důvodu velké náchylnosti orné půdy k erozi a skutečnosti, že velká část srážkové vody z orné půdy odteče, správně volit osevní postupy. Pro modelování přímého odtoku z orné půdy je nutné zjistit její reálné využívání a způsob obdělávání v minulosti i do budoucnosti. Z důvodu změny vlastníků půdy a neexistence osevních plánů je toto v povodí Jičinky neuskutečnitelné. Zjištění poznatky je proto nutné ověřit i v jiných povodích. Výsledné výstupy mohou být podkladem pro návrh územně-plánovací dokumentace.

Použité zdroje:

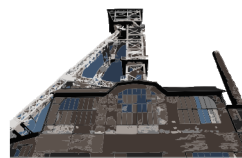
AUXTOVÁ, E. (2009): Vliv změny struktury krajiny na srážkoodtokové procesy v povodí řeky Jičinky. Ostrava, 77 s. Diplomová práce (Mgr.). Ostravská Univerzita v Ostravě, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie.

Česká lesnická společnost (2003): Lesy a povodně: celostátní seminář. Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad černými lesy, 80 s.

ČHMÚ (2009): Vyhodnocení přívalových povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky [online]. Praha, poslední úprava 20.07.2010 [cit. 2010-8-27]. Dostupné z WWW: <<http://voda.chmi.cz/ps09/index.html>>.

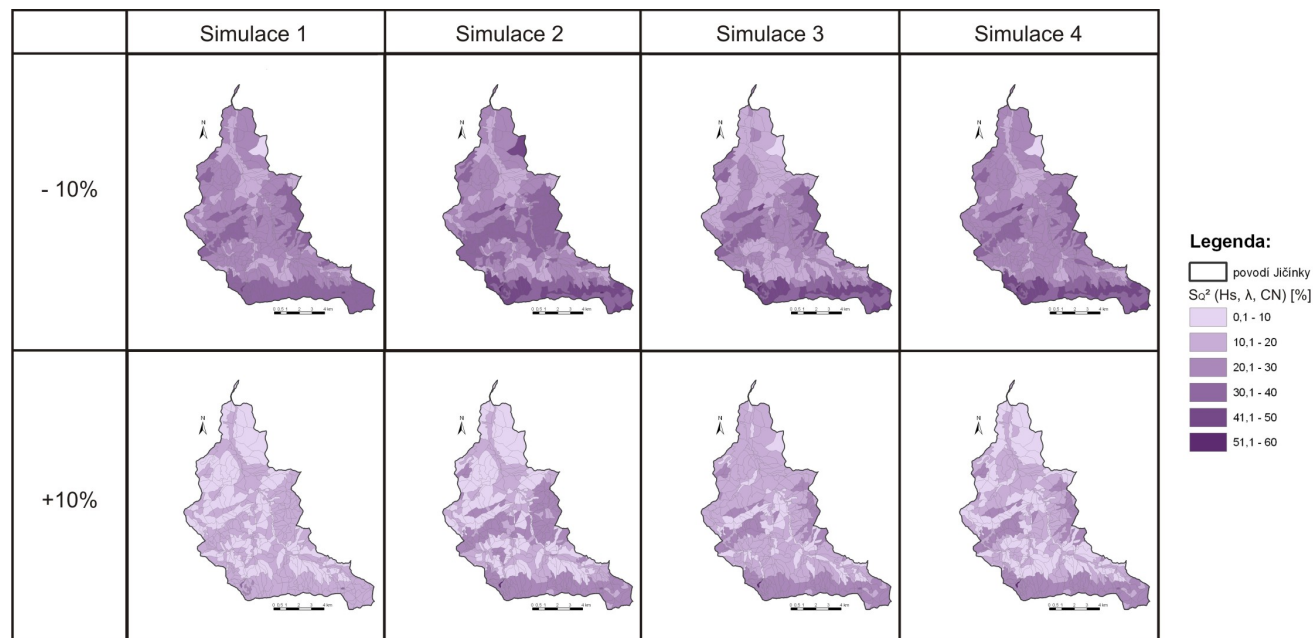
GAJDOŠÍK, P., ŠULÍK, V., TRIZNA, M. (2005): Vplyv změny priestorovej štruktúry krajiny na odtok vody z povodia. In Geografické spektrum 4. Geo-grafica, Bratislava, 64 s.

KŘÍŽ, V. (2004): Moravskoslezský kraj - klimatické a hydrologické poměry: výzkumná zpráva č.1/2004/KFEGG. Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava, 43 s.



MISHRA, S.K., SINGH, V.P. (2003): Soil conservation service curve number (SCS-CN) methodology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 513 s.

VLČEK, V. et al (1984): Vodní toky a nádrže: zeměpisný lexikon ČSR. Academia, Praha, 315 s.



Obr. 2: Prostorové rozmístění citlivosti odhadu odtoku pro simulace změny krajinného krytu

Zdroj: VÚV TGM, ČUZK, ČENIA, VÚMOP, ÚHUL, ČHMÚ

Zpracovala: Jana Mičulková

Adresa autorů:

Mgr. Jana Mičulková
 Katedra fyzické geografie a geoekologie
 Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity
 Chittussiho 10
 710 00 Ostrava - Slezská Ostrava
miculkova.jana@centrum.cz

Mgr. Eva Auxtová
 K myslivně 3/2182
 708 00 Ostrava-Poruba
elelek@m-zone.cz

Doc. RNDr. Milan Trizna, PhD.
 Katedra fyzickej geografie a geoekológie
 Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského
 Mlynská dolina
 842 15 Bratislava 4
trizna@fns.uniba.sk