Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Martin PEŠKO

IDENTIFIKACE ŘÍČNÍHO PIRÁTSTVÍ VODNÍCH TOKŮ Z DMR

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Tuček, Ph.D.

Olomouc 2011

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci bakalářského studia oboru Geoinformatika a geografie vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Pavla Tučka, Ph.D..

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 24. května 2011 _____

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Pavlu Tučkovi, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále bych rád poděkoval RNDr. Michalu Bílovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD 6
1 CÍLE PRÁCE..... 7
2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ 8
2.1 Použitá data 8
2.2 ArcGIS 8
2.3 Extenze ArcGIS 9
2.4 Rastrový model a fokální funkce 10
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY 11
3.1 Činnost tekoucí vody..... 11
3.2 Teorie říčního pirátství..... 12
3.3 Mechanismy zapříčiňující vznik říčního pirátství..... 13
3.4 Typy říčního pirátství..... 14
3.5 Znaky říčního pirátství 18
4 VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ 20
5 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ..... 21
5.1 Geologie zájmového území..... 21
5.2 Geomorfologie zájmového území..... 22
6 MODEL ŘÍČNÍHO PIRÁTSTVÍ 23
6.1 Tvorba ideálního modelu 24
7 ANALÝZY DIGITÁLNÍHO MODELU RELIÉFU..... 26
7.1 Sklon svahů 27
7.2 Orientace svahů..... 28
7.3 Křivosti..... 29
8 POSTUP IDENTIFIKACE ŘÍČNÍHO PIRÁTSTVÍ..... 30
8.1 Model pro identifikaci sedel..... 31
8.2 Model pro identifikaci oblastí s největší různorodostí orientací..... 32
8.3 Model pro vytvoření převýšení vodních toků 34
9 VÝSLEDKY 36
9.1 Podezřelá místa říčního pirátství..... 36
10 DISKUZE 39
11 ZÁVĚR 41
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE
SUMMARY
PŘÍLOHY

ÚVOD

Na naší planetě každodenně dochází k neustálým procesům a jevům, které různými způsoby utvářejí reliéf zemského povrchu. Reliéf se vyznačuje souborem vypuklých a vkleslých tvarů povrchu zemské kůry. Tento systém je výsledkem vzájemného působení vnitřních (endogenních) sil, působících uvnitř planety, a vnějších (exogenních) sil, které ovlivňují jak pochody přímo na povrchu planety, tak i energie z vesmíru. Mezi endogenní procesy můžeme zařadit orogenezi, vulkanismus nebo zemětřesení. Exogenní procesy se rozdělují mimo jiné na fluviální, marinní, limnické, glaciální, eolické a jiné.

Reliéf naší planety se vyvíjí velmi pomalu (pomineme-li náhlé změny jako řícení nebo sesouvání). Stejně zdlouhavý je proces říčního pirátství vodních toků, kdy vodní tok může zpětně erodovat po několik stovek i tisíců let.

Vzhledem k tomu, že hydrosféra je jedna ze složek přírodní sféry, je tudíž také ovlivňována stejnými procesy probíhajícími na reliéfu. Můžeme říci, že reliéf a hydrosféra jsou vzájemně ve vztahu, kdy jedna složka druhou ovlivňuje. Tvary reliéfu ovlivňují odtok, akumulaci vody nebo směr. Na druhou stranu rychlost odtoku a síla proudící vody působí jako činitel při modelování reliéfu.

Příchod počítačů a vznik geografických informačních systémů umožnil daleko lepší zkoumání těchto procesů a vytvořil nové možnosti zkoumání v této oblasti. K poznání procesu říčního pirátství vodních toků se nabízí široké možnosti postupů a analýz, které vedou k jeho identifikaci (např. morfometrické analýzy sklonu svahu, orientaci svahu či křivosti).

1 CÍLE PRÁCE

Téma práce vychází ze dvou předpokladů. Prvním předpokladem je říční pirátství jako geomorfologický jev, který se občas podaří identifikovat. Druhým předpokladem jsou potom samotné analýzy na DMR, které jsou schopné detekovat různé tvary povrchu. Tyto tvary jsou potom výsledkem nějakého procesu.

Cílem bakalářské práce je vytvoření metodiky, jakým způsobem se dá identifikovat proces říčního pirátství. Na základě existujícího DMR v okolí povodí Brodské se stanoví, které parametry jsou pro identifikaci pirátství zásadní. Vzhledem k tomu, že říční pirátství v okolí Brodské bylo způsobeno náhlými svahovými sesuvy, nešlo použít tento model Brodské a muselo dojít k vytvoření vlastního modelového příkladu charakteristického pro říční pirátství zpětnou erozí. Z modelového příkladu se určí zásadní parametry pomocí analýz na gridu a vytvoří se postup pro samotnou identifikaci. Celý postup z modelového příkladu se poté aplikuje na zájmové území Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů. Poté se vytipují výsledné lokality podezřelé z procesu říčního pirátství. Na závěr jsou shrnuty silné a slabé stránky tohoto postupu.

2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Tématem práce je vytvoření metodiky neboli postupu, kterým by se dal identifikovat geomorfologický jev říčního pirátství. Vytvoření metodiky spočívá v nastudovaní podrobné teorie o zkoumaném jevu a hledání parametrů z digitálního modelu reliéfu (DMR), jež budou přesně charakterizovat proces říčního pirátství. Jednotlivé zásadní parametry se odvodí na základě analýz gridu výšek, sklonu svahů, orientací svahů či orientací z DMR. Jako modelový příklad bude vytvořen vlastní optimální model vrstevnic, který přesně bude vystihovat proces říčního pirátství a na kterém se jednotlivé parametry budou testovat. Tento postup se poté aplikuje na celé zájmové území, kde se určí podezřelá místa říčního pirátství.

2.1 Použitá data

K bakalářské práci byla použita data digitálního mapového díla DMÚ 25 – Karpaty. Jedná se o digitální model území Karpat ve vektorové formě. Konkrétně mi byla užitečná vrstva vrstevnic po 5 m, ze kterých sem vytvářel grid výšek a dále vrstva vodních toků, která byla velmi nezbytná při identifikaci říčního pirátství.

2.2 ArcGIS

ArcGIS patří do skupiny legendárního softwaru, který je průkopníkem GIS od roku 1976, v rámci produktové řady firmy ESRI (Environmental Systems Research Institute, Redlands, USA). Současný ArcGIS Desktop je členěn na několik produktových úrovní (ArcView, ArcEditor a ArcInfo), lišících se zejména v možnostech zpracování dat a funkcionalitou [6.].

ArcGIS Desktop je sada několika aplikací, kde nejvýznamnější je ArcMap, který slouží mimo jiné ke zobrazování, editaci a geografickým analýzám veškerých dat. Další aplikací je ArcCatalog poskytující pohled na jednotlivé datové soubory popřípadě databáze, které existují v mnoha formách. Třetím nejdůležitějším je ArcToolbox, kde jsou k dispozici (dle nainstalovaných extenzí) příslušné nástroje pro zpracování dat. Jako doplňující aplikace lze zmínit ArcGlobe a ArcScene pro 3D modelování, vytváření prezentací a interaktivního pohybu v 3D. ArcReader slouží pak jako prohlížečka [6.].

2.3 Extenze ArcGIS

ArcGIS Spatial Analyst umožňuje vytvářet a zpracovávat data v rastrovém formátu a také provádět jejich analýzy i v kombinaci s vektory [6.]. Jsou zde nástroje pro interpolaci povrchů, kde je možné si vybrat metodu IDW, Kriging, Spline či Trend. Při práci s gridy lze využít matematických operací nad jedním gridem ke změně hodnot jednotlivých pixelů nebo provádět početní operace, kde do výpočtu vstupuje více vstupních gridů současně. K takovým operacím patří například násobení, odečítání či sčítání dvou nebo i více gridů současně. Sada nástrojů Neighborhood nám umožňuje vytvářet nové hodnoty pro každý pixel v závislosti na hodnotách v nějakém předem definovaném okolí. Block Statistic vypočítá různé statistiky (např. průměr, maximální / minimální hodnotu atd.) pro pevnou sadu nepřekrývajících se oken. Na rozdíl Focal Statistics počítá statistiky pro každý pixel z překrývajících se oken (pro přesnější vysvětlení viz podkapitolu 2.4). V sadě nástrojů Hydrology můžeme provádět hydrologické analýzy jako výpočet směrů odtoku, akumulovaného odtoku, definování povodí nebo výpočty délek pro jednotlivé části toku. Samozřejmě ArcGIS Spatial Analyst nabízí daleko více nástrojů. V tomto stručném přehledu jsou uvedené jen ty, které jsou zásadní pro identifikaci říčního pirátství.

ArcGIS 3D Analyst je další velice užitečnou extenzí pro tvorbu, analýzu a zobrazení dat ve 3D. K dispozici jsou zde stejné nástroje pro interpolaci povrchů s výjimkou toho, že nám jako jediná z nadstaveb umožňuje konstruovat a pracovat s nepravidelnou trojúhelníkovou sítí TIN (triangulated irregular network). Pro vytváření analýz na gridu nám slouží nástroje Raster Surface, kde si můžeme spočítat sklony svahu, orientace svahu nebo křivosti. Stejné analýzy lze provádět i nad modelem TIN.

Obr. 1 Logo softwaru ArcGIS od firmy ESRI (převzato z http://www.tmapy.cz/public/tmapy/cz/_software/esri/_arcgis.html).

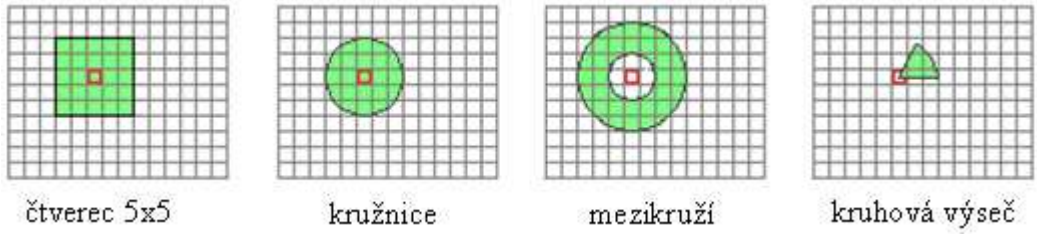
2.4 Rastrový model a fokální funkce

Podstata rastrového modelu je v rozdělení zkoumaného území na pravidelný rastr – mřížku **(GRID)** [8.]. Nejčastěji se jedná o čtvercovou matici bodů (pixelů), kdy jeden bod (pixel) reprezentuje čtvercovou plošku s konstantní nadmořskou výškou [7.]. Ve složitějších případech se pravidelný rastr může skládat z obdélníků, šestiúhelníků, trojúhelníků nebo i jiných složitějších ploch.

Výhodou rastrových dat je, že umožňují provádět analytické operace pro svoji jednoduchou strukturu. Snadné je překrývání a kombinace jednotlivých obrazů s různým tematickým obsahem. K největším nevýhodám rastrového modelu je značná paměťová náročnost velkého objemu dat při velkém rozlišení rastru.

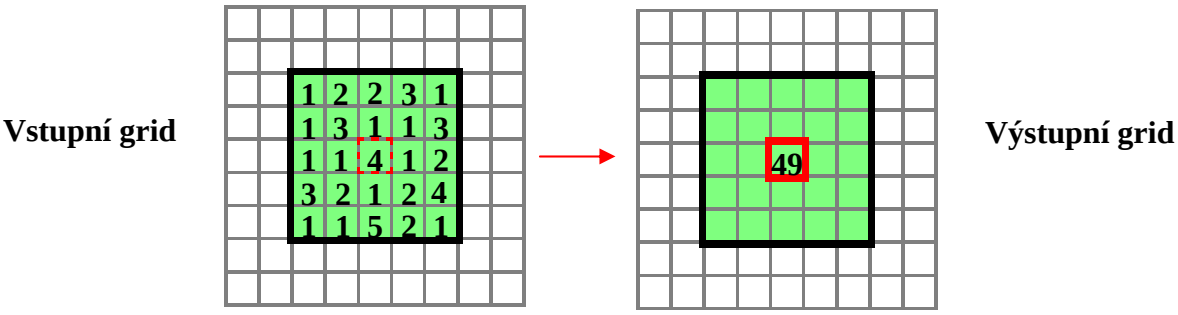
Fokální funkce pracují na základě předem definovaného okolí, kde výstupní hodnota každého pixelu je vypočtena ze všech pixelů v okolí. Statistické funkce a analýzy se většinou provádějí na čtvercovém okolí 3x3 sousedních buněk, ale je možné definovat sousedské okolí podle uživatele (např. kružnice, mezikruží, kruhové výseče apod.)

Na obr. 2 můžeme vidět jednotlivé druhy definovaného okolí (znázorněno zeleně), ze kterého se spočítá výsledná středová hodnota (znázorněná červeně).



Obr. 2 Přehled definovaných druhů okolí a středových pixelů.

Program ArcGIS umožňuje pro výslednou středovou hodnotu spočítat různé statistické funkce. Výpočet aritmetického průměru či mediánu buněk z okolí, součet sousedních buněk okolí, středovému pixelu přiřadit maximální / minimální hodnotu z definovaného okolí nebo rozsah hodnot okolí (maximální – minimální hodnota) a další statistické funkce.



Obr. 3 Ukázka funkce součtu sousedních buněk z okolí pro středový pixel.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 Činnost tekoucí vody

Pro správné pochopení celé složitosti procesu říčního pirátství je důležité se na úvod zmínit o jednotlivých procesech a mechanismech, které probíhají za působení vody ve vodních tocích.

Vlivem zemské tíže teče každá řeka ve směru největšího spádu. V závislosti na velikosti spádu řeky, množství vody, rychlosti, obsahu a charakteru přenášeného materiálu se projevuje *vymílání (eroze) říčního koryta*, *přenos (transport) unášeného materiálu* a *usazování (akumulace) materiálu*. Proces říčního pirátství je nejvíce ovlivňován erozí koryta řeky (převážně na horních tocích řek, kde má voda největší rychlost a spád) [5.] .

Říční eroze spočívá v prohlubování a rozšiřování říčního koryta. Toto rozrušování, prohlubování a rozšiřování koryta řeky je zapříčiněno unášením pevných částic. Řeka samotná má jen velmi malou erozní schopnost. Rozhodujícím faktorem je také geologická skladba podloží. Eroze říčního toku má několik podob [5.]:

a. hloubková (svislou, vertikální) eroze
b. boční (laterální, horizontální) eroze
c. zpětná (retrográdní) eroze

Hloubková a zpětná eroze se nejvíce projevuje v horních částech řeky, kde má voda největší rychlost, spád a sklon. Dále také záleží na množství neseného materiálu a výškovém rozdílu mezi pramenem a ústím (spodní hranicí erozní báze) řeky.

U hloubkové eroze, jak sám název napovídá, jde opravdu o podemílání říčního koryta do hloubky a dává tak vznik údolím.

Na rozdíl od toho, u zpětné eroze dochází k postupnému zahlubování říčního koryta ve směrem proti proudu toku. Tímto procesem vodní tok ztrácí stupeň na výšce a přepadový práh ustupuje dozadu [5.]. Tento typ eroze se nejčastěji podílí na vznik říčního pirátství.

Méně významná eroze z pohledu říčního pirátství je boční eroze. K boční erozi dochází na dolních tocích řek, když řeka vytváří meandry. Tekoucí voda současně s prohlubováním podemílá břehy svého koryta, které tím postupně rozšiřuje [5.].

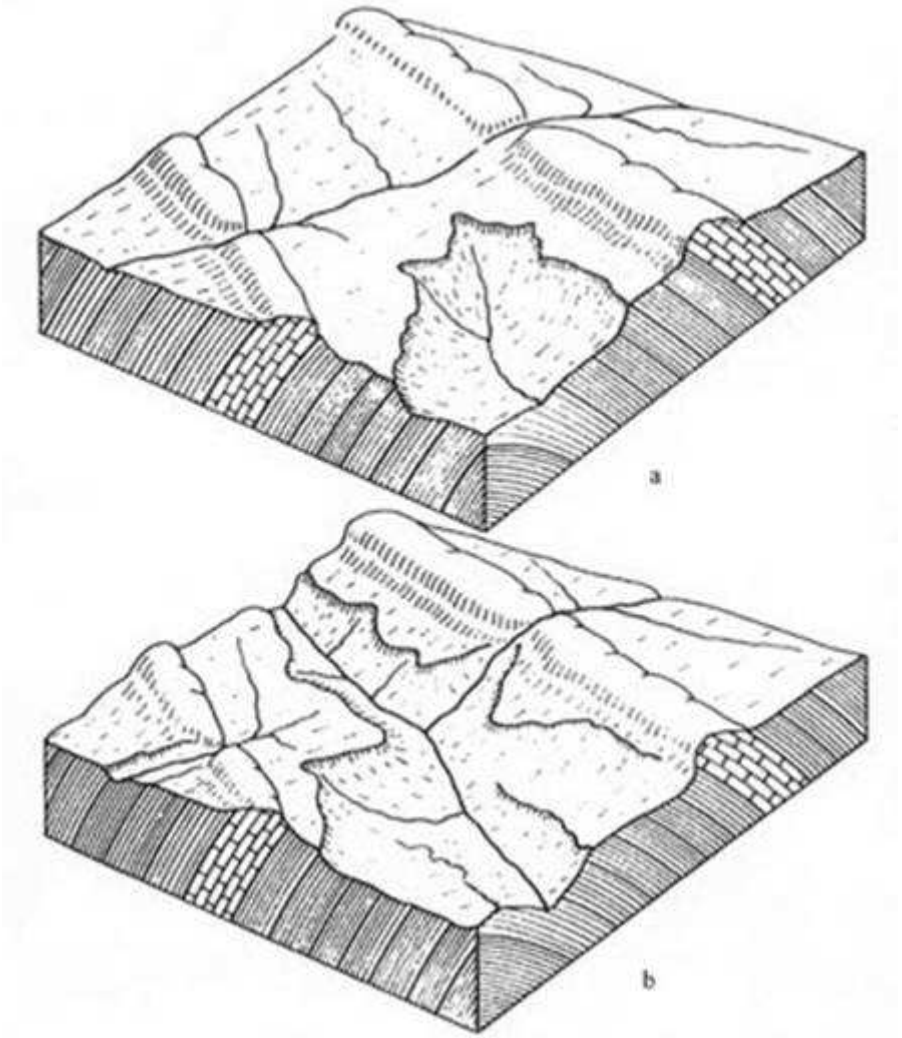
3.2 Teorie říčního pirátství

Proces říčního pirátství nastává v případě, kdy aktivně erodující vodní tok (níže položený) zasáhne do povodí sousedního vodního toku (výše položeného) a odvede část vody sousedního vodního toku [10.].

Česká literatura se o teorii říčního pirátství zmiňuje pouze okrajově. S. Chábera tento proces popisuje takto: „Řeka, která eroduje rychleji, zvětšuje při tom povodí na úkor řeky slabší. Zpětnou erozí bývá někdy podchycena i horní část slabšího toku nebo jeho poboček.“ (Chábera 1996, s. 43).

V anglická literatura má několik termínů pro říční pirátství: *stream capture*, *river capture* nebo *stream piracy*. Podle Rhode W. Fairbridge existuje několik málo rozdílů mezi termíny *capture* a *piracy*, ale tyto rozdíly jsou málokdy rozpoznatelné. Můžeme tedy tyto dva pojmy považovat za synonyma [10.].

Aktivně erodující vodní tok je hlavním činitelem v celém procesu říčního pirátství. Pro tento „pirátující“ vodní tok má anglická literatura termíny jako *captor*, *diverter* či *predatory stream* [10.].



Obr. 4 Schéma vzniku říčního pirátství – a) vodní tok, který si rozšiřuje své koryto zpětnou erozí, b) vznik říčního pirátství, načepování dvou sousedních toků (zdroj: http://www.creationresearch.org/crsq/articles/44/44_3/Water_Gaps.htm).

3.3 Mechanismy zapříčiňující vznik říčního pirátství

Mechanismy zde rozumíme všechny procesy a jevy, které určitým způsobem ovlivňují zemský povrch. Tyto procesy jsou zapříčiněny buď vnitřními silami naší planety (tzv. endogenními silami) nebo jsou výsledkem vlivů vnějšího prostředí (např. množstvím srážek). Dva hlavní mechanismy, které vedou ke vzniku říčního pirátství jsou *tektonické a klimatické změny* zemského povrchu.

Tektonické změny jsou způsobeny tlakem a pohybem zemské kůry. Působením těchto sil a tlaků dochází ke zlomům, deformacím, záhybům a vyvýšení či snížení zemského povrchu v závislosti na jiném povrchu. Vyvýšením povrchu se zvětšuje sklon, rychlost a síla vodního toku. Reakcemi na tyto tektonické změny si řeka prořezává nové koryto

vodního toku a začíná zpětně erodovat. Výsledkem zpětné eroze říčních toků s okolní říční sítí vzniká proces říčního pirátství [18.].

Říční pirátství je v tektonicky aktivních oblastech také ovlivňováno klimatickými *změnami*. Klimatické změny napomáhají k urychlení eroze a zvětrávání a zvyšují tak sílu vodního toku. To vede k nestabilitě říčního dna a úbytku vegetace [18.].

3.4 Typy říčního pirátství

Jak už bylo popsáno v předcházející kapitole, na říční pirátství má vliv několik faktorů a může tedy nabývat několika podob. Jelikož zemský povrch je velmi nepravidelný a nestejnorodý, tak i říční pirátství se v každé části území projevuje jinak.

Proces říčního pirátství může nastat z několika příčin [10.,20.]:

I. **tektonickými pohyby země**
II. **přírodním přehrazením**
III. **odtržením řeky**
IV. **erozí** a to buď:
    a. **zpětnou erozí**
    b. **boční erozí**
    c. **v prostoru krasových útvarů**

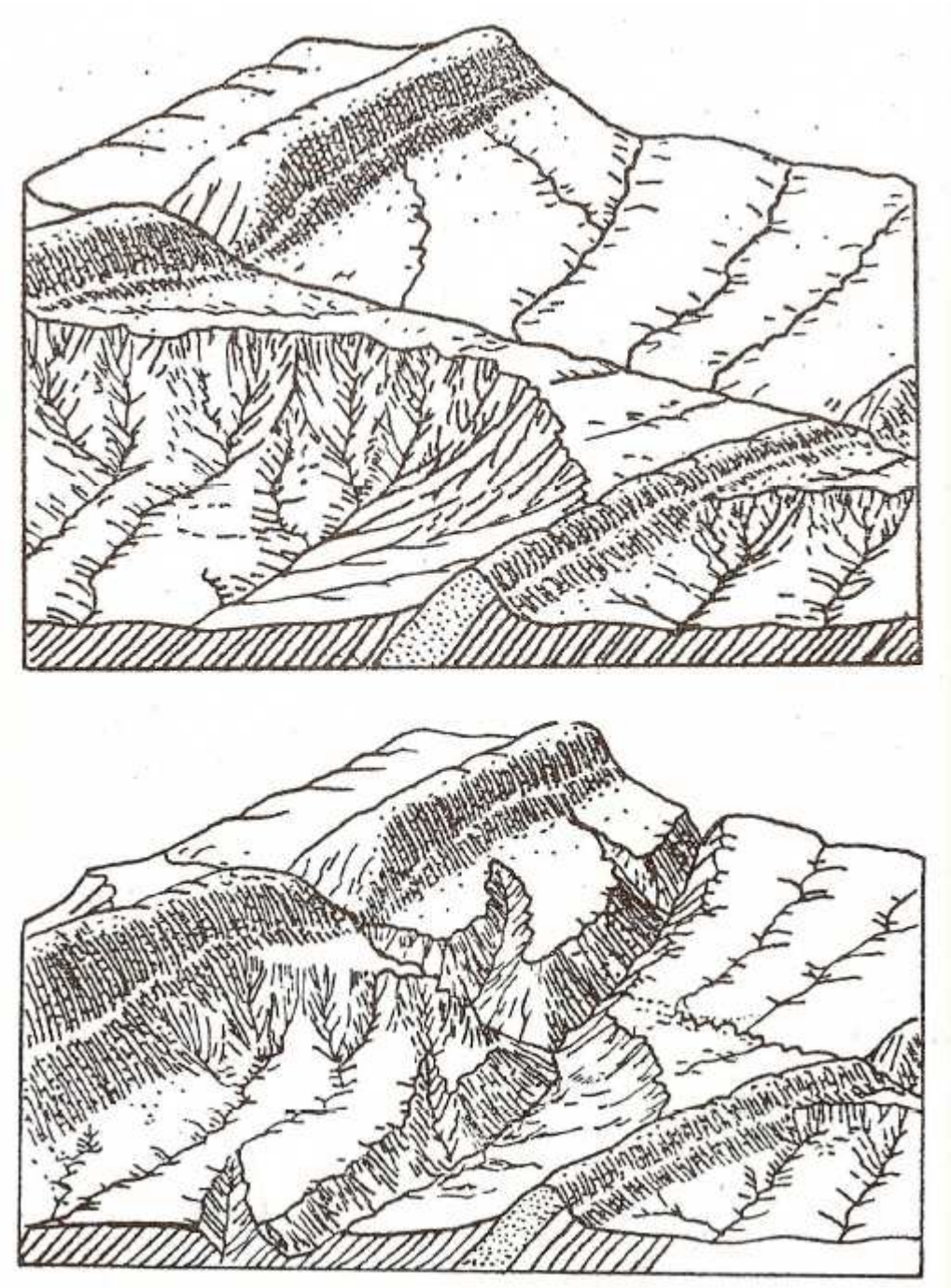
K říčnímu pirátství vlivem **tektonických pohybů země** dochází v případě, kdy je terén modelován vnitřními silami a vlivem měnícího se sklonu terénu je vodní tok odkloněn od původního směru. Výsledkem takového vychýlení směru toku je možnost načepování jednoho vodního toku do druhého. Příkladem může být řeka Murray v Austrálii, která po vyzdvižení povrchu (asi před 27 000 lety) byla donucena si vytvořit novou cestu (známé jako Barmah Choke) a posléze ukořistila níže položený tok řeky Goulburn [20.] .

Přehrazení vodního toku přírodní překážkou nastává v méně stabilním terénu, kde dochází ke svahovým sesuvům nebo v horských oblastech působením ledovce (přehrazení ledovcovým příkrovem). Stejně jako u předchozího typu, vodní tok je donucen změnit svůj směr vinou přehrazení a je zde možnost napojení dvou vodních toků do sebe. Řeka Temže v Jižní Anglii asi před 450 000 lety byla zastavena pevninským ledovým příkrovem a prorážela si novou cestu dneska známou jako Goring Gap [20.].

V raném stádiu cyklu říční eroze při počátečním vytváření charakteru říční sítě se může vyskytnou **říční pirátství odtržením řeky**. Utvářející se vodní tok má velmi malou závislost na svém podloží, a proto není kontrolován charakterem povrchu (sklonem, strukturou ani typem horniny). Některé vodní toky si prorážejí koryto vodního toku rychleji než jiné, a tak mohou postranně pohltit sousední vodní toky [10.].

První tři typy říčního pirátství nejsou moc časté a jsou velmi těžko rozpoznatelné v terénu. Nejčastější a nejsnadněji rozpoznatelný typ říčního pirátství je způsobený **říční erozí resp. zpětnou erozí vodního toku**. Tento typ nastává v případě, kdy dva sousední vodní toky jsou v rozdílné výškové úrovni a níže položený tok působí zpětnou erozí k výše položenému toku. Níže položený vodní tok zpětně eroduje tak dlouho, dokud nedojde k napojení výše položeného toku. Aktivita toku je způsobena strmějším sklonem terénu a méně odolnými horninami, které napomáhají zpětné erozi. Jak se mezi oběma toky zmenšuje hranice, k urychlení pirátství může přispět výše položený tok podzemním prosakováním [10.].

Zde hraje důležitou úlohu geologická stavba podloží a odolnost hornin. Velmi málo vodních toků směřuje příčně skrz několik vrstev geologické struktury. Většina toků si hledá cestu přes údolí s velmi podobnou geologickou stavbou. Erozní schopnost vodních toků tekoucích přes několik vrstev je omezená odolností hornin, do kterých se mohou prohlubovat. Na rozdíl toky protékající podélně jen oblastmi měkkých hornin jsou schopné erodovat své údolí mnohem rychleji [10.].

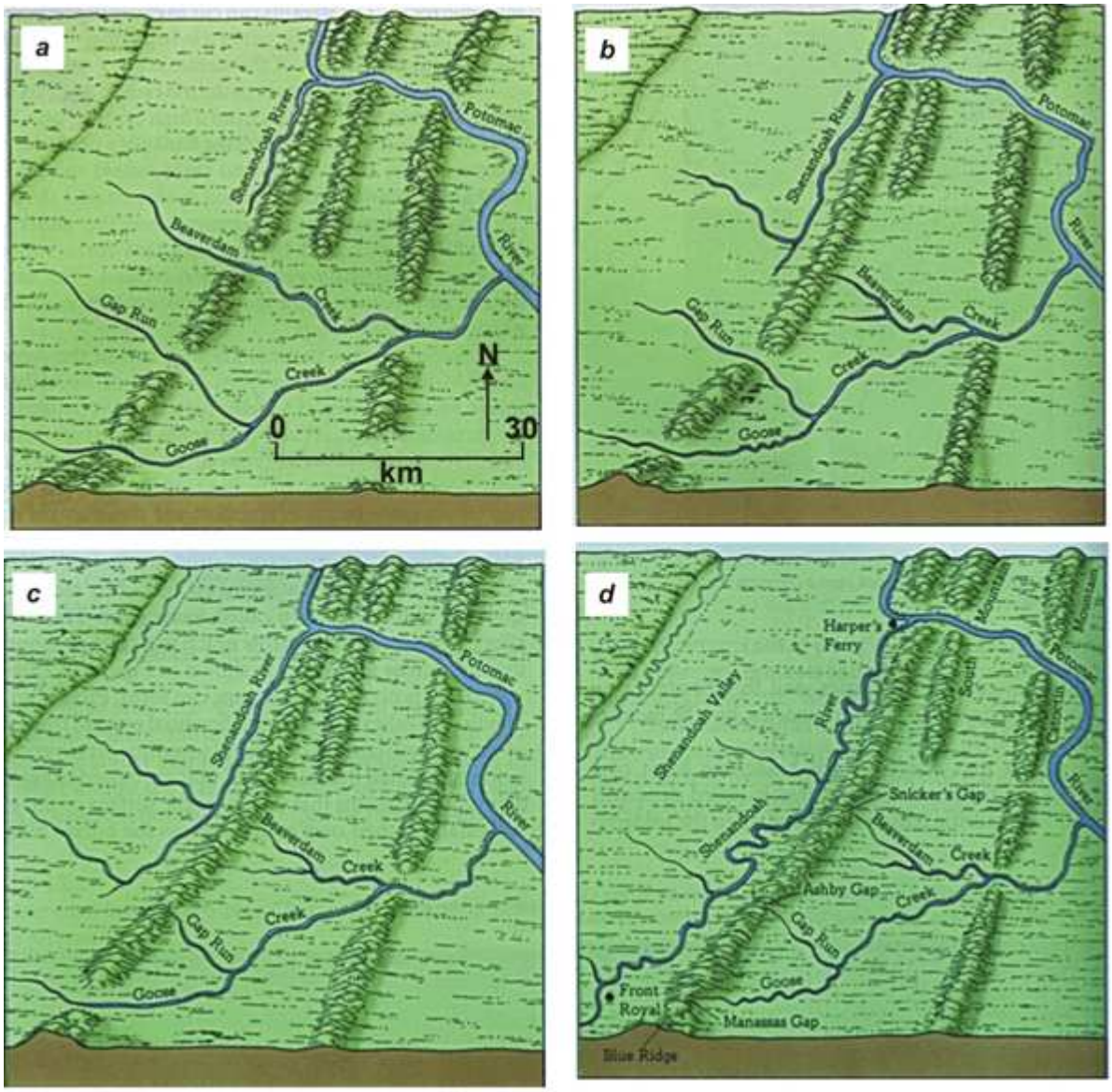


Obr. 5 Boj o rozvodí a říční pirátství zpětnou erozí (M. LUKNIŠ, 1954),
zdroj: Geomorfologie, S. Chábera.

Velmi známým příkladem říčního pirátství zpětnou erozí je řeka Shenandoah. Jako hlavní přítok řeky Potomac odvádí vodu z Apalačského pohoří v USA. Řeka Shenandoah postupně ukořistila horní části toků Beaverdam Creek (obr. 6b), Gap Run (obr. 6c) a Goose Creek (obr. 6d) tekoucí přes Snicker´s, Ashby a Manassas gap, ze kterým se stala opuštěná údolí bez vody.

K tomuto pirátství došlo ze dvou hlavních příčin:

- řeka Shenandoah si prořezávala směr toku zpětnou erozí měkkými horninami podél pásu pohoří Blue Ridge, zatímco tři příčné toky byly zpomalené právě tímto pásmem složeného z méně propustných hornin Blue Ridge
- řeka Shenandoah byla níže položena a měla větší průtok než ostatní tři vodní toky, a proto byla schopna rychleji zpětně erodovat. Tato erozní síla byla pak ještě více umocněna ukořistěním prvního toku (Beaverdam Creek) a následným postupem [10.].



Obr. 6 Schéma rozvoje pirátství toku (Smith College, 2004), zdroj: http://geologie.vsb.cz/geologie/KAPITOLY/8_EXOGENN%C3%8D_PROCESY/8_exo_geod_procesy_soubory/image015.jpg.

Jestliže přítok řeky teče velmi shodně s tokem významnější řeky a tyto dva toky nejsou moc daleko od sebe, pak mezi těmito dvěma toky může dojít k **říčnímu pirátství bočním napojením**. Tento jev se vyskytuje u meandrujících toků, kdy meziříční prostor je redukován boční erozí svých břehů. Příkladem jsou zákruty řeky Huron ve statě Michigan (USA) načepované řekou Oak Run [10.].

K velmi specifickému typu říčního pirátství dochází v **prostorech krasových útvarů.** Krasové horniny (nejčastěji vápenec nebo sádrovec) jsou velmi přívětivé k propouštění vody. Voda ze zemského povrchu prosakuje do podzemí a vytváří podzemní chodby. V důsledku prosakování a vytváření nového směru toku muže dojít k načepování do níže položeného toku a ke vzniku pirátství. Příkladem je *Donauversickerung neboli Dunajské propadání* v Německu, kde velká část horního toku řeky Dunaje se propadá do vápencového podloží a následně se vynořuje pramenem Aachtopf, přítok řeky Rýn [20.].

3.5 Znaky říčního pirátství

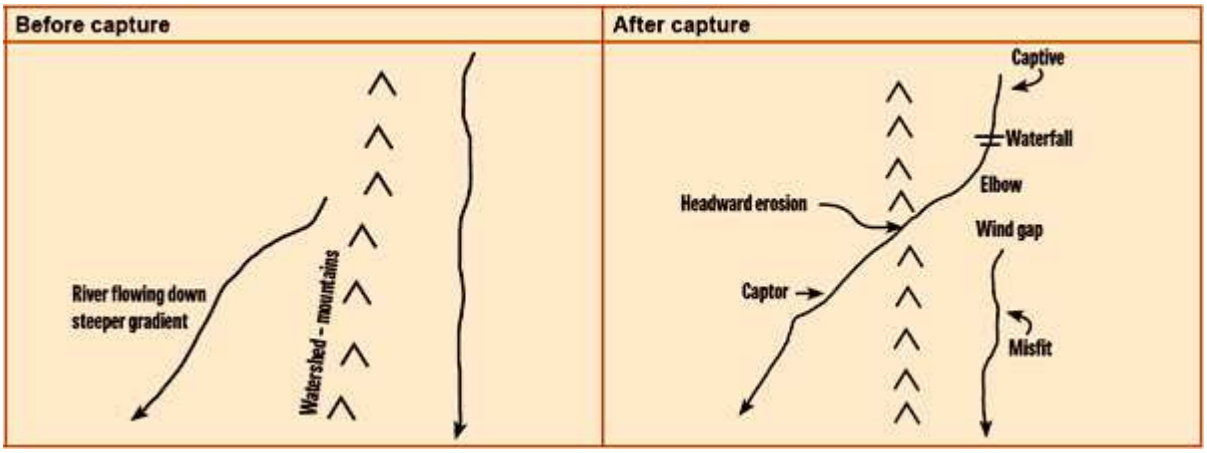
Říční pirátství se vyznačuje určitými charakteristikami, které jsou pro tento jev typické a slouží k jeho identifikaci.

Místo, kde dochází k říčnímu pirátství se nazývá *elbow of capture – náčepní loket.* Obvykle se tak označuje výrazný ohyb říčního toku (většinou pod pravým úhlem), kde je slabší tok načepován do aktivnějšího vodního toku [10.].

Pozůstatkem vodního toku, který byl odříznut načepováním je *misfit stream.* Obecně se tak označuje vodní tok, který ztratil svou sílu a dále nemůže erodovat své území. Se spojitostí s říčním pirátstvím se jedná o suché koryto vodního toku, kudy již neprotéká žádná voda. Na dně suchého koryta jsou uloženy sedimenty, které tam byly původně zaneseny vodním tokem. Podle toho se dá zpětně identifikovat původní koryto vodního toku [18.]. Tuto část řeky resp. suché údolí označuje ještě jeden anglický termín *beheaded stream.* Pojmem *beheaded stream* je myšlen opuštěný dolní tok řeky, jejíž horní tok byl zachycen.

S pojmem říčního pirátství souvisí ještě termíny *wind gap* nebo *air gap* (popřípadě *fluvial gap).* Označuje se tak místo mezi pirátujícím tokem a opuštěným údolím vodního toku (tj. *misfit stream).* Toto charakteristické místo říčního pirátství je pokryto převážně kameny a oblázky [10.].

Všechny znaky říčního pirátství popisuje obr. 7. Je zde názorně vidět vývoj celého procesu zpětné eroze vodního toku. Snímek vlevo ukazuje stav procesu před říčním pirátstvím, kde ještě nedošlo k prořezání koryta říčního toku zpětnou erozí skrz horský hřbet. Výsledek říčního pirátství je znázorněn na snímku vpravo, kde si vodní tok prořezal cestu horským hřbetem a načepoval výše položený vodní tok.



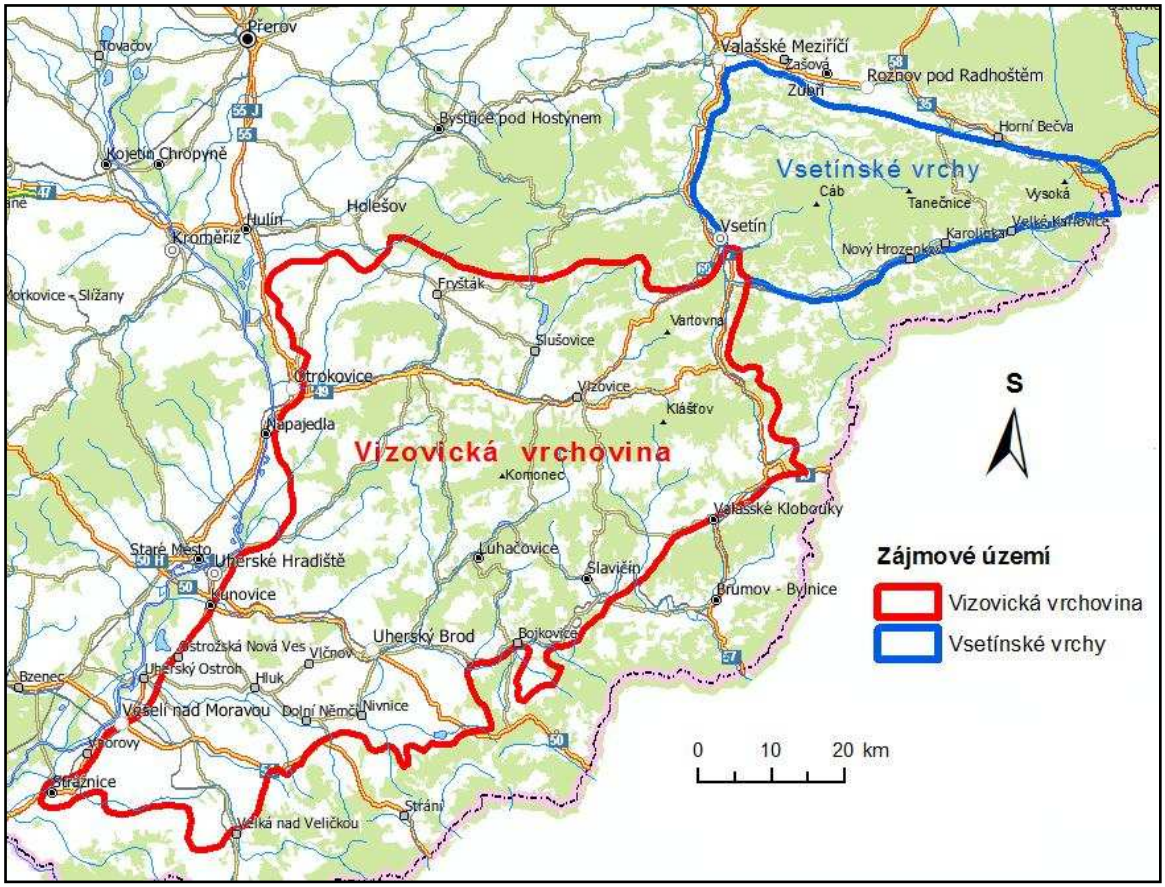
Obr. 7 Znaky říčního pirátství (převzato z http://blogs.sowetanlive.co.za/matrics/2009/08/12/geography-lesson-16/).

4 VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Pro identifikaci říčního pirátství bylo stanoveno zájmové území Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů. Zkoumané území se nachází v hornaté jihovýchodní části Moravy.

Vizovická vrchovina je geomorfologický celek v oblasti Slovensko-moravské Karpaty a provincii Západní Karpaty. Na severu celek sousedí s Hostýnsko-vsetínskou hornatinou, na západě má společnou hranici s Hornomoravským a Dolnomoravským úvalem a na jihovýchodě sousedí s Javorníky a Bílými Karpaty.

Severovýchodně na Vizovickou vrchovinu navazuje geomorfologický podcelek *Vsetínských vrchů*. Vsetínské vrchy spolu s Hostýnskými vrchy jsou součástí geomorfologického celku Hostýnsko – vsetínské hornatiny. Na severu má společnou hranici s Rožnovskou brázdou a na jihu sousedí s Javorníky.



Obr. 8 Zájmové území Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů (Podklad: WMS Geoportál CENIA a WMS HS-RS GeoPortál).

5 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Vizovická vrchovina se nachází přibližně ve středu moravských Karpat. Délka pohoří je asi 70 km a šířka okolo 40 km. Území je typické svým pásemným charakterem s několika souběžnými hřbety. Nadmořská výška narůstá od jihozápadu k severovýchodu.

Podle Demka (1987) lze Vizovickou vrchovinu charakterizovat jako členitou vrchovinu s rozlohou 1 399 km^2, střední výškou 338,7 m a střední sklonem 5° 20´ [3.].

Skoro celé území Vizovické vrchoviny patří do povodí řeky Moravy. Mezi nejvýznamnější řeky patří Dřevnice, Olšava a Velička. Jen malá východní část Vizovické vrchoviny tvořená řekou Vlárou patří do povodí slovenské řeky Váh. Pro toky je typická značná rozkolísanost průtoků.

Hornatější Vsetínské vrchy jsou také typické svým pásemným pohořím po celém svém území. Podle Demka (1987) lze Vsetínské vrchy charakterizovat jako plochou hornatinu a členitou vrchovinu na ploše 338 km^2, se střední výškou 593 m a střední sklonem 10° 48´ [3.].

Prakticky celá Vsetínských vrchů patří do povodí Vsetínské Bečvy, která zde pramení a téměř vytváří jižní a západní hranici Vsetínských vrchů. Severní hranice je tvořená Rožnovskou Bečvou, která zde rovněž pramení. Z dalších řek stojí za zmínku Bílá Ostravice a Bystřice, na které se nachází stejnojmenná přehrada.

Celá zájmová oblast Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů je značně zalesněná. Více zalesněné Vsetínské vrchy dosahují až 70% zalesnění. Převažují zde smrkové a smíšené lesy či bučiny.

Do zájmového území částečně zasahuje CHKO Bílé Karpaty a velkou část Vsetínských vrchů tvoří CHKO Beskydy. Nachází se zde také další maloplošná chráněná území. Oblast je vyhledávaným cílem turistů s letními i zimními středisky, např. Soláň je významné lyžařské středisko s dobrými sněhovými podmínkami.

5.1 Geologie zájmového území

Geologickou stavbu Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů tvoří různá souvrství karpatského flyše paleogenního až křídového stáří [2.]. Převažují zde flyšové horniny račanské a bystrické jednotky magurské jednotky příkrovů [17.]. Tektonická stavba karpatského flyše je velmi složitá, protože je utvořená z několika na sobě navrstvených a vyvrásněných příkrovů.

Termínem flyš rozumíme mnohonásobné střídání jílovců, prachovců, pískovců a slepenců ve vrstvách silných zpravidla od několika centimetrů až do několika metrů [17.]. Tektonická stavba karpatského flyše je velmi složitá, protože je utvořená z několika na sobě navrstvených a provrásněných příkrovů. O hrubosti složení flyše rozhoduje pozice v pánvi, kde lehké látky jsou schopny transportu na velké vzdálenosti.

Tyto sedimenty byly vyvrásněné v několika fázích alpínského vrásnění. Tomu také odpovídá dnešní podoba celé vrchoviny. Převažuje zde erozně denudační reliéf hornatin, vrchovin, pahorkatin a sníženin.

5.2 Geomorfologie zájmového území

Reliéf celého zájmového území je díky geologické stavbě velmi rozmanitý a členitý s proměnlivou sklonitostí svahů a nadmořských výšek. Nachází se zde velké množství nejrůznějších geomorfologických útvarů. Horské vrcholy a hřbety střídají kotliny a brázdy až k nízko položeným údolím vodních toků.

Převážně Vsetínské vrchy jsou typické větvením svých hřbetů a jen ojediněle se vyskytují samostatné hřbety. Reliéf je protkán rozvětvenou sítí vodních toků zařezaných do údolí [2.].

Geomorfologický celek Vizovické vrchoviny se dělí na 5 podcelků (Hlucká pahorkatina, Luhačovická vrchovina, Komonecká hornatina, Zlínská vrchovina, Fryštácká brázda). Nejvyšším vrcholem je Klášťov (753 m n. m.) a dalšími vrcholy jsou např. Komonec (672 m n. m.) a Vartovna (651 m n. m.).

Hornatějším Vsetínským vrchům dominuje vrchol Vysoká (1024 m n.m.). Za zmínku stojí také vrcholy Soláň (861 m n.m.), Tanečnice (912 m n.m.) a Cáb (841 m n.m.).

Oblast celé Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů je velmi nestabilní, dochází zde k tektonickým poruchám geologického podloží a časté jsou také vodní eroze a sesuvy půdy. Tyto poruchy vytváří průlomová údolí, kdy si řeky prořezávají cestu skrz horské hřbety. Dalším důležitým znakem je bystřinný charakter vodních toků se značným spádem a převahou eroze nad akumulací sedimentů [2.].

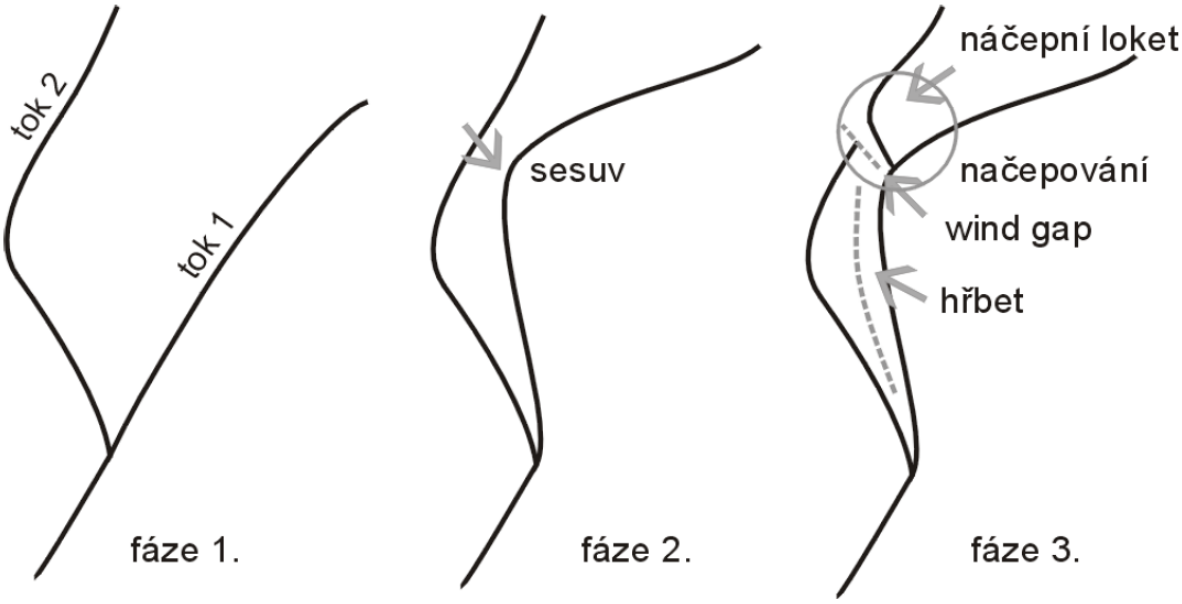
6 MODEL ŘÍČNÍHO PIRÁTSTVÍ

V této kapitole se budu věnovat modelování ideálního případu říčního pirátství, zkoumáním typických rysů v jednotlivých fázích procesu pirátství a odvozením důležitých parametrů z digitálního modelu reliéfu.

Nejlépe identifikovatelným typem říčního pirátství je říční pirátství zpětnou erozí (anglický termín *headward erosion*), proto tento typ nám poslouží k modelaci ideálního případu.

Jak už bylo řečeno proces říčního pirátství je velmi složitý, závisí na nejrůznějších faktorech a tudíž ne vždy se ho podaří identifikovat. Pro zájmové území Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů se budu tedy zabývat tímto nejlépe rozpoznatelným typem.

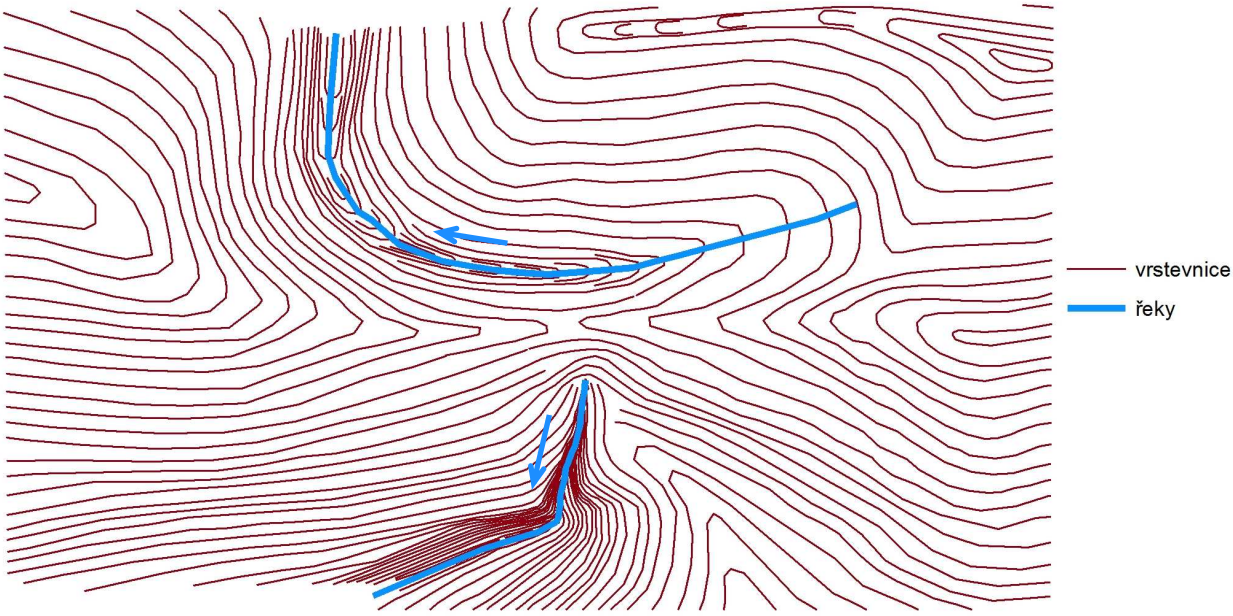
Pro stanovení vlastního ideálního modelu jsem vycházel ze známého příkladu říčního pirátství v okolí Brodské u obce Starý Hrozenkov. Vzhledem k tomu, že k říčnímu pirátství v okolí Brodské došlo destabilizací podloží a následným sesuvem, tak tenhle případ nemůžeme brát jako ideální případ říčního pirátství zpětnou erozí.



Obr. 9 Schéma říčního pirátství na příkladu toku Malá Brodská (L. Macur, 2006).

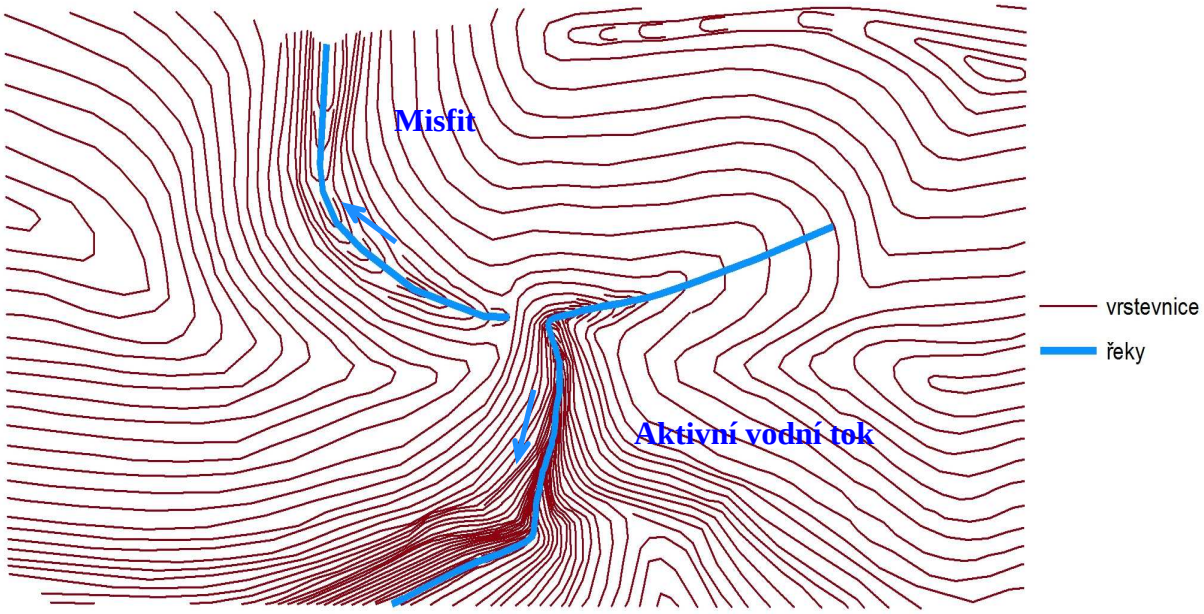
6.1 Tvorba ideálního modelu

Klíčovou částí při tvorbě ideálního modelu říčního pirátství bylo vytvoření vrstevnic modelu reliéfu, které tento proces přesně vystihují. Při tvorbě modelu se vycházelo z předchozí teorie a z charakteristických znaků pro říční pirátství zpětnou erozí. U teorie říčního pirátství je velmi důležité také zachycení stavu terénu před procesem říčního pirátství a následně stav terénu po uskutečnění tohoto procesu. Pro odvození stavu před a po procesu pirátství bylo potřeba vymodelovat oba dva případy.



Obr. 10 Vrstevnicový model před procesem říčního pirátství.

Na obr. 10 můžeme vidět původní stav. Voda z výše položeného toku odtéká k severovýchodním směrem a voda z níže položeného toku jižním směrem. Mezi těmito dvěma toky se nachází horský hřeben, který nedovoluje řekám odtékat jinam než mají.



Obr. 11 Vrstevnicový model po procesu říčního pirátství.

Odlišný případ ukazuje obr. 11, kde můžeme vidět, že aktivní dolní tok si zpětnou erozí proti směru toku prořezal cestu skrz horský hřeben a strhl výše položený vodní tok do svého koryta. Pozůstatkem výše položeného toku je opuštěné rameno (Misfit) , kterým může protékat minimum vody nebo koryto může být úplně suché.

7 ANALÝZY DIGITÁLNÍHO MODELU RELIÉFU

Reliéf terénu naší planety hraje významnou úlohu v mnoha vědních disciplínách týkajících se nejen nauky o Zemi. Z vědních oborů bych zmínil z mého pohledu ty nejdůležitější: geomorfologie, hydrologie, geologie, ekologie, geografie aj. S příchodem výpočetní techniky a umožnění tvorby digitálních modelů reliéfu v digitálním prostředí počítačů dostala tahle problematika ještě větší význam.

Digitální model reliéfu (DMR) se nazývá jakákoli digitální reprezentace reliéfu spojitě se měnící v prostoru [1.]. Tento pojem je v literatuře chápán v komplexním pojetí zahrnujícím nejen body o výšce, ale také další nespojité prvky krajiny jako například vodní toky, hřbety hor, zlomové linie aj. Můžou zde být také znázorněny významné terénní znaky (např. sklony terénu) [4.].

V technické praxi se můžeme navíc setkat s pojmem **digitální model terénu** (DTM – odvozené z anglického názvu digital terrain model). Tento termín popisuje model reliéfu v užším slova smyslu. Jedná se o digitální model terénu ve smyslu holého povrchu bez dalších prvků krajiny jako tomu bylo u digitálního modelu reliéfu. Jde o čistě holý terén zemského povrchu bez vegetace a bez lidských výtvorů jako jsou budovy, mosty, silnice atd [6., 11.].

Digitální model reliéfu nám umožňuje provádět nejrůznější analýzy zemského povrchu. Na základě těchto analýz můžeme získat důležité informace o charakteru zkoumaného povrchu ve formě atributů.

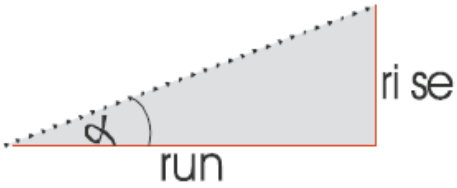
Atributy získané z digitálního modelu reliéfu můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin:

a) **Primární topografické atributy** – atributy, které jsou vypočítané přímo z digitálního modelu reliéfu za použití derivací topografického povrchu. Do této skupiny patří nejzákladnější typy analýz jako jsou sklony svahů, orientace svahů – derivace 1. řádu a křivosti – derivace 2. řádu.
b) **Sekundární (složené) atributy** – atributy, které vycházejí z primárních topografických atributů. Sekundární atribut dostaneme kombinací dvou nebo více atributů primárních. Příkladem sekundárních atributů jsou například teplotní nebo vlhkostní ukazatele.

Pro stanovení různých charakteristik reliéfu vedoucí k identifikaci říčního pirátství jsou nejvíce zásadní analýzy sklonu svahů, orientaci svahů a křivosti.

7.1 Sklon svahů

Sklon svahů je míra změny nadmořské výšky ve směru nejprudšího poklesu (maximálního spádu). Vychází z první derivace povrchu. Společně s gravitací vyvolává proudění vody a dalšího materiálu, což ovlivňuje rychlost povrchového i podpovrchového odtoku vody. Sklon svahů je udáván v procentech nebo ve stupních [10., 13.].



Obr. 12 Výpočet sklonu svahu [13.].

Do výpočtu sklonu svahu vstupuje hodnota *run – vzdálenost sousedních buněk* a hodnota *rise – převýšení mezi těmito buňkami.*

Sklon svahu, kde hodnoty jsou udány v procentech se vypočítá podle vzorce:

$$S = \frac{rise}{run} \bullet 100 \qquad (1)\ [13.]$$

Pro sklon svahu vyjádřeného ve stupních platí vzorec:

$$\alpha = \arctan \frac{rise}{run} \bullet \frac{180}{\pi} \qquad (2)\ [13.]$$

V programu ArcGIS je sklon vypočítán pomocí Hornové metody, která počítá výslednou hodnotu z okolích 8 buněk. Na obr. 13 můžeme vidět středovou buňku **e**, pro kterou se počítá výsledná hodnota z okolních 8 buněk (a-i).

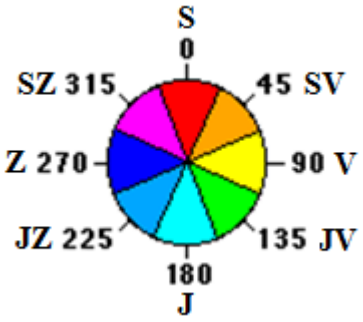
a	b	c
d	e	f
g	h	i

Obr. 13 Výpočet středové buňky sklonu svahu z 8 okolních buněk.

Tato metoda je výhodná pro nerovné povrchy vzhledem k výpočtu z okolí. Nižším hodnotám sklonu svahu odpovídá plošší terén, zatímco vyšší hodnoty znázorňují strmější povrch.

7.2 Orientace svahů

Orientace svahů je směr nejstrmějšího poklesu svahu ke světovým stranám. Je založena na první derivaci povrchu stejně jako sklon svahu. Orientace je udávána ve stupních ve směru hodinových ručiček od severu. Na obr. 14 můžeme vidět barevně rozlišené jednotlivé směry orientace se střední hodnotou ve stupních pro každý směr. Orientace svahu mám udává směr odtoku. Jelikož orientace vychází ze sklonu svahu, tak se zmenšujícím sklonem se stává méně významnou až matematicky nedefinovanou při hodnotě sklonu svahu 0 [14.].



Obr. 14 Znázornění orientace ke světovým stranám.

Stejně jako u sklonu svahu, také orientace se v programu ArcGIS počítá pomocí Hornové metody. Výsledná středová hodnota **e** je vypočítaná z okolních 8 buněk.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Obr. 15 Výpočet středové buňky orientace svahu z 8 okolních buněk.

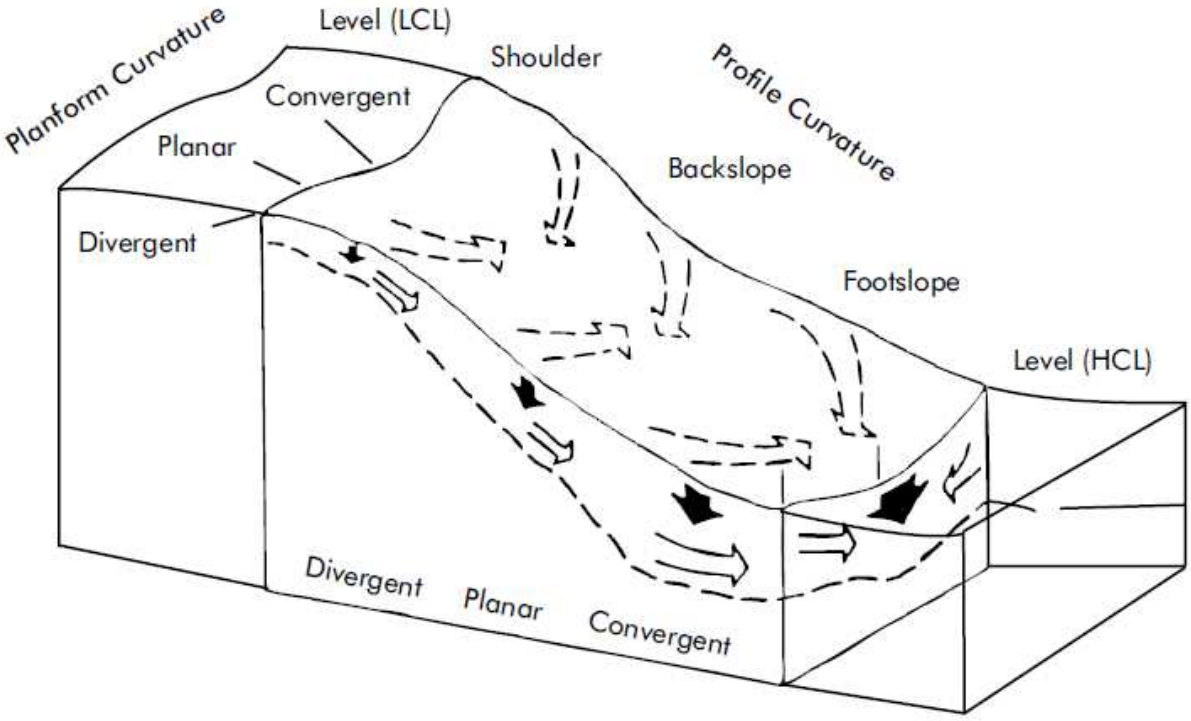
7.3 Křivosti

Křivosti povrchu vycházejí ze druhé derivace povrchu a skládají se ze dvou částí:

a) planární křivost (horizontální zakřivení)
b) profilová křivost (vertikální zakřivení)

Planární (horizontální) křivost vyjadřuje míru změny orientace podél vrstevnice. Má vliv na soustředění vody při protékání krajinou. Planární křivost určuje konvergenci či divergenci povrchu, tj. identifikaci vrcholů, hřbetů nebo depresí. Kladné hodnoty nám ukazují hřbety, záporné hodnoty údolí. Plochý terén má hodnotu 0.

Profilová (vertikální) křivost udává změnu sklonu svahu ve směru podél linie odtoku (ve směru spádnice). Profilová křivost tedy ovlivňuje zrychlení či zpomalení vody a rozlišuje nám horní a dolní svahy. Kladná profilová křivost nám identifikuje konvexní (vypouklé) svahy zatímco záporná nám ukazuje místa s konkávními (vydutými) svahy. Nulová hodnota pro ploché svahy.



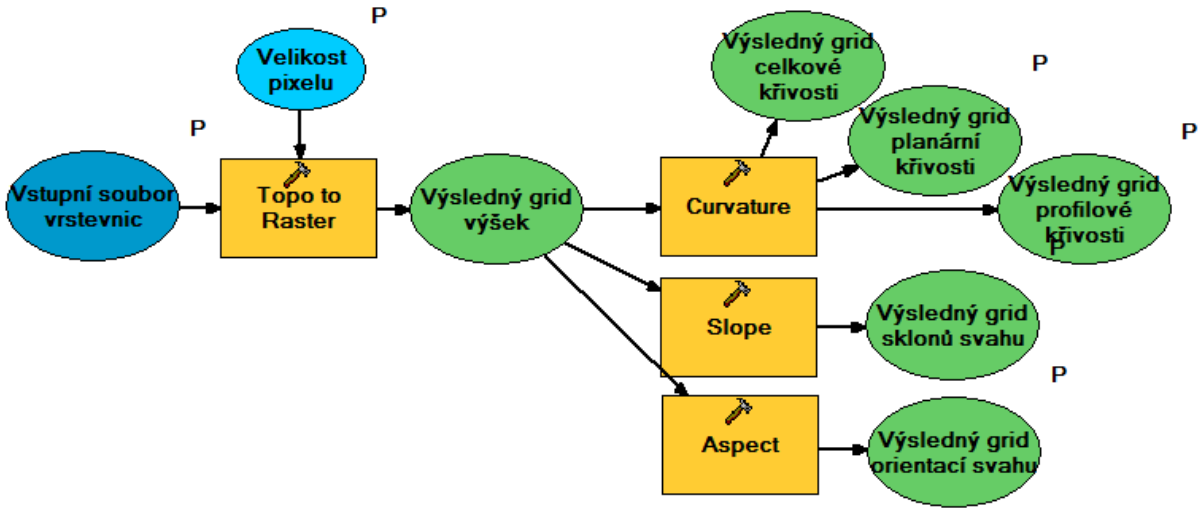
Obr. 16 Jednotlivé části svahu a pravděpodobný pohyb vody (zdroj: Pennock et al.) [9.].

Na obr. 16. můžeme vidět pěkně znázorněné jednotlivé části svahu s rozdílnou konvergencí a divergencí. Šipky nám ukazují pravděpodobný odtok vody.

8 POSTUP IDENTIFIKACE ŘÍČNÍHO PIRÁTSTVÍ

Z nastudované teorie bylo stanoveno několik parametrů, které jsou velmi zásadní pro správnou identifikaci říčního pirátství. Na základě analýz na digitálním modelu reliéfu byly zkoumané nadmořské výšky, sklony svahu, orientace svahu a křivosti.

Pro vytvoření souhrnu všech zkoumaných analýz byl vytvořen model toolboxu v programu ArcGIS (Obr. 17). Vstupním souborem je vrstva vrstevnic. Pro hydrologické analýzy je velmi užitečný interpolační nástroj *Topo to Raster*, který ze vstupních vrstevnic vytvoří grid výšek. Hledané analýzy křivostí, sklonu svahu a orientací svahu se jednoduše vypočítají z gridu výšek pomocí nástrojů *Curvature, Slope a Aspect*.



Obr. 17 Model pro tvorbu gridu a následné analýzy.

Tento model byl poté aplikován na můj vlastní vrstevnicový model vrstevnic, který přesně vystihuje proces říčního pirátství. V místech říčního pirátství se zkoumaly jednotlivé analýzy a byly hledané charakteristické rysy pro říční pirátství.

Na základě těchto analýz se zjistilo, že:

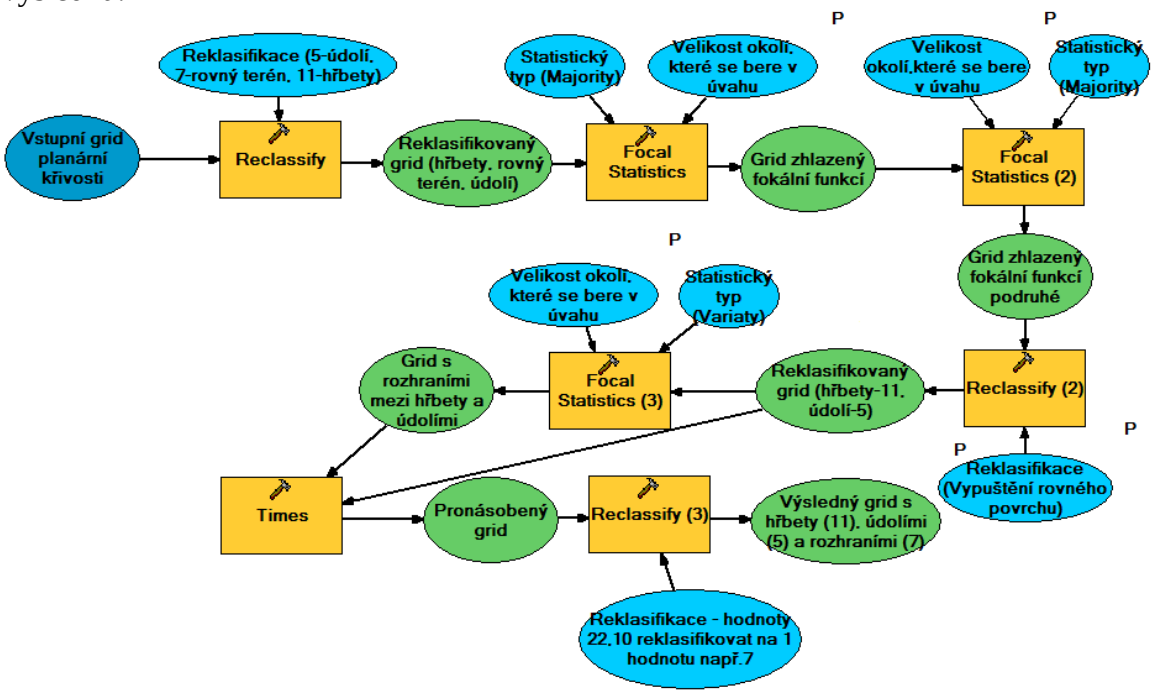
- Říční pirátství se vyskytuje v místech **sedel** (tzn. kde vodní tok prochází skrz pásmo hřebů) – stanoveno z analýzy planární křivosti.
- V místě načepování aktivního toku do jiného toku se **orientace rozbíhá do několika směrů** – stanoveno z analýzy orientací svahu.
- Aktivní tok má daleko **větší výškové převýšení a sklony svahu** díky zpětné erozi než výše položený méně aktivní vodní tok – stanoveno z analýzy sklonu svahu a gridu výšek.

Po stanovení výše popsaných parametrů, které jsou velmi zásadní při identifikaci říčního pirátství se s těmito parametry dále pracovalo. Pro podrobnější analýzu každého zkoumaného parametru byl vytvořen model toolboxu, který tato místa přesně identifikuje.

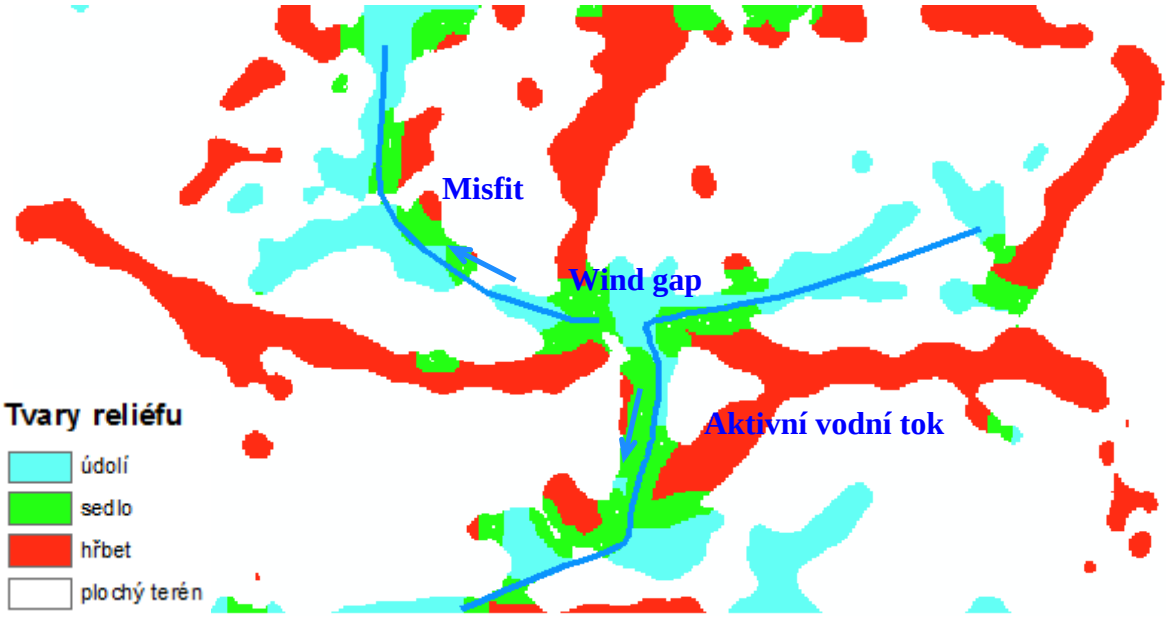
8.1 Model pro identifikaci sedel

Model pro identifikaci rozhraní mezi hřbety a údolí (sedla) je vytvořen ze série příkazů následujících po sobě. Do výpočtu analýzy na gridu vstupují nástroje mapové algebry.

Vstupním souborem je vrstva planární křivosti. Jelikož tato vstupní vrstva obsahuje velkou stupnici hodnot, je potřeba ji reklasifikovat na tři hodnoty pomocí nástroje *Reclassify*. Reklasifikovaný grid bude mít hodnotu 5 – pro záporné hodnoty označující údolí, 7 – pro plochý terén (hodnoty okolo nuly) a hodnotu 11 budou mít po reklasifikaci hřbety hor (kladné hodnoty). Reklasifikovaný povrch je potřeba „očistit“ nástrojem *Focal Statistics* – funkce *Majority*. Na gridu nám zůstanou jen důležitá pásma hřbetů a údolí, lokální malá území vypadnou. Možné je použít tuto funkci jednou nebo dvakrát po sobě. V případě, kdy už není potřeba druhé zhlazení, tak se nastaví velikost okolí 1x1 a grid zůstane nezměněn. Následuje druhá reklasifikace, kdy se vypustí plochý terén, který není podstatný a komplikoval by další postup. Nejdůležitější částí je použití nástroje *Focal Statistics* – funkce *Variaty*, která na základě různých hodnot v okolí najde rozhraní mezi hřbety a údolími. Nástojem *Times* a třetí reklasifikace se grid jen upraví do hledaného výsledku.



Obr. 18 Model na vytvoření rozhraní mezi hřbety a údolími.



Obr. 19 Výsledek modelu pro identifikaci rozhraní mezi hřbety a údolími.

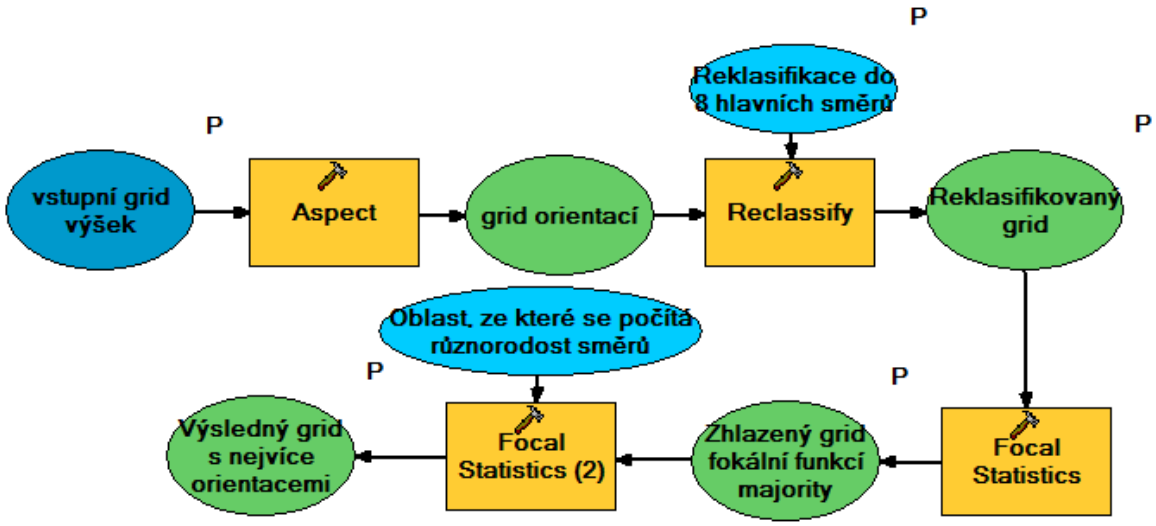
Na obr. 19 jsou vidět rozhraní mezi hřbety a údolími (sedla) znázorněné zelenou barvou. Zelená barva je nejvíce koncentrována na aktivním vodním toku, který zpětně erodoval do výše položeného toku. Místo mezi aktivním vodním tokem a pozůstatkem po načepovaném vodním toku (Misfit) označené Wind gap je také sedlem a tudíž je také zeleně. Ostatní zelené místa vycházejí z charakteru povrchu a nejsou důležitá. Červená znázorňuje hřbety hor a modrá údolí vodních toků.

8.2 Model pro identifikaci oblastí s největší různorodostí orientací

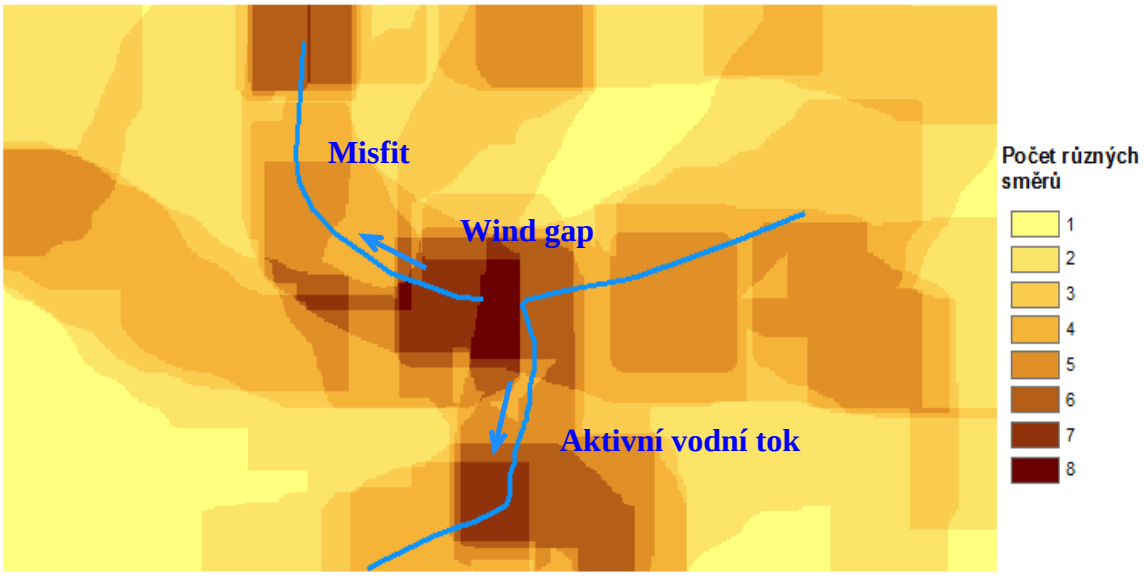
Vstupním souborem tohoto modelu je grid výšek, ze kterého se nástrojem *Aspect* vytvoří grid orientací. Následně je grid reklasifikován do 8 hlavních směrů (S, SV, V, JV, J, JZ, Z, SZ) viz tab. 1. *Focal Statistics – Majority* slouží ke zhlazení povrchu stejně jako u předchozího modelu sedel. Posledním krokem je výpočet různorodosti orientací pomocí nástroje *Focal Statistics* – fukce *Variaty*, kde se hodnoty počítají z nějakého okolí.

Tab. 1 Reklasikace orientací do 8 hlavních směrů

Old values	New values
0 - 22,5	1
22,5 - 67,5	2
67,5 - 112,5	3
112,5 - 157,5	4
157,5 - 202,5	5
202,5 - 247,5	6
247,5 - 292,5	7
292,5 - 337,5	8
337,5 - 360	1
NoData	NoData



Obr. 20 Model pro identifikaci oblastí s největší různorodostí orientací.



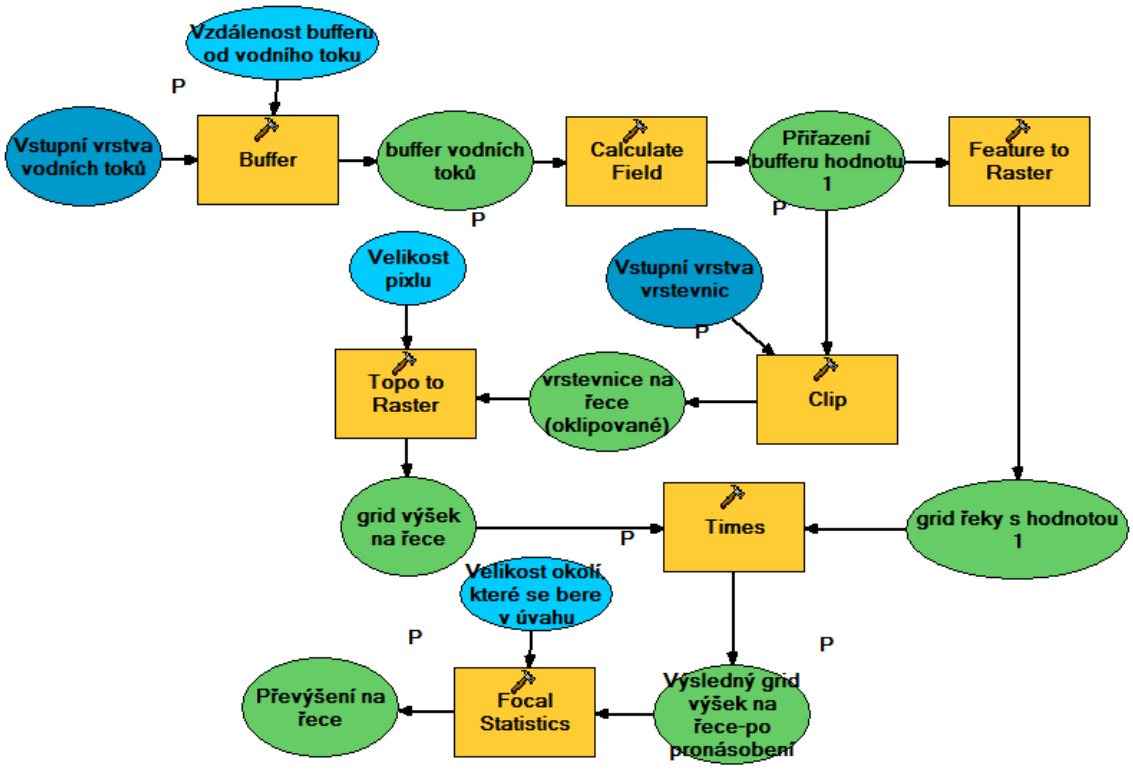
Obr. 21 Výsledek modelu pro identifikací oblastí s největší různorodostí orientací.

Z obr. 21 je patrné, že v místě načepování dvou vodních toků (resp. v místě Wind gap) se orientace rozbíhá do všech osmi různých směrů. Stanovení míst s velkou různorodostí orientací je velmi charakteristické říčního pirátství.

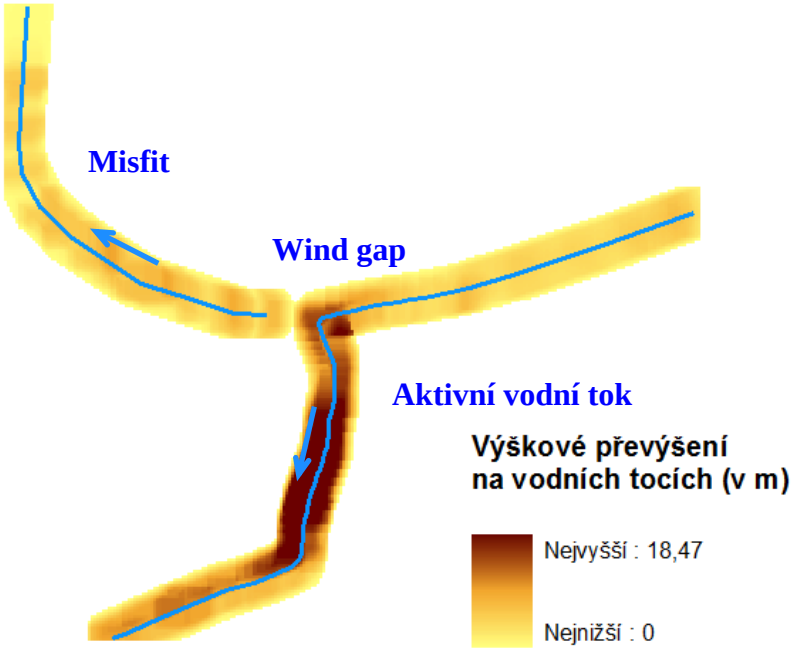
Pro usnadnění vyhledávání typických míst pro říční pirátství došlo k pronásobení gridu pro identifikaci sedel s gridem různorodostí orientací. Z toho nám vzešla podezřelá místa s možností říčního pirátství.

8.3 Model pro vytvoření převýšení vodních toků

Posledním modelem, který nám ukazuje důležité informace o říčním pirátství je model na vytvoření výškového převýšení na vodních tocích. Vstupními soubory jsou vrstvy vodních toků a vrstva vrstevnic. Z vrstvy vodních toků se vytvoří obalová zóna (buffer), kde vzdálenost si volí uživatel. Doporučuje se obalová zóna vytvořit do vzdálenosti, která vystihuje údolí vodního toku. Nástroj *Calculate Field* přiřadí celé obalové zóně jednotnou hodnotu 1, aby se tato polygonová vrstva mohla být převedena na raster (nástroj *Feature to Raster*). Vstupní vrstva vrstevnic je ořezaná polygonovou vrstvou bufferu nástrojem *Clip*. Z ořezaných vrstevnic vodních toků je vytvořen grid výšek (nástroj *Topo to Raster*). Následně je grid výšek a raster buffer zóny pronásoben mezi sebou a výsledkem je jen grid výšek vodních toků. Výpočet převýšení na řece se děje nástrojem *Focal Statistics* – funkce *Range*. Každému pixelu je přiřazena hodnota rozsahu hodnot z okolí (maximální – minimální hodnota z okolí).



Obr. 22 Model pro vytvoření převýšení vodních toků.



Obr. 23 Výsledek modelu pro vytvoření převýšení na vodních tocích.

V místě, kde si vodní tok prořezal cestu skrz horský hřbet je daleko větší výškové převýšení než u méně aktivního, jak můžeme vidět z obr. 23. Je to způsobeno zpětnou erozí vodního toku, kdy řeka má velkou erozní sílu prohlubovat si své koryto.

9 VÝSLEDKY

Výsledné analýzy vytvořené na modelovém příkladu se poté aplikovaly na celé zájmové území Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů. V analýzách na celém území se pracovalo s rozlišení 20 m / pixel. Na základě podrobnosti vstupních dat, ze kterých se analýzy stanovovaly, se vytipovala nejpravděpodobnější místa, kde může vzniknout, případně už vzniklo říční pirátství. Jedná se o místa, která se nejvíce blíží svými parametry k říčnímu pirátství. Nedá se s určitostí říci, že v těchto místech se skutečně jedná o říční pirátství. Místo, které by svými parametry odpovídalo modelovému příkladu se v zájmovém území nevyskytuje. Gridy pro jednotlivá podezřelá místa pirátství jsou potom v rozlišení 5 m pro lepší vizualizaci (kromě analýzy sedel, která je brána z analýzy celého území v přesnosti 20 m). Mapa lokalizací vytipovaných míst je přiložena k práci (příloha 1). Jednotlivé příklady v přílohách se liší podle toho, které parametry byly nejtypičtější pro ten konkrétní příklad pirátství.

9.1 Podezřelá místa říčního pirátství

Oblast údolí řeky Šťávnice a pravého přítoku řeky Svíborky (příloha 2**)**

Oblast se nachází u hlavního hřebene Vizovické vrchoviny u obce Loučka, 6 km severně od obce Vizovice. Pravý přítok řeky Svíborka, který patří do povodí řeky Vláry, pramení v centrální části Vizovické vrchoviny a odtéká jižním směrem. V blízkosti tohoto toku pramení řeka Šťávnice tekoucí směrem k jihozápadu. Jelikož řeka Šťávnice je níže položeným tokem s větším výškovým převýšením, je zde možnost zpětné eroze a případného načepování do pravého přítoku řeky Svíborky.

Pramen řeky Šťávnice se nachází v nadmořské výšce 390 m n. m. Pravý přítok řeky Svíborky protéká ve vyšší nadmořské výšce, proto je zde předpoklad k říčnímu piráství. Také řeku Šťávnici můžeme považovat za aktivní vodní tok vzhledem ke svému většímu výškovému převýšení a většímu spádu a tím i k většímu předpokladu zpětně erodovat. Paralelní levý přítok řeky Šťávnice tekoucí v kolmém směru na přítok Svíborky je možné pokládat také za aktivní tok možný zpětně erodovat.

Oblast údolí řeky Malé Brodské a toku Kobylské (příloha 3**)**

Území těsného sousedství toků Malá Brodská a řeky Kobylská se nachází v samotném středu Vsetínských vrchů přibližně 5 km od obce Nový Hrozenkov a 15 km od centra celé oblasti města Vsetína. Řeka Kobylská pramení v jednom z centrálních hřebenů pod vrcholem Tanečnice (912 m n.m.). V kolmém směru na tok Kobylská teče

Malá brodská. Řeky od sebe odděluje jen malý hřbet se sedlem. Pramen Kobylské je ve výšce asi 840 m n. m., přičemž Malá Brodská má pramen v nadmořské výšce 750 m n. m.

V této lokalitě je pravděpodobné, že si vodní tok Malé Brodské prorazí cestu zpětnou erozí k výše položenému toku řeky Kobylské. Dá se říci, že v pramenné části toku Malé Brodské je o něco větší výškové převýšení, což může napomoci k rychlejší zpětné erozi a následnému načepování výše položeného toku. Na příloze 3 můžeme vidět analýzu převýšení vodních toků a analýzu typů reliéfu v okolí Malé Brodské. Z analýzy typů reliéfu je vidět, že mezi oběma toky se nachází sedlo, kde se orientace rozbíhá do všech osmi možných orientací. Právě přes toto sedlo by si tok Malá Brodská mohl přeřezat své koryto k výše položenému toku Kobylské.

Oblast dvou pravých přítoků Miloňovského potoka (příloha 4)

Území možného vzniku říčního pirátství se nachází ve východní části Vsetínských vrchů u obce Miloňov, 3 km severně od Velkých Karlovic. Jedná se o velmi podobný příklad jako v oblasti toků Malé Brodské a Kobylské. Vzhledem k tomu, že se jde o malé přítoky Miloňovského potoka a jsou bez názvu, pracovně je označím jako „přítok 1“ a „přítok 2“. Pramen ramena přítoku 1 se nachází v nadmořské výšce 760 m n. m. Výše položený přítok 2 má pramen ve výšce 805 m n. m. Přítok 1 teče v kolmém směru na přítok 2. Možnost říčního pirátství tedy spočívá ve zpětné erozi přítoku 1 a načepování do přítoku 2. Z analýzy převýšení vyplývá, že přítok 1 má srovnatelné výškové převýšení jako přítok 2, proto zde mohou být spekulace o možnosti pirátství.

Pirátství přítoku Olše do přítoku Horského potoka (příloha 5)

Jediný příklad říčního pirátství, ke kterému pravděpodobně došlo, se vyskytuje téměř v samotném středu Vizovické vrchoviny v oblasti centrálního hřbetu. Oblast se nachází asi 3 km severně od obce Horní Lhota a 6 km jihozápadně od centra celé oblasti města Vizovic. S největší pravděpodobností pravý přítok řeky Olše si proti směru toku prořezal cestu skrz hřeben hor a uloupil horní část přítoku Horského potoka. Podrobné schéma celého procesu je názorné na příloze 5. Parametry výškového převýšení z přílohy moc pirátství nenasvědčují, proto se můžeme jen domnívat, zda-li k pirátství na tomto příkladě skutečně došlo.

Příklad chybné identifikace říčního pirátství v oblasti přítoku Rackové a Hostišovského potoka (příloha 6)

Tento příklad dvou přítoků Rackové a Hostišovského potoka byl vybrán záměrně jako chybná oblast, kde říční pirátství není možné. Oblast se nachází v severozápadní

části Vizovické vrchoviny přibližně 4 km severně od města Zlín. Na první pohled by se mohlo zdát, že v této oblasti může nastat říční pirátství. Přítok Rackové teče v kolmém směru od toku Hostišovského potoka. V úvahu tedy připadá, že se přítok Rackové zpětnou erozí načepuje do Hostišovského potoka. K tomu, ale nemůže dojít z důvodu toho, že Hostišovský potok v této oblasti se nachází v téměř srovnatelné nadmořské výšce než prameny přítoků Rackové. Na příloze 6 je krásně vidět výškové převýšení přítoku Rackové k Hostišovskému potoku. Z převýšení je vidět, že od pramene přítoku Rackové sice nadmořská výška roste, ale poté klesá do údolí Hostišovského potoka. Není tedy možnost zpětné eroze ani načepování toků do sebe.

Silné a slabé stránky postupu identifikace

+ vlastní vrstevnicový model charakteristický pro říční pirátství
+ analýzy křivostí, orientací a výšek umožňující detekovat různé vlastnosti povrchu
+ nalezení typických parametrů pro pirátství (sedla, převýšení, rozbíhání orientace do všech směrů)
+ tvorba toolboxů pro opakované použití

− nejednoznačnost výsledků
− podrobnost vstupních dat a rozlišení gridu
− výsledky stanovené jen na základě analýz na gridech
− náročnost některých výpočtů pro software

10 DISKUZE

Problematika celého procesu říčního pirátství je natolik složitá, proto tento jev se dá jen občas identifikovat. Stěžejní části celé práce byla nastudovat podrobná teorie o tomto jevu.

Říční pirátství je velmi specifický proces, kterému z mého pohledu není věnována taková pozornost, jakou by si zasloužil. Tomu také odpovídá počet dostupných materiálů, které se této problematikou věnují. V česky psané literatuře neexistuje ucelené dílo, jež by se tímto procesem zabývalo. Když už se v textu pojem říčního pirátství objevil, tak byl popsán velmi stručně. Většina nastudované teorie pochází z anglické literatury, ale i u té jsou popsané jen charakteristické rysy a postup identifikace chybí.

Tato práce popisuje identifikaci říčního pirátství z obecného hlediska na základě analýz z gridu. Identifikovat pirátství má smysl na územích, která k tomu mají předpoklady. To jsou místa s větší náchylností na tektonické procesy a erozní sílu vodních toků (např. oblast flyšů Vsetínských vrchů a Vizovické vrchoviny). Vzhledem ke složitosti získání dat o geologii území tato problematika nebyla brána v úvahu. Práce je zpracována z obecného pohledu s vytyčením nejzákladnějších charakteristik říčního pirátství.

DMR zájmového území byl vytvořen z vrstevnic 1 : 25 000. Vzhledem k velkému výškovému převýšení oblasti Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů podrobnější vrstevnice v měřítku 1 : 10 000 neměla smysl, protože podrobnost byla úplně stejná s krokem 5 m.

Pro celé zájmové území byl vytvořen grid s rozlišení 20 m na pixel. Bylo potřeba vytvořit DMR co nejpodrobnější, aby se neztratila důležitá místa. Také toto rozlišení vyhovovalo všem prováděným analýzám. Na ještě podrobnější model už nestačil výkon počítače.

Software ArcGIS byl pro práci nejvýhodnější, protože obsahoval všechny potřebné nástroje k identifikaci. Navíc nástroj *Model builder* umožnil vytvořit vlastní modely analýz jako sérii po sobě jdoucích operací.

Problémem k analýzám byla vstupní vrstva vodních toků zájmového území, která kromě linií toků obsahovala i uzavřené linie rybníků, nádrží, přehrad atd. Nepotřebné objekty musely být odstraněny, aby do analýz vstupovala jen čistá vrstva s liniemi vodních toků.

Stanovení konečných výsledků podezřelých míst se určilo na základě provedených analýz sedel, orientací a převýšení vodních toků, ale také z mého vlastního úsudku. Analýzy nám naleznou velké množství podezřelých míst, ale u převážné většiny z nich se o pirátství nejedná. Proto na řadu přišel můj subjektivní názor pro vytipování výsledků. Vliv na výsledné příklady má také kvalita vstupních dat a měřítko, ve kterém se pracovalo.

Teorie říčního pirátství, jak už bylo řečeno ve velmi složitá. Tato práce poukazuje na ty nejzákladnější faktory charakteristické pro pirátství. Nabízí se celá řada možností, která by tuto identifikaci zpřesnila. Ať už se jedná o geologii či zkoumání hydrologických ukazatelů (např. průtoku). Ale tohle už jsou jen další náměty k pokračování práce do budoucna.

11 ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvoření metodiky neboli postupu, který nám umožní identifikovat říční pirátství. Samotná identifikace se zakládá na analýzách digitálního modelu reliéfu. Analýzy jsou schopné detekovat různé tvaru reliéfu, které jsou výsledkem nějakého procesu. Na základě těchto analýz byla na zájmovém území Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů vytipována místa podezřelá z říčního pirátství.

Práce se skládala z nastudování podrobné teorie o geomorfologickém jevu říčního pirátství. Teoretická část byla velmi důležitá ke správnému pochopení podstaty celého procesu. Podrobně byly popsané mechanismy zapříčiňující vznik říčního pirátství, dále typy a znaky vystihující tento jev.

Pro práci byl vytvořen vlastní modelový příklad, který přesně tento proces charakterizuje. Na základě tohoto modelu byly odvozené parametry, které jsou zásadní pro přesnou identifikaci. K odvození parametrů nám posloužily analýzy křivostí, orientací a výšek. Jednotlivé parametry byly dále upravované nástroji mapové algebry.

Byly vytvořené čtyři modely toolboxů v prostředí ArcGIS, které nám umožňují na základě analýz najít podezřelá místa říčního pirátství. Kromě nástroje, který nám najednou vytvoří všechny potřebné analýzy (tj. křivost, orientace a výšky), další tři modely nám identifikují oblasti sedel, místa s největší různorodostí orientací a převýšení na vodních tocích. Z tohoto vzešla podezřelá místa v zájmovém území. Jednotlivé příklady je možné vidět na přílohách 1-6.

Práce by měla sloužit k objasnění celého procesu říčního pirátství, jakým způsobem se tento jev projevuje. Dále práce ukazuje jeden z možných postupů, jakým se k identifikaci říčního pirátství dá dojít. Byl bych rád, aby tato práce nebyla přínosem jen pro mě, ale také i pro další studenty a zájemce o dané téma.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

[1.] BURROUGH, P. A. - McDONNELL, R. *Principles of geographical information systems*. New York: Oxford University Press, 1998, 333 s.

[2.] CULEK, M. a kol. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 1996, 347 s. ISBN 80-85368-80-3.

[3.] DEMEK, J. a kol. *Zeměpisný lexikon ČSR Hory a nížiny*. Vydání 1. Praha: Academia, 1987, 584 s.

[4.] HODGSON, S. - RUMOR, M. - HARTS, J. - EUROGI (Organization) *Geographical information '97*. Svazek 2. Penn State Press, 1997, 634 s.

[5.] CHÁBERA, S. *Geomorfologie*. Vydání 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1996, 151 s. ISBN 80-7040-208-3.

[6.] KLIMÁNEK, M. *Digitální modely terénu*, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 2006, 85 s. ISBN 80-7157-982-3.

[7.] LI, Z. – ZHU, Q. – GOLD, Ch. *Digital terrain modeling: principles and metodology*. CRC Press, 2005. 318 s. ISBN 0-415-32462-9.

[8.] MACUR, Lukáš. *4D modelování geomorfologických procesů v okolí sesuvu Brodská*. Olomouc, 2006. 38 s. Bakalářská práce. Univerzita Palackého, Fakulta přírodovědecká, Katedra geoinformatiky.

[9.] PENNOCK, D.J.; ZEBARTH, B.J.; DE JONG, E. *Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada*. Geoderma. 1987, 40, s. 297-315.

[10.] RHODES W. FAIRBRIDGE. *The Encyclopedia of Geomorphology*. Volume III. New York: Reinhold Book Corporation, 1968, 1295 s.

[11.] VOŽENÍLEK, V. *Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2001, 185 s. ISBN 80-244-0383-8.

[12.] VOŽENILEK, V. *Diplomové práce z geoinformatiky*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002, 31 s. ISBN 80-244-0469-9.

Internetové zdroje

[13.] *ArcGIS Desktop Help 9.3 – How Slope works* [online]. 2010, poslední revize 13.4.2010 [cit. 2011-14-05]. Dostupné z WWW:

<http://webhelp.esri.com/arcgiSDEsktop/9.3/index.cfm?TopicName=How%20Slope%20works>.

[14.] *ArcGIS Desktop Help 9.3 – How Aspect (3D Analyst) works* [online]. 2010, poslední revize 5.10.2010 [cit. 2011-14-05]. Dostupné z WWW: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=How%20Aspect%20%283D%20Analyst%29%20works>.

[15.] *CRSQ Articles - Water Gaps in the Alaska Range* [online]. 2001 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <http://www.creationresearch.org/crsq/articles/44/44_3/Water_Gaps.htm>.

[16.] *Geologie* [online]. 2004 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <http://geologie.vsb.cz/geologie/KAPITOLY/8_EXOGENN%C3%8D_PROCESY/8_exo_geod_procesy_soubory/image015.jpg >.

[17.] HRUBAN Robert, *.:MK | Geomorfologie:*. [online]. 2007, poslední revize 12.1.2011 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <http://www.moravske-karpaty.cz/priroda_soubory/geomorfologie/geomorfologie.htm>.

[18.] *ScienceDirect - Geomorphology : Stream capture and piracy recorded by provenance in fluvial fan strata* [online]. 2010 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: < http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V93-4X7R7VP-2&_user=990403&_coverDate=03%2F01%2F2010&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000049942&_version=1&_urlVersion=0&_userid=990403&md5=50e2c20c24ea1a1720a7063b4d8b3f9c&searchtype=a>.

[19.] *Sowetan:Help for Matrics » Blog Archive» GEOGRAPHY (LESSON 16)* [online]. 2009 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <http://blogs.sowetanlive.co.za/matrics/2009/08/12/geography-lesson-16/>.

[20.] *Stream capture - Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. 2009, poslední revize 6.12.2010 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: < http://en.wikipedia.org/wiki/River_capture>.

SUMMARY

The aim of the bachelor thesis called The Identification of the Stream Piracy in Water Flow from Digital Terrain Model is the building of methodology about identification of river piracy. The identification is based on analyses of surface.

Stream capture occurs when an actively eroding low level stream encroaches on the drainage of a nearby stream flowing at a higher level and diverts part of the water of the higher stream. It may be caused by abstraction, or headward erosion, lateral planation, or subterranean diversion. The piracy stream may be called the captor, diverter or predatory stream [10.].

In the practical part of this work, model of river piracy was created. On the basis this model, analyses of surface were created. Planar curvature, aspect and highs of surface were examined. On the basis analyses of surface, characteristic parameters of river piracy were determined. River piracy is situated in the place, where is saddle, maximal aspect and larger crossfall on river.

River piracy was searched in region Vizovická vrchovina Mts. and Vsetínské vrchy Mts. in the flysch rocks of south-east Moravia. Five presumable examples of river piracy were decsribed and visualized.

The bachelor thesis should serve as an explanation of whole theory about the river piracy. This work also shows one possible way of identification of stream piracy. This work should be a helpfull contribution for students and everybody, who is interested in this subject.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy:

Příloha 1 Pravděpodobná místa říčního pirátství na území Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů

Příloha 2 Říční pirátství toku Šťávnice do pravého přítoku řeky Svíborky

Příloha 3 Říční pirátství toku Malé Brodské do řeky Kobylské

Příloha 4 Říční pirátství dvou přítoků Miloňovského potoka

Příloha 5 Říční pirátství přítoku Olše do přítoku Horského potoka

Příloha 6 Chybný příklad říčního pirátství přítoků Rackové do Hostišovského potoka

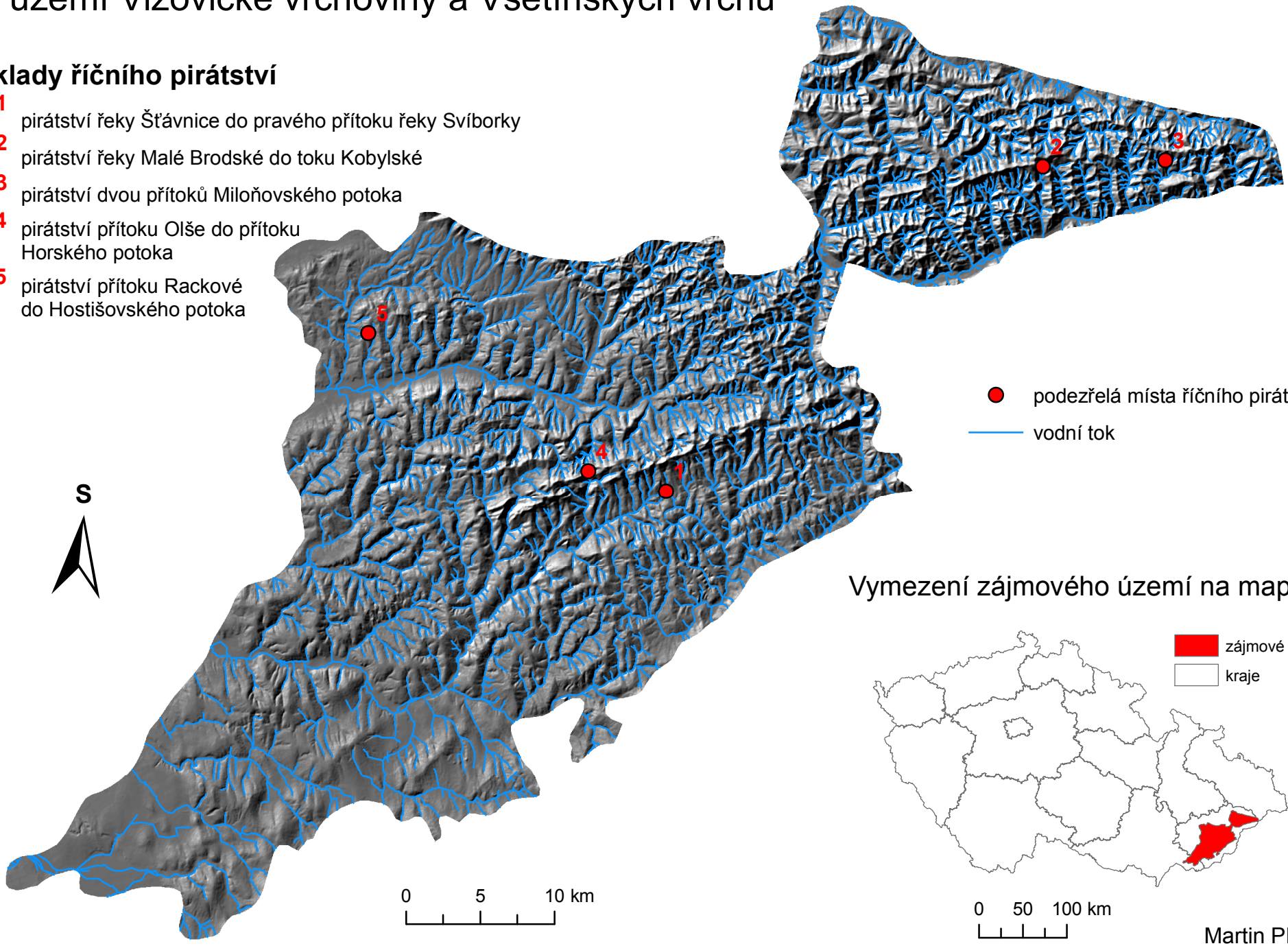
Příloha 7 DVD s daty, výstupy, textem a webovou prezentací

PRAVDĚPODOBNÁ MÍSTA ŘÍČNÍHO PIRÁTSTVÍ

na území Vizovické vrchoviny a Vsetínských vrchů

Příklady říčního pirátství

1. pirátství řeky Šťávnice do pravého přítoku řeky Svíborky
2. pirátství řeky Malé Brodské do toku Kobylské
3. pirátství dvou přítoků Miloňovského potoka
4. pirátství přítoku Olše do přítoku Horského potoka
5. pirátství přítoku Rackové do Hostišovského potoka

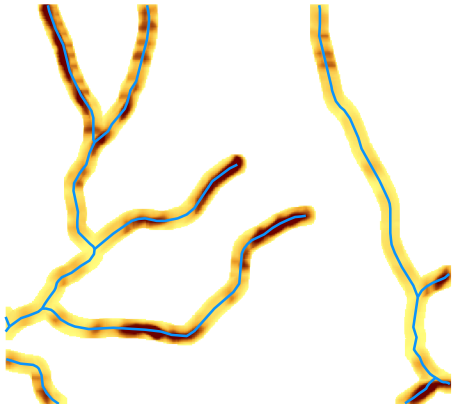


Vymezení zájmového území na mapě ČR

Martin PEŠKO
Olomouc 2011

ŘÍČNÍ PIRÁTSTVÍ TOKU ŠŤÁVNICE DO PRAVÉHO PŘÍTOKU ŘEKY SVÍBORKY

Převýšení na vodních tocích



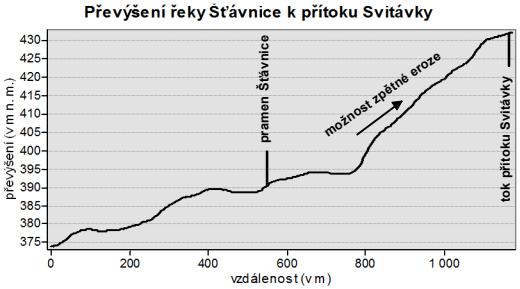
Převýšení (v m)

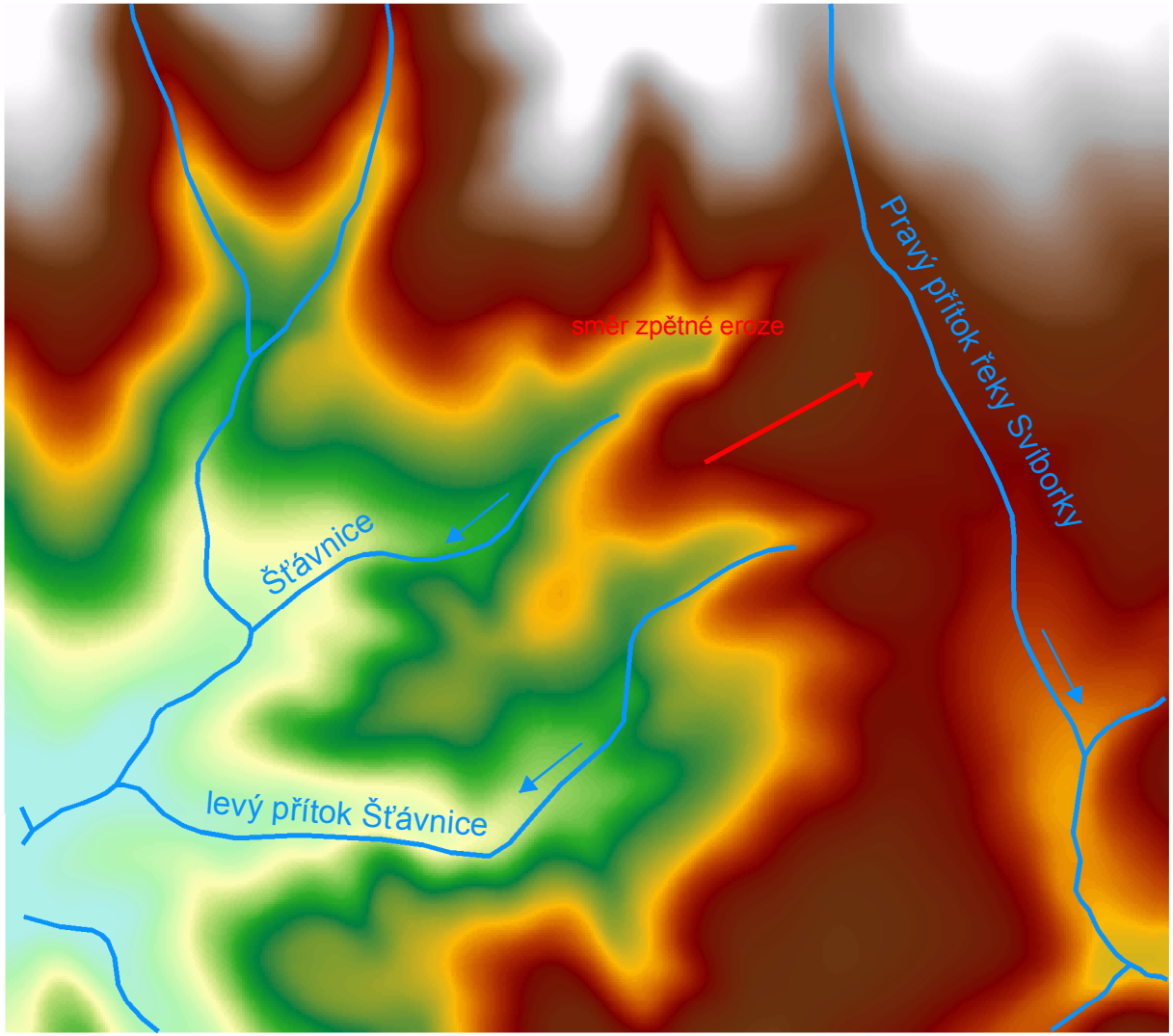
13

0

0 250 500 m

vodní tok





S

Nadmořská výška (v m n.m.)

491

342

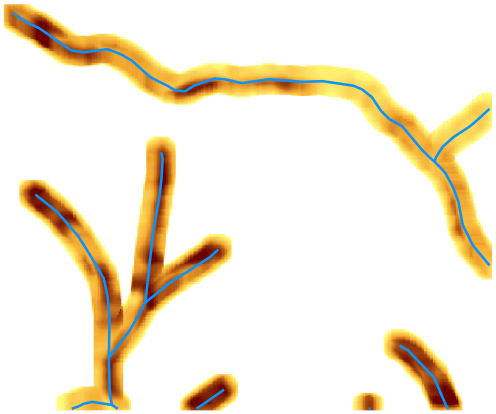
vodní tok

0 500 1 000 m

Martin PEŠKO
Olomouc 2011

ŘÍČNÍ PIRÁTSTVÍ TOKU MALÉ BRODSKÉ DO ŘEKY KOBYLSKÉ

Výškové převýšení na vodních tocích



Převýšení (v m)

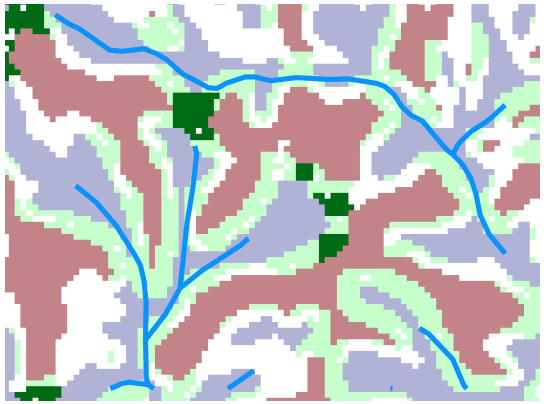
19

0

0 250 500 m

vodní tok

Analýza sedel a orientací



Typ reliéfu

údolí

hřbet

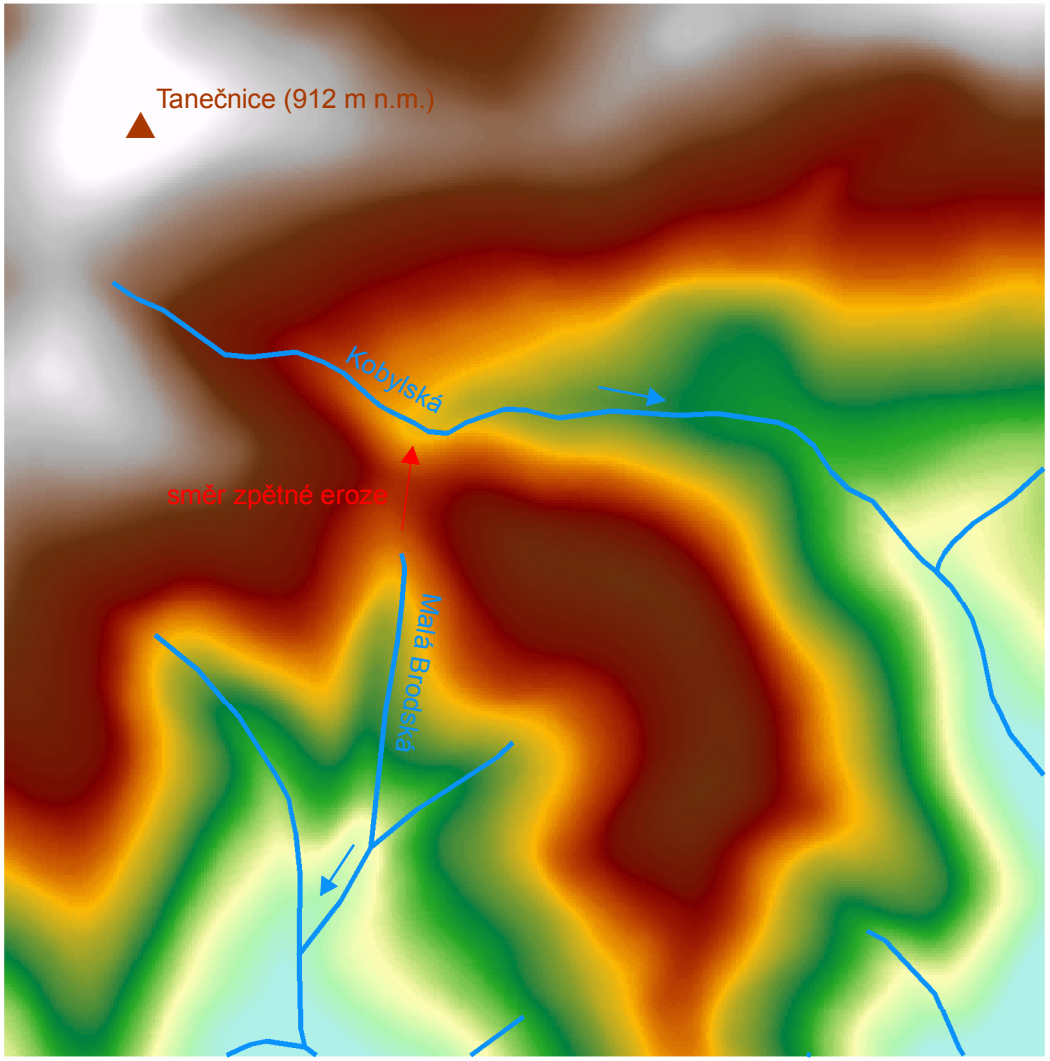
plochý terén

sedlo

sedlo s maximální orientací

vodní tok

0 250 500 m



0 500 1 000 m

S

Nadmořská výška (v m n. m.)

912

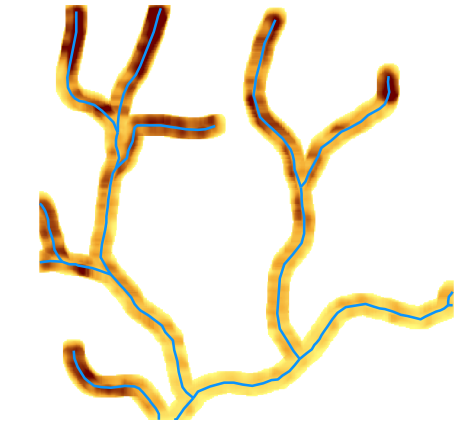
579

vodní tok

Martin PEŠKO
Olomouc 2011

ŘÍČNÍ PIRÁTSTVÍ DVOU PŘÍTOKŮ MILOŇOVSKÉHO POTOKA

Výškové převýšení na vodních tocích



Převýšení (v m)

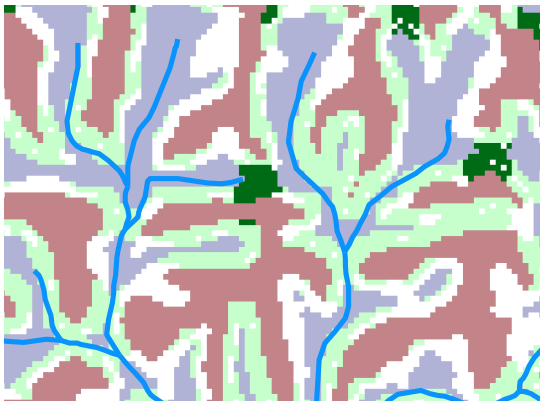
20

0

vodní tok

0 250 500 m

Analýza sedel a orientací



Typ reliéfu

údolí

hřbet

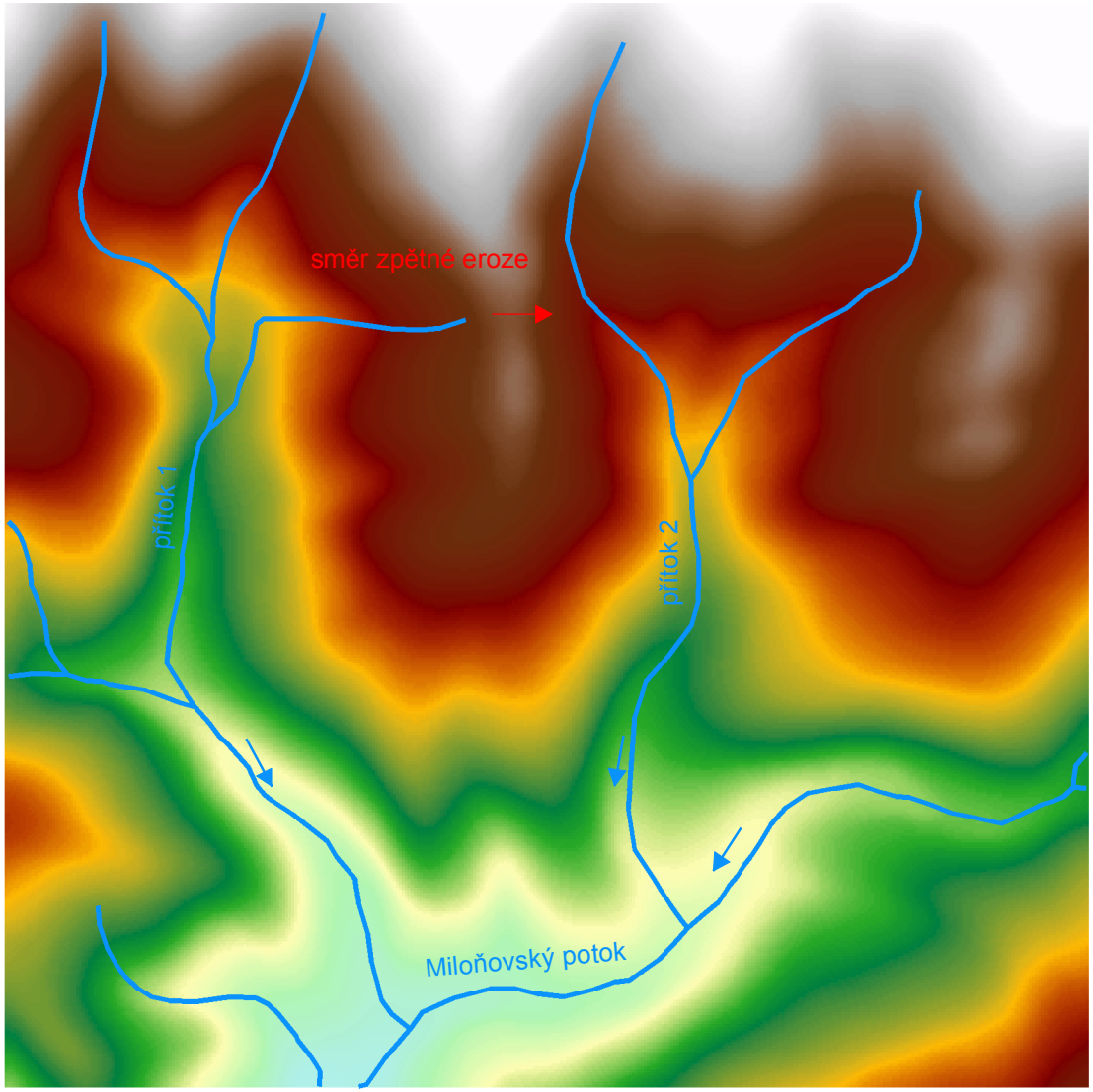
plochý terén

sedlo

sedlo s maximální orientací

vodní tok

0 250 500 m



0 500 1 000m

S

Nadmořská výška (v m n. m.)

879

578

vodní tok

Martin PEŠKO
Olomouc 2011

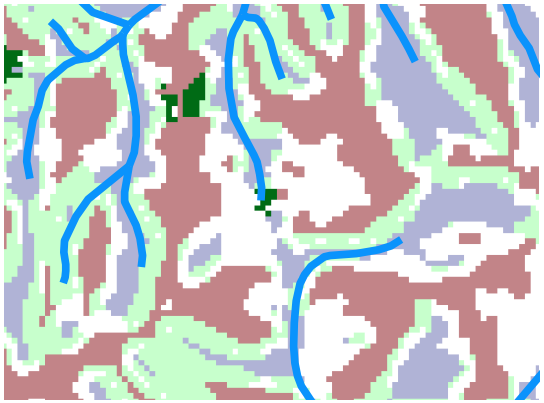
ŘÍČNÍ PIRÁTSTVÍ PŘÍTOKU OLŠE DO PŘÍTOKU HORSKÉHO POTOKA

Výškové převýšení na vodních tocích

Převýšení (v m)
17
0
vodní tok

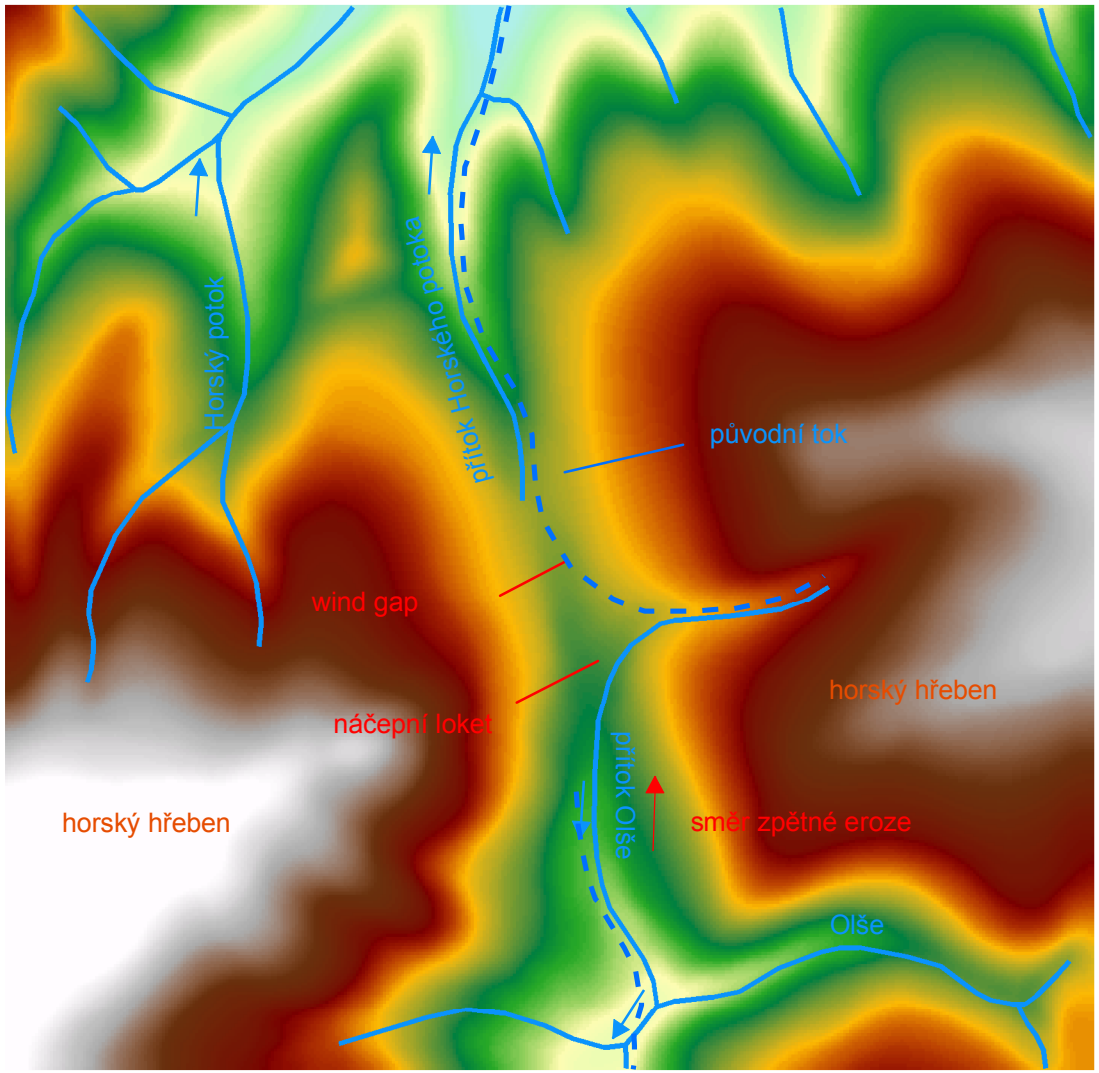
0 250 500 m

Analýza sedel a orientací



Typ reliéfu
údolí
sedlo
hřbet
sedlo s maximální orientací
plochý terén
vodní tok

0 250 500 m



0 500 1 000 m

S

Nadmořská výška (v m n. m.)
611
369
vodní tok
původní tok

Martin PEŠKO
Olomouc 2011

CHYBNÝ PŘÍKLAD ŘÍČNÍHO PIRÁTSTVÍ PŘÍTOKŮ RACKOVÉ DO HOSTIŠOVSKÉHO POTOKA

Výškové převýšení na vodních tocích

Převýšení (v m)

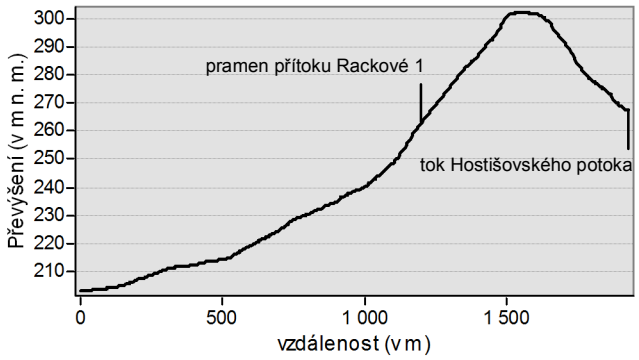
7

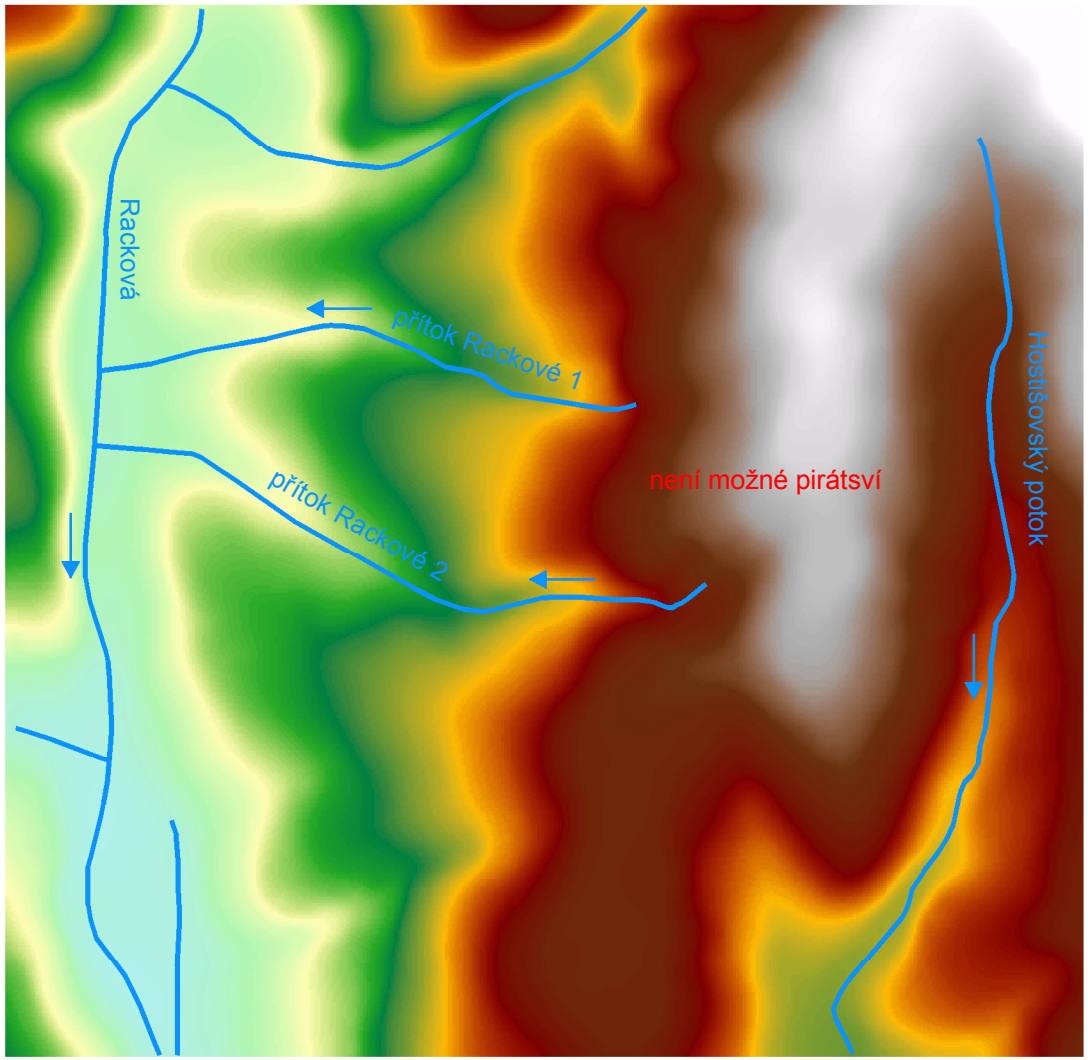
0

0 250 500 m

vodní tok

Výškové převýšení přítoku Rackové 1
k Hostišovskému potoku





0 500 1 000 m

S

Nadmořská výška (v m n. m.)

328

197

vodní tok

Martin PEŠKO
Olomouc 2011