

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

Katedra fyzické geografie a geoekologie



Vliv orografie na prostorové rozložení silných srážek na severovýchodě ČR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Kateřina Průchová

Vedoucí: RNDr. Miloslav Müller, Ph.D.

Plzeň, srpen 2010

ABSTRAKT

Předložená diplomová práce se zabývá vlivem orografie na prostorové rozložení silných srážek na území severovýchodní Moravy a Slezska. Oblast byla vybrána díky specifickému rozložení denních úhrnů při událostech silných srážek v minulosti a rovněž v květnu 2010. Případy silných srážek za období let 1961 - 1995 jsou porovnávány s morfometrickými charakteristikami v místě a v okolí stanice, vymezeném vůči směru proudění. Pro výpočet směru proudění jsou použita data z hladiny 850 hPa z reanalýz ERA-40, topografické charakteristiky jsou vypočítány v prostředí ArcGIS a jsou korelovány se srážkoměrnými daty ze stanic ČHMÚ. Výsledky nám ukazují, že pouze nadmořská výška nemá vliv na prostorové rozložení srážek, ale je třeba uvažovat více topografických parametrů. Při severním a částečně západním proudění, kde se jedná o srážky převážně ze stratiformní oblačnosti, se objevuje výraznější vliv orografie na její velikost a prostorové rozložení, pokud uvažujeme morfometrické charakteristiky za stanicí po směru proudění. V případě jižního a východního proudění se prokázal slabší vliv orografie, což snad lze vysvětlit větším podílem srážek konvektivního původu při proudění z těchto směrů.

KLÍČOVÁ SLOVA: orografie, prostorové rozložení srážky, směr proudění, SV Morava a Slezsko, morfometrické charakteristiky, srážkoměrná data

ABSTRACT

The dissertation deals with the influence of orography on the spatial distribution of heavy precipitation in the territory of the northeast Moravia and Silesia. The area was chosen because of the specific distribution of daily precipitation for heavy rainfall events in the past and also in May 2010. Cases of heavy rainfall for the period 1961 - 1995 are balanced with morphometric characteristics in the place and in the surrounding the station, defined in face of direction air flow. For the calculation of the direction air flow are used data from 850 hPa level from reanalysis ERA-40, topographic characteristics are calculated by ArcGIS and they are correlated with the rain gauge data from stations ČHMÚ. The results show us that only the altitude does not have effect on the spatial distribution of precipitation, but it should be think over more topographic parameters. During the north and partially during the west air flow, where the precipitation are mostly from the stratiform clouds, appears a stronger orography influence on the measurement and on the spatial distribution, if we consider the morphometric characteristics behind the station in the direction of air flow. The case of south and east air flow showed us a weaker orography effect, which can be perhaps explained by a higher part of precipitation convective source at the flow from these directions.

KEY WORDS: orography, spatial distribution of precipitation, direction air flow, northeast Moravia and Silesia, morphometric characteristics, rain gauge data

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně za odborného vedení vedoucího práce *RNDr. Miloslava Müllera, Ph.D. z katedry fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze.*

Dále prohlašuji, že všechny poznatky, ze kterých jsem čerpala jsou uvedené v seznamu použité literatury a že jsem tuto práci nevyužila k získání jiného akademického titulu.

Dne 23. 8. 2010

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala *RNDr. Miloslavovi Müllerovi, Ph.D.* za jeho cenné připomínky, maximální pomoc a ochotu při vedení mé diplomové práce. Dále bych chtěla vyjádřit díky za jeho čas, podporu, trpělivost a přínosné konzultace.

OBSAH

Seznam zkratek	8
1 Úvod.....	9
2 Vliv orografie na atmosférické srážky	12
2.1 Orografické oblaky a orografické vlny	13
2.2 Mechanizmy orografické srážky	14
2.2.1 Zesílení srážek přirozenou infekcí	14
2.2.2 Kondenzace při nuceném výstupu.....	15
2.2.3 Orograficky vyvolaná srážková konvekce	16
2.3 Vlhké orografické proudění a orografická srážka	18
3 Vztah topografie a silných srážek	19
3.1 Vlastnosti topografie ovlivňující silné srážky	19
3.2 Topografické parametry popisující lokální a regionální prostředí srážek.....	20
3.3 Vliv délky a šířky pohoří na rozložení srážek.....	22
4 Metody výpočtu plošných srážkových úhrnů	24
4.1 Metody založené na interpolaci dat z bodových měření srážkoměry	25
4.1.1 Srážkoměrná data	25
4.1.2 Porovnání jednotlivých metod interpolace z bodových měření srážkoměry	26
4.2 Metody založené na datech z meteorologických radiolokátorů	28
4.2.1 Radarová data	28
4.2.2 Odhad úhrnů srážek z radaru bez adjustace	29
4.2.3 Metody adjustace radarových dat.....	29
4.3 Numerické modely	29
5 Data a metody	33
5.1 Zájmové území.....	33
5.2 Rychlost a směr proudění v zájmové oblasti.....	35
5.3 Srážkové události	37
5.4 Charakteristiky reliéfu.....	38
5.4.1 Výpočet morfometrických charakteristik v místě měření srážek.....	39
5.4.2 Morfometrické charakteristiky v okolí místa měření srážek.....	46
5.5 Korelace a korelační koeficienty	47
5.5.1 Jednoduchá (párová) korelace	47
5.5.2 Jednoduchý (párový) korelační koeficient	48

5.5.3 Výpočet jednoduchého korelační koeficientu	49
5.5.4 Testování významnosti jednoduchých korelačních koeficientů.....	49
5.5.5 Vícenásobná korelace.....	49
5.5.6 Vícenásobný korelační koeficient	50
5.5.7 Výpočet vícenásobného korelační koeficientu.....	51
5.5.8 Koeficient determinace	51
5.6 Výpočet plošných úhrnů srážek	51
6 Porovnání plošných srážek stanovených různými metodami	52
7 Závislost plošného rozdělení srážek na charakteristikách reliéfu	54
7.1 Vztah mezi srážkami a topografií z celkového hlediska	55
7.2 Vztah mezi srážkami a topografií z hlediska směru proudění.....	58
7.2.1 Severní proudění	58
7.2.2 Jižní proudění	60
7.2.3 Západní proudění.....	62
7.2.4 Východní proudění	64
7.3 Vztah mezi srážkami a topografií z hlediska velikosti plošné srážky . a rychlosti proudění.....	66
8 Shrnutí výsledků a jejich diskuze	68
9 Závěr.....	71
Seznam použité literatury.....	72
Seznam příloh	76

Seznam zkratek

ČHMÚ = Český hydrometeorologický ústav

DMR = digitální model reliéfu

HKR = horizontální křivost svahu v místě stanice

IDW = interpolační metoda inverzně vážených vzdáleností

KD = koeficient determinace

KK = korelační koeficient

KRI = interpolační metoda ordinárního krigingu

NKR = normálová křivost svahu v místě stanice

POP = převýšení mezi nadmořskou výškou v místě stanice a max. nadmořskou výškou
v okolí stanice proti směru proudění

POS = převýšení mezi nadmořskou výškou v místě stanice a max. nadmořskou výškou
v okolí od stanice po směru proudění

RYP = rychlost proudění

SKL = sklon svahu v místě stanice (orientace vůči proudění)

SOP = max. sklon svahu v okolí stanice proti směru proudění (orientace vůči proudění)

SOS = max. sklon svahu v okolí stanice po směru proudění (orientace vůči proudění)

SRZ = plošná srážka

TOPO = interpolační metoda Topo To Raster

VOP = max. nadmořská výška v okolí stanice proti směru proudění

VOS = max. nadmořská výška v okolí stanice po směru proudění

VYS = nadmořská výška v místě stanice

1 Úvod

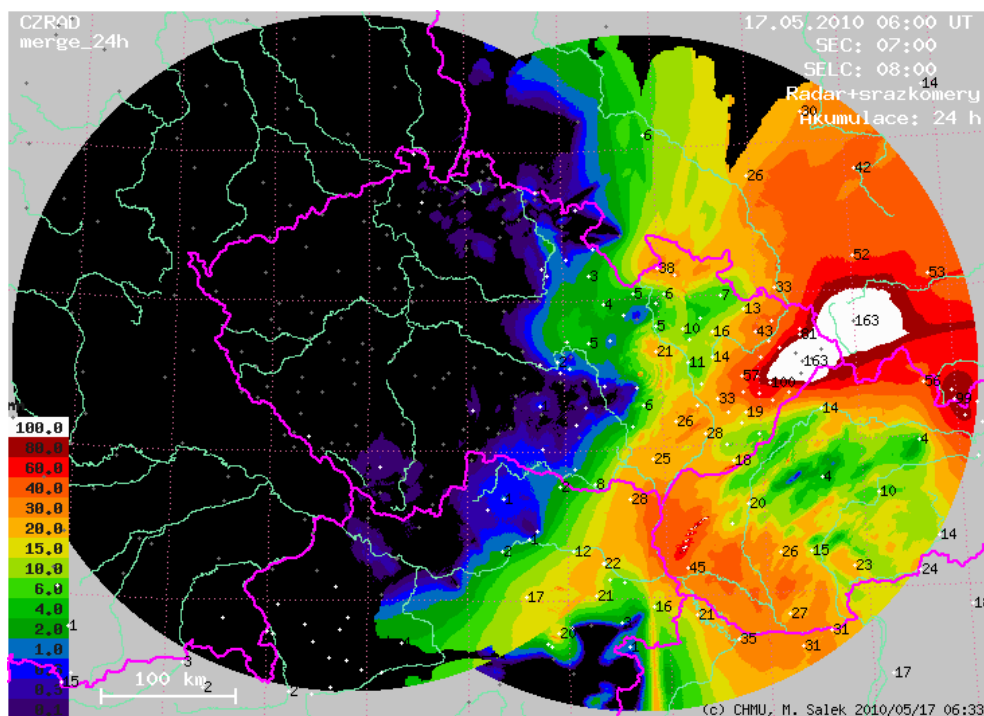
Charakterizovat časovou a prostorovou variabilitu srážek, jako i celkový úhrn je důležité především z hlediska hydrologie, ekologie a životního prostředí. Tato variabilita je větší v horských oblastech díky působení orografie. Proudění přes hornaté oblasti způsobuje zesílení srážek a má vliv na jejich prostorové rozložení. Tato skutečnost je nicméně považována za nejdůležitější v případě silných srážek. Celkový efekt orografie také závisí na vlastnostech reliéfu a na okolních podmínkách. Orografické zesílení srážek hraje důležitou roli zejména při extrémních situacích, jako jsou povodně nebo zimní sněhové bouře.

Plošné srážky se určují z bodových měření srážkoměry pomocí interpolačních metod a radiolokačními odhady, které mohou být uvažovány samostatně nebo adjustovány daty ze srážkoměrů. Ve světě se rovněž k tomuto účely používají numerické modely. Všechny tyto metody jsou zatíženy chybami, které se současný výzkum snaží odstranit. Podstatná nevýhoda srážkoměrných dat se projevuje při rozdílnosti srážkových polí a při existenci lokálních extrémů, kdy lze předpokládat znatelný vliv orografie. U radarových dat musí být vyloženo velké úsilí k jejich korekci, neboť jsou zatíženy velkým množstvím chyb, které vznikají např. vlivem stínění, výpadku radaru nebo vypadávání krup. V horských oblastech jsou zjišťovány velké odchylky při silnějším větru, krajinných deštích a vzniku mlhy na návětrných svazích. Metody používané v České republice pro určení plošných úhrnů srážek ve většině případů neuvažují při výpočtu vliv topografie. Pokud ano, zahrnují pouze nadmořskou výšku a ostatní topografické charakteristiky jsou opomíjeny. Avšak započítání nadmořské výšky je důležité pro delší úhrny srážek (roční), pro kratší časové úseky (denní úhrny) je její využití problematické.

Díky rozložení denních úhrnů při událostech silných srážek v minulosti a také v květnu 2010 se tato práce zaměřuje na oblast severovýchodní Moravy a Slezska. Dodnes nejvyšší úhrn srážek z území Moravy a českého Slezka byl naměřen dne 10. 7. 1903 na stanici Nová Červená Voda v nadmořské výšce pouhých 310 m, a to 240,2 mm (Munzar et Ondráček, 2004). Dne 16. 5. 2010 (obr. 1) byly naměřeny vysoké úhrny (přes 100 mm) na stanicích Třinec (180 mm, 380 m n. m.), Čeladná (179 mm, 510 m n. m.), Lysá hora (150 mm, 1322 m n. m.), Morávka (136 mm, 541 m n. m.), Ondřejník (129 mm, 690 m n. m.), Šance (120 mm, 509 m n. m.), Český Těšín (118 mm, 282 m n. m.) a Kozlovice (117 mm, 220 m n. m.). Z toho je vidět, že vysoké úhrny srážek zřejmě nesouvisí pouze s nadmořskou výškou, a proto je důležité hledat další vztahy ovlivňující velikost a rozložení srážek. Dále se

vybraná oblast vyznačuje výraznou orografií, zejména v oblasti Hrubého Jeseníku, kde hřebenové partie neleží přímo na hranicích, a proto je zde dostatek srážkoměrných dat z obou stran hřebene. Navíc jsou v celé oblasti zastoupeny všechny hlavní typy reliéfu České republiky.

Cílem této práce je vybrat a porovnat topografické charakteristiky, které by vysvětlovaly prostorové rozložení silných srážek v zájmové oblasti. Weisse et Bois (2001) při výzkumu silných srážek ve francouzských Alpách rozdělili topografické proměnné na lokální a regionální. Zde se výzkum zaměřil pouze na lokální proměnné, které reprezentují morfometrické charakteristiky jako je sklon, orientace, křivost svahu a nadmořská výška. Charakteristiky reliéfu jsou uvážovány v závislosti na proudění a zkoumá se jejich vliv na srážky ve směru proudění. Pro určení vztahů mezi těmito charakteristikami a srážkovými úhrny bude použita jednoduchá a vícenásobná korelace.



Obr. 1: Prostorové rozložení srážek dne 16. 5. 2010 (kombinace dat ze srážkoměrů a z radarů; převzato z http://hydro.chmi.cz/hpps/main_rain.php)

Rešeršní část

2 Vliv orografie na atmosférické srážky

Orografie má vliv především na dynamiku proudění, vlhkost vzduchu, insolaci povrchu a patří k významným klimatickým faktorům. Z meteorologického hlediska se jedná o geometrickou vlastnost aktivního povrchu, která podmiňuje regionální a lokální zvláštnosti počasí a podnebí (Sobíšek et al., 1993).

Orograficky ovlivněné proudění může způsobit vznik nesrážkové oblačnosti (viz kapitolu 2.1) nebo vznik srážkových oblaků a mít vliv na množství vypadávajících srážek (Řezáčová et al., 2007). Orografické srážky se váží na působení velkých terénních překážek jako jsou horské hřebeny a pásma ale i ojedinělé kopce, v teplém období se mohou tvořit i nad zahříványými (např. skalnatými) svahy (Soukupová, 2009). Celkový efekt orografie závisí na vlastnostech reliéfu a okolních podmínkách. Orografické srážky se mohou vyvinout z vrstevnaté i konvekční oblačnosti a při jejich vývoji se uplatňuje několik mechanismů, které zpracoval Houze (1993), odkud čerpali Řezáčová et al. (2007) (viz kapitola 2.2).

2.1 Orografické oblaky a orografické vlny

Orografie ovlivňuje tvorbu oblaků, které nabývají různých forem. Za orografické oblaky se považují ty oblaky, které se tvoří ve vzduchu proudícím přes kopec, přes horu nebo pohoří (Skřehot, 2008). Tyto oblaky se mohou vyskytovat buď nad úrovní překážky, v úrovni nebo i pod úrovní horských vrcholů. Při přechodu vzduchu přes vysoké pohoří se oblaky tvoří na návětrné straně, kde vodní pára kondenzuje. Při přechodu nízkých pohoří nebo vrchoviny kondenzuje vodní pára až nad vrcholem kopce (Seifert, 1987). Orografické oblaky jsou vázány na reliéf zemského povrchu, jako celek jsou bez pohybu nebo se pohybují jen nepatrně. Nejčastěji se vyskytují orografické oblaky druhu *Alto*cumulus, *Strato*cumulus a *Cumulus* (Skřehot, 2008). Mohutnost orograficky vzniklého oblaku závisí na obsahu vodní páry ve vzduchu, na celkové míře instability atmosféry a na výšce i horizontálním rozsahu horského masívu (Seifert 1987). Velikost a koncentrace vodních kapiček či ledových částic v oblaku bývá větší na návětrné straně než v závětrí překážky. Pokud z oblaku vypadávají srážky, bývá jejich intenzita větší na návětrné straně (Kobzová, 1998). Izolované terénní vyvýšeniny vytvářejí orografické oblaky, z nichž zpravidla srážky nevypadávají. Oblaky kolem osamocených horských vrcholů mívají podobu oblačného límce kolem vrcholu nebo podobu oblačné čepice, která vrchol zahaluje. Naopak horská pásma nebo hřebeny bývají

příčinou vzniku orografických oblaků, z nichž na návětrné straně vypadávají vydatné srážky. Tyto oblaky zahalují horský hřeben a bezprostředně za ním se ihned rozpouštějí, neboť klesající vzduch se zde přibližně adiabaticky stlačuje a ohřívá, tzn. jeho stav se vzdaluje od stavu nasycení vodní parou. Na návětrné straně se tedy vytváří hustá oblačnost, kterou lze při pohledu ze závětrné strany pozorovat před a nad vrcholy jako tzv. fénovou zeď (Bednář et Zikmunda, 1985). V závětrí může vzniknout pás projasnění rovnoběžný s pohořím, tzv. fénové okno nebo fénová mezera za horským hřebenem.

Charakteristickými orografickými oblaky jsou podle Kobzové (1998) například:

- a) *Alto cumulus lenticularis* (tvaru čočky nebo mandle), který vzniká tehdy, když se vzduch, proudící přes horský hřeben, začne vlnit a vrcholky takto vzniklých vln dosahují kondenzační hladiny;
- b) tzv. vlajkový oblak (lidově kouřící hora), který tvarem připomíná vlajku a tvoří se při silném větru za izolovaným horským vrcholem. Je typickým oblakem horských oblastí, který se vyskytuje v omezeném prostoru na závětrné straně jednotlivých vrcholů a při příznivém proudění se neustále obnovuje;
- c) tzv. rotorové oblaky (*Cumulus fractus*), které se vytvářejí obvykle v horní části víru s horizontální osou (rotoru), jenž vzniká mimo jiné i při proudění ve tvaru vln v závětrí hor. Výstupné proudy vzduchu jsou přitom na straně přivrácené k horám a sestupné proudy na straně opačné.

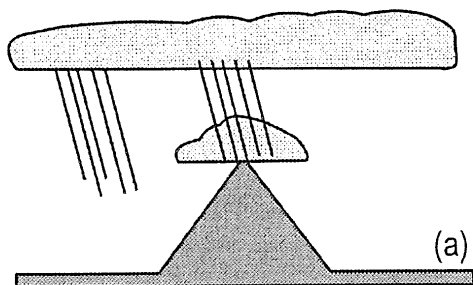
Orografie rovněž způsobuje vlnový typ proudění, vznikající při proudění vzduchu kolmo přes horské hřebeny v jejich závětrí. Podmínkou vzniku je stabilní teplotní zvrstvení, neboť vzduch za těchto podmínek odolává vertikálnímu přemísťování a v případě orograficky vynuceného výstupu se za překážkou vrací do původní hladiny, kolem níž přechodně osciluje v důsledku setrvačnosti (Horák, 2005). Tento jev nastává při silném větru, který musí navíc zesilovat s výškou a rychlost větru na úrovni hřebene musí být alespoň 10 m/s (Dvořák, 2008). Orografické vlny se mohou vyskytovat na souvislé vrstevnaté oblačnosti nebo na stratokumulech, kdy vlivem sestupných pohybů dochází k úplnému rozpuštění oblačnosti (Řezáčová et al., 2007). Nad územím naší republiky, která je obklopena horami ze všech stran, lze tyto vlny často pozorovat. K nejznámějším vlnovým terénům u nás patří Jeseníky, Krkonoše, Beskydy, Krušné hory, Šumava, ale vlna vzniká i na menších převýšeních, např. nad údolím Vltavy jižně od Prahy (Horák, 2005).

2.2 Mechanizmy orografické srážky

Během posledních několika desetiletí bylo doloženo několik mechanismů orografické srážky. Jedná se především o kondenzaci při výstupném proudění, seeder-feeder procesy, vznik proti směru proudění, zesílení při terénu překážce a konvergence na závětrné straně (Colle, 2004). Pro všechny tyto mechanismy mohou změny okolních podmínek, jako je teplotní zvrstvení, vlhkost vzduchu a protisměrný profil větru, ovlivnit velikost orografické srážky.

2.2.1 Zesílení srážek přirozenou infekcí

Tento mechanismus, rovněž nazývaný „seeder-feeder“, spočívá v zesílení srážek vlivem orograficky podmíněné oblačnosti blízko zemského povrchu (Šálek, 2007). K zesílení srážky dochází díky koalescenci nebo agregaci při propadávání srážkových částic vrstvou orografické oblačnosti (viz kapitolu 2.1), která by jinak srážky neprodukovala (obr. 2). Při tomto mechanismu se tedy srážkové částice tvoří ve výše položené oblačné vrstvě (S-zóna) a propadávají shora do níže položeného orografického oblaku, který představuje F-zónu (Řezáčová et al., 2007).



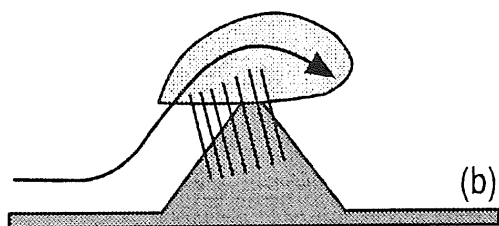
Obr. 2: Zesílení srážek přirozenou infekcí (převzato z Řezáčová et al., 2007)

2.2.2 Kondenzace při nuceném výstupu

Orografické poměry se při vypadávání atmosférických srážek uplatňují tím způsobem, že návětrné horské svahy nutí proudící vzduchové hmoty k výstupu. Přitom dochází k adiabatickému ochlazování a dosáhne-li vzduch během svého výstupu stavu nasycení (tj. vystoupí-li do výstupné kondenzační hladiny), vytváří se oblačnost a popř. vypadávají srážky (obr. 3). Nad výstupnou kondenzační hladinou se vystupující vzduch ochlazuje

nasyčeně adiabaticky, tzn., že teplota v něm klesá na každých 100m výšky zhruba o 0,6 K (Bednář et Zikmunda, 1985). Zkondenzovaná voda zůstává na návětrné straně ve formě oblačných kapek nebo padajících srážek a sestupující vzduch na závětrné straně pohoří se potom otepluje suchoadiabaticky, tj. na každých 100m poklesu o 1 K, čímž dochází k relativnímu oteplení proudícího vzduchu v závětrí vzhledem k teplotě návětrí. Rozdíl teploty vzduchu před a za horami závisí na převýšení, které musí vzduch překonat, na výšce kondenzační hladiny a na množství vypadlých srážek na návětrné straně.

Srážková oblačnost může vzniknout jen při orograficky ovlivněném proudění, ale častěji je spojena s přechodem frontální oblačnosti přes horský hřeben, překládá se přes ní a celkově dochází k zesílení srážky (Řezáčová et al., 2007). Může rovněž dojít k zesílení srážek vypadávajících v oblasti cyklóny, kam patří již zmíněné frontální srážky nebo nefrontální vázané na oblasti významného stříhu větru nebo vypadávající v teplém sektoru cyklóny (Ustrnul, Czekierda 2001). V reálném terénu může proudění obtékat jednotlivé hory nebo protékat údolními mezi nimi, takže tímto je vertikální pohyb snižován (Řezáčová et al., 2007).



Obr. 3: Kondenzace při nuceném výstupu (převzato z Řezáčová et al., 2007)

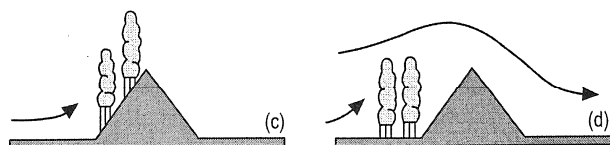
2.2.3 Orograficky vyvolaná srážková konvekce

Pro vznik konvekce je důležité, aby vzduch proudící přes horský terén, byl podmíněně instabilní a při nuceném výstupu mohlo dojít k uvolnění této instability (Řezáčová et al., 2007). Během tohoto procesu se tvoří oblaky ve formě kumulů nebo kumulonimbů a v některých oblastech světa (např. monzunové oblasti v Indii nebo jihovýchodní Asii) je tento srážkový mechanismus dominantní. Při vývoji orografického konvekčního oblaku se uplatňují pravidla dynamiky konvekčního oblaku, pokud přitom zůstává v oblasti hor; připojují se účinky orografie.

Na vývoji konvekce se uplatňují tyto procesy (Řezáčová et al., 2007) :

a) vznik konvekce při vynuceném výstupu a proti směru proudění

Vzduch proudící do svahu musí být dostatečně vlhký a instabilní, aby vyvolal konvekci (obr. 4 vlevo). Ta může být vyvolána již před horským svahem proti směru proudění (obr. 4 vpravo), a to za předpokladu, že vrstva vzduchu mezi zemským povrchem a proudnicí je blízká stavu nasycení vodní párou a že je tato vrstva stabilní, ale má blízko ke stavu podmíněně instabilního zvrstvení (Řezáčová et al., 2007). Výstup proti směru proudění se může projevit dvěma způsoby. První přístup (lineární teorie) popisuje vertikálně se šířící vlny, které se mohou naklánět proti směru proudění. Druhý typ je spojen s tzv. orografickým blokováním (úplným nebo částečným), které je výsledkem nelineárního působení horské překážky.

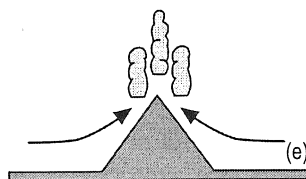


Obr. 4: Vznik konvekce při vynuceném výstupu (c) a proti směru proudění (d)
(převzato z Řezáčová et al., 2007)

b) vznik konvekce vlivem vyvýšeného zdroje tepla

Při tomto mechanismu se uplatňují i termální vlivy. Jedná se o lokální přehřátí vytvářející vyvýšený zdroj tepla, který vyvolá cirkulaci s konvergencí u vrcholku hory (obr. 5).

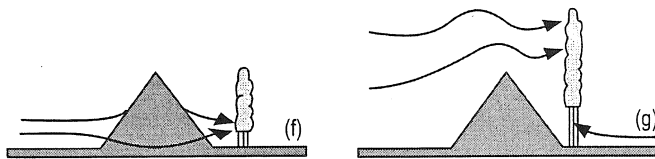
Řezáčová et al. (2007) uvádí, že tento typ cirkulace může vyvolat konvektivní procesy od vzniku malých kumulů po vývoj mezosynoptických konvektivních systémů.



Obr. 5: Vznik konvekce vlivem vyvýšeného zdroje tepla (převzato z Řezáčová et al., 2007)

c) vznik a zesílení konvekce na závětrné straně

Konvekce může být také vyvolána prouděním kolem izolovaných překážek a její vývoj probíhá v závětrí překážky (Řezáčová et al., 2007). Může zde docházet ke vzniku konvekce vlivem konvergence proudění za obtékanou překážkou (obr. 6 vlevo) nebo ke zvýšení termicky podmíněné konvekce (obr. 6 vpravo). Zvýšení konvekce je výsledkem kombinovaného vlivu výstupného pohybu ve středních hladinách, které se vyvíjejí v proudění přes hřeben, a proudění do svahu vyvolaného termálně ve spodních hladinách.



Obr. 6: Vznik (f) a zesílení (g) konvekce na závětrné straně (převzato z Řezáčová et al., 2007)

2.3 Vlhké orografické proudění a orografická srážka

V průběhu několika minulých desetiletí došlo k mnohým pokrokům v chápání suchého orografického proudění, ale málo prací se zabývalo efekty vlhkého orografického proudění zahrnující snížení vlhkosti vzduchu na závětrné straně (Colle, 2004). Je obecně známo, že vlhké proudění stoupající podél horské překážky často zesiluje srážku nad návětrným svahem a hřebenem. Studie Sinclair (1994) ukázaly, že velikost vzestupného proudění většinou určuje jaké množství srážek vypadne. Proudění přes překážku zvyšuje orografickou srážku na návětrném svahu, pokud tento svah během blokování představuje účinnou překážku proudění (Sinclair et al., 1997). Při proudění vzduchu přes hřebenovou úroveň dochází ke vzniku gravitačních vln, které mají při silnějších vertikálních pohybech vliv na rozložení orografických srážek (Colle, 2004). Například sestupné proudění v týlové části gravitačních vln může srážky transportovat do níže položených oblastí, kde se mohou slučovat nebo seskupovat se srážkami v nízkých oblastech. I když přibývá důkazů, že gravitační vlny mohou působit na rozložení srážek, hlavním úkolem současného výzkumu je ukázat, za jakých okolních podmínek a konfigurace pohoří se bude projevovat jejich největší dopad (viz kapitulu 3).

Spolu s hornatostí terénu ovlivňuje intenzitu orografických srážek a jejich návětrný efekt charakter deště, vlhkost vzduchu a rychlost větru, zejména v dolní části troposféry (Šálek, 2007). Pro orograficky zesílený déšť je typické z hlediska spektra velikosti dešťových kapek větší množství malých kapiček. Rozložení orografické srážky také závisí na mikrofyzikálních procesech. Pokud se jedná o vodní teplé oblaky dochází k rychlé kondenzaci a vypadávání srážek na strmější oblasti návětrného svahu (Hobbs et al., 1973). Naproti tomu pro chladné vrstevnaté oblaky vytvořené nad návětrným svahem může advekce proniknout více do závětrí překážky. Distribuce orografické srážky může rovněž silně souviset s úrovní zmrazení oblačné vody (Colle, 2004).

3 Vztah topografie a silných srážek

Vlivem orografie na zesílení srážek se obecně zabývala kapitola 2. Tato závislost je nicméně považována za nejdůležitější v případě silných srážek. Podstatným aspektem je rovněž výraznost reliéfu, kterou popisují topografické proměnné (viz kapitolu 3.1 a 3.2) a rozměry překážky (viz kapitolu 3.3).

3.1 Vlastnosti topografie ovlivňující silné srážky

V mnoha případech, se hledá (většinou lineární) vztah mezi nadmořskou výškou stanice a srážek tam zaznamenaných (Weisse et Bois, 2001). Tento přístup se opírá o skutečnost, že srážky lze z velké části spojit s orografickými tepelnými proudy: úhrny srážek obecně vzrůstají s rostoucí nadmořskou výškou. Například v Katalánsku ve Španělsku může být vysvětleno 64% variability denní srážky nadmořskou výškou (Llasat et Puiggerver, 1992). Tato lineární metoda je však vhodná pouze v oblastech masivního, málo členitého reliéfu (Weisse et Bois, 2001).

V jiných podmínkách nemohou být srážky v daném místě spojovány pouze s výškou, ale ovlivňují je rovněž další topografické rysy (Prudhomme et Reed, 1998). Spreen (1947) dokazuje, že množství srážek v zimním období v Coloradu je spojené s nadmořskou výškou, sklonem svahu, expozicí a orientací. Tyto čtyři parametry vysvětlují 88 % variability srážek, přičemž pouze 30 % souvisí s nadmořskou výškou. Basist et al. (1994) označili jako nejlepší prediktor průměrné roční srážky v deseti odlišných hornatých oblastech expozici, případně uvažovanou dohromady s nadmořskou výškou. Toto platí i pro silné srážky a během posledních desetiletích byly provedeny mnohé studie týkající se tohoto problému, např. v Lotrinsku, Francouzských Alpách a Velké Británii (Weisse et Bois, 2001).

3.2 Topografické parametry popisující lokální a regionální prostředí srážek

Pro správné určení srážky ovlivněné orografií je důležité znát možné vztahy mezi silnými srážkami a proměnnými popisující topografii. Protože mezi nimi není jasný nelineární vztah, určují se pomocí vícerozměrných lineárních regresních vztahů mezi srážkovými parametry a topografickými parametry (Weisse et Bois, 2001). V případě souboru topografických parametrů složených z lokálních a regionálních proměnných se nejprve studují lineární vztahy (jednorozměrná lineární regrese) mezi srážkovými parametry a topografickými parametry k zjištění, která topografická proměnná nejlépe vysvětluje silné srážky a konkrétněji, zda se jedná o lokální nebo regionální proměnnou.

Tyto dvě hlavní významné skupiny ovlivňující množství a rozložení silných srážek rozlišují Weiss et Bois (2001) na:

a) lokální proměnné

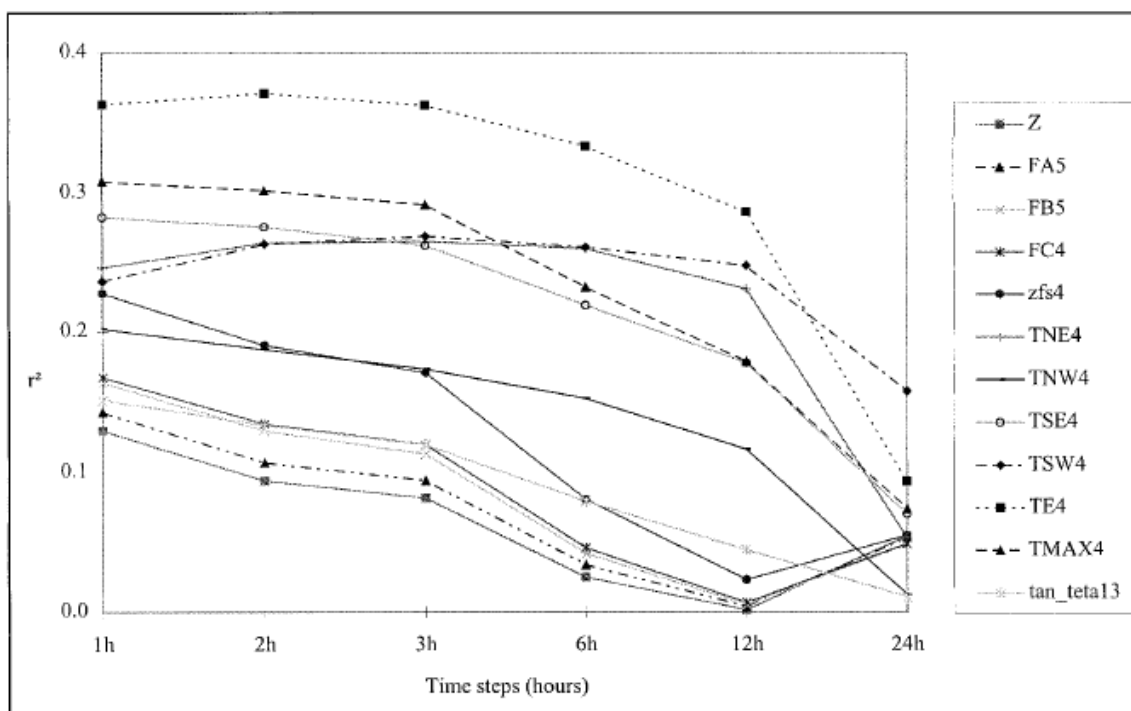
Tyto jsou definované v topografické oblasti okolo výpočtového bodu srážek. Patří sem parametry popisující nadmořskou výšku, expozici, sklon svahu a poloměr hlavní křivosti. Na obr. 7 je vidět vztah mezi navrhovými srážkami a některými lokálními proměnnými v časových úsecích 1 h – 24 h.

b) regionální proměnné

Vyhodnocení regionálních proměnných požaduje vědomosti o celé zkoumané oblasti. Jedná se např. o vzdálenost od oceánu, moře nebo řeky, X (E-W) a Y (S-N) souřadnice, charakteristiku tvaru pohoří a bariérový efekt.

Regionální proměnné vždy dávají lepší vysvětlení srážkových parametrů než lokální proměnné (Weisse et Bois, 2001). Nejlepších a nejvěrohodnějších výsledků je dosaženo, pokud jsou uvažovány všechny regionální a lokální proměnné. I když jsou regionální proměnné velmi dobře korelovatelné mezi sebou je lépe použít všechny proměnné, neboť při použití pouze jediné nejsou výsledky tak dobré.

Při korelaci srážkových úhrnů a topografických parametrů rovněž záleží na délce časových úseků měření srážek. Vícerozměrné lineární vztahy vysvětlují při hodinových měřeních větší procento variability srážek než v případě denních úhrnů (viz obr. 6).



Obr. 7: Koefficienty determinace mezi 100-letými srážkami a některými lokálními topografickými proměnnými v závislosti na časových úsecích (převzato z Weisse et Bois 2001)

Legenda k obr. 7:

Výškové parametry

Skutečná nadmořská výška.....**Z**

Zhlazená nadmořská výška

a) Lagrangova interpolace na základě 25 elevací v okolí stanice.....**FA5**

b) Lagrangova aproximace na základě 25 elevací v okolí stanice.....**FB5**

c) Lagrangova aproximace na základě 49 elevací v okolí stanice.....**FC4**

Zhlazená nadmořská výška eliminující údolí.....**ZFS4**

Charakteristiky strmosti reliéfu místa měření: tangenty

Hodnoty sklonů okolních horských svahů ve čtyřech směrech

(NE, NW, SE, SW tangenta).....**TNE4, TNW4, TSE4, TSW4**

Hodnoty sklonů okolních horských svahů v celém horizontu.....**TE4**

Maximální tangenty z výše uvedených.....**TMAX**

Sklon svahu a azimut

Odhad tangenty sklonu svahu

Odhad založen na 25 elevacích v okolí bodu.....**TAN_TETA13**

3.3 Vliv délky a šířky pohoří na rozložení srážek

Srážky i celkové množství srážek je řízeno poměry mezi šířkou a výškou pohoří a atmosférickými poměry. Rozměrová analýza ve studii Miglietta et Rotunno (2009) odhalila, že maximum (nerozměrné) srážky závisí především na výšce pohoří v úrovni volného proudění a na poměru stran hřebene. Místo, kde se vyskytnou srážková maxima, je výsledkem dvou protichůdných procesů: je pousováno od horské překážky proti směru proudění v důsledku dynamiky proudění, vlivem zpožděné tvorby oblaků je naopak posouváno po směru proudění (Smith et Barstad, 2004).

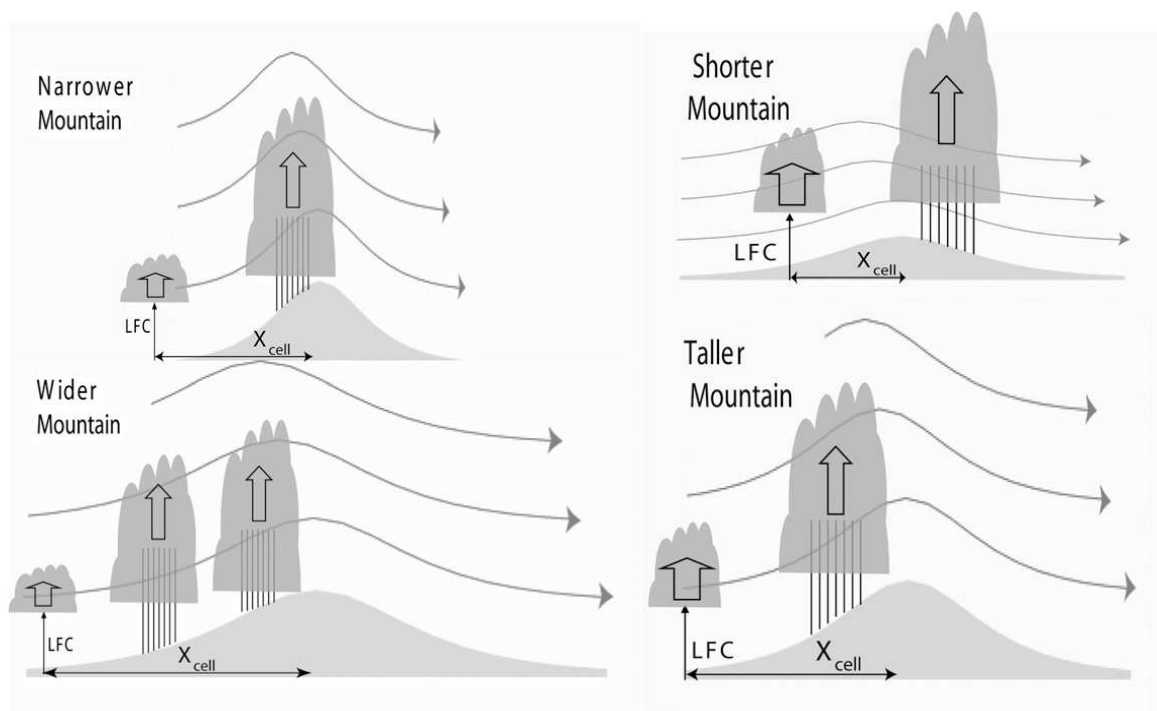
Smith et Barstad (2004) popsali umístění srážkového maxima z hlediska šířky pohoří takto:

- 1) úzký hřeben – srážkové maximum je většinou blízko vrcholu kopce, tyto hřebeny způsobují výstup vzduchu, který rychle slábne a srážkový úhrn je spíše menší;
- 2) široký hřeben – srážkové maximum je na návětrné straně svahu a to ve dvou třetinách cesty k vrcholu hřebene, výstupné proudění má delší trvání a srážky jsou podstatně vydatnější než u úzkého hřebene;
- 3) dva hřebeny za sebou – zde může dojít ke kondenzaci i na závětrné straně, ale sestupné proudění a odpařování často zabraňuje srážkám.

Rovněž lze pozorovat rozdílné rozložení srážek, které je ovlivněno jak rozměry pohoří, tak i rychlostí proudění a jejich vzájemným působením. Při nízké rychlosti větru (pod 10 m.s^{-1}) je maximální úhrn srážek silně ovlivněn návětrným svahem a nezáleží tolik na šířce a výšce pohoří (Colle 2004). Avšak při rychlosti větší než 20 m.s^{-1} se vytváří více srážek nad vysokou a širokou bariérou než nad nízkou a úzkou se stejným návětrným svahem. V případě úzkého a nízkého pohoří při této rychlosti vypadne více srážek v závětrí, a to díky advekci. Avšak pokud má tato bariéra vysoko položenou hladinu mrznutí oblačné vody připadá více srážek na návětrný svah.

Obecně lze říci, že srážky vznikající nad širokými hřebeny jsou vydatnější a zasahují větší oblast než srážky vázané na úzké hřebeny. Je to způsobeno tím, že jsou více protáhlé proti směru proudění a jsou tedy schopné rozšiřovat srážky nad širokou oblast (obr. 8) a tak produkovat velkou plošnou srážku, i když nejvyšší bodové úhrny jsou relativně nízké (Miglietta et Rotunno, 2009). Pro nízké hřebeny ještě platí, že zdvihu potřebného ke vzniku

konvekce je dosaženo poblíž vrcholu hřebene a srážky jsou posunuty sestupným prouděním na zvětrný svah (obr. 8).



Obr. 8: Efekt šířky a výšky pohoří na rozšíření srážky (převzato z Miglietta et Rotunno, 2009)

4 Metody výpočtu plošných srážkových úhrnů

Rozložení srážek v terénu je obvykle odhadováno za použití tří metod: interpolací srážkoměrných dat, radiolokačním odhadem a pomocí numerických modelů. V první metodě jsou úhrny srážek naměřené pomocí srážkoměrů interpolovány za použití interpolačních metod, které jsou stručně popsány v kapitole 4.1. Do těchto metod bývá někdy započítána nadmořská výška, ale nezahrnuje vliv horizontálního měřítka (Daly et al., 1994). Radiolokační odhady mohou být uvažovány samostatně nebo adjustovány daty ze srážkoměrů (kapitola 4.2).

V poslední jmenované metodě se jedná o sumaci srážek generovaných numerickým modelem, například tzv. „upslope“ modelem (viz kapitolu 4.3).

4.1 Metody založené na interpolaci dat z bodových měření srážkoměry

Plošné srážky se vypočítávají pomocí různých metod z bodových měření srážkoměry a z měření meteorologického radaru. Odvození plošných srážek není stále zcela přesné, neboť odvození je ztíženo značnou prostorovou proměnlivostí srážek (toto je dáno typem a časovým intervalem srážky) a regionálními klimatologickými odlišnostmi (horské, podhorské a nížinné oblasti, atd.) (Šercl, 2008).

Nejčastější metody interpolace bodových pozorování pro získání plošné srážky shrnul Šercl (2008):

- 1) metoda inverzně vážených vzdáleností (IDW)
- 2) metoda ordinárního krigingu s teoretickým sférickým modelem semivariogramu (KRI)
- 3) metoda „Topo To Raster“ (TOPO)
- 4) metoda tzv. „orografické“ interpolace (ORO)
- 5) metoda korekce radarového pole srážek pomocí srážkoměrných pozorování (RAD)

Pátá metoda používá k výpočtu plošné srážky kombinaci dat ze srážkoměrů a radarů, proto je je představena v rámci kapitoly 4.2.

4.1.1 Srážkoměrná data

Na území České republiky se nachází kvalitní a velmi hustá síť stanic, které měří denní srážkové úhrny a tím poskytují srážkoměrná data. Základním přístrojem k měření úhrnu srážek je srážkoměr (ombrometr), v těžko dostupných místech se používá totalizátor (úhrn srážek za půl roku) a pro registraci časového průběhu kapalných srážek během letního (bezmrazového) období slouží ombrografy nebo pluviografy (Židek et Lipina, 2003). Podstatná nevýhoda se projevuje při rozdílnosti srážkových polí a při existenci lokálních extrémů, neboť hustota srážkoměrných stanic nemůže být nikdy taková, aby zabránila chybám měření daným diskrétností měření v prostoru (Juřiková, 2009). Zde je velmi znatelný vliv orografie, protože např. za horským hřebem již může srážková činnost ustát (viz kapitolu 2).

4.1.2 Porovnání jednotlivých metod interpolace z bodových měření srážkoměry

Metoda inverzně vážených vzdáleností (IDW)

Jedná se o deterministickou metodu, kde je váhový koeficient závislý pouze na vzdálenosti mezi místy měření a místem s predikovanou hodnotou (Šercl, 2008). Hlavní výhodou této metody je zachování hodnoty v místech měření. Avšak v poli interpolovaných hodnot vznikají oka (tzv. bull's eyes), neboť měřená místa mají absolutní váhu. Toto řeší Shepardova metoda využívající metodu nejmenších čtverců (least-square method), při které však dochází ke shlazení a ztrátě původních interpolovaných hodnot a tím ovlivnění přesnosti modelu (Svobodová, 2009). Pro některé druhy analýz je hladkost modelu a možnost proudění bez lokálních depresí důležitá (např. pro modelování proudění, eroze), avšak pro interpolaci srážek není tato metoda příliš vhodná (Šercl, 2008).

Metoda ordinárního krigingu s teoretickým sférickým modelem semivariogramu (KRI)

Při použití této metody jsou váhové koeficienty závislé na vzdálenosti a na prostorových autokorelačních (statistických) vazbách mezi jednotlivými měřeními (Šercl, 2008). Jedná se tedy o geostatistickou metodu, která určuje tzv. lokální odhad, tj. výpočet pravděpodobné hodnoty proměnné buď v bodě (bodový odhad) nebo v relativně malé ploše (blokový odhad).

Odhady jsou počítány pomocí vážených lineárních průměrů, kde je pro každé místo optimalizována soustava vah tak, aby měl výsledný odhad co nejmenší chybu (Svobodová, 2009). Při této metodě je nutné provést strukturální analýzu a popsat vztahy ve zkoumaném poli, tj. sestavit semivariogram. Ten znázorňuje charakter prostorově korelované variability dat a poskytuje tak informaci pro optimalizaci interpolačních vah (určuje prostorovou variabilitu dat).

Prostorová variabilita proměnné je v krigingu rozdělena do tří částí (Svobodová, 2009):

- 1) drift - globální (obecný) trend, který závisí na změně souřadnic
- 2) regionalizovaná proměnná - kolísání, jehož podstatu nelze vyjádřit matematickou funkcí, ale které vyjadřuje určitou prostorovou korelaci
- 3) náhodné šumy - odchylky, které nejsou prostorově korelovány a nelze je spočítat

Výhoda krigingu spočívá v zachování a uplatnění statistické vazby mezi měřenými hodnotami (Šercl, 2008). Nevýhoda je ve shlazování a nezachování hodnot v místech měření.

Metoda „Topo To Raster“ (TOPO)

Tato metoda je primárně určena pro generování hydrologicky korektního modelu reliéfu z výškových bodů a vrstevnic, ale rovněž může být vhodná i pro interpolaci bodově měřených bodově měřených srážek (Šercl, 2008). Tato metoda vypočítává odhad interpolované hodnoty pouze ze čtyř sousedních bodů, přičemž využívá iterační metodu konečných diferencí.

Metoda tzv. „orografické“ interpolace (ORO)

Tato metoda byla vyvinuta v ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav) Ing. Petrem Šerclem a zpracována do formy aplikace pro software ArcGIS. Šercl (2008) uvádí, že metoda je založena na odvození regresní závislosti mezi srážkou a nadmořskou výškou v pozorovaných místech v definovaném kruhovém okolí každé srážkoměrné stanice, plošné interpolaci regresních závislostí parametrů a uplatnění koeficientu determinace regresního vztahu, který je rovněž plošně interpolován, jako váhového parametru pro určení výsledného odhadu srážkového úhrnu v nepozorovaném místě (pixlu).

Nejprve je spočítána regresní závislost dle vztahu (Šercl, 2008):

$$P_k = A_k + B_k \cdot H_k, \quad (1)$$

kde P_k je odvozená výška srážek (mm) v bodě srážkoměrné stanice,

A_k , B_k jsou regresní koeficienty platné pro dané okolí srážkoměrné stanice,

H_k je údaj představující nezávisle proměnou (terén v m n. m.) pro dané místo stanice.

„Regresní vztah je vypočítán pro každý bod vrstvy na základě uživatelem specifikovaného poloměru kruhového okolí daného bodu a minimálního počtu bodů vrstvy bodových pozorování, které musí do regrese vstoupit“ (Šercl, 2008). Rovněž je v každém bodě počítána odchylka mezi pozorovanou výškou srážek a srážkou získanou.

Nakonec je výsledný rastr srážek spočítán ze vztahu (Šercl, 2008):

$$PV = (R2^{KOR} \cdot ((A + B \cdot H) + O)) + ((1 - R2^{KOR}) \cdot PPOZ), \quad (2)$$

kde PV je výsledný rastr srážek (mm),

A je rastr regresního koeficientu A ,

B je rastr regresního koeficientu B ,

$R2$ je rastr koeficientu determinace,

KOR je korelační koeficient,

H je rastr představující terén (m n. m.)

O je rastr odchylek pozorovaných srážek a srážek z regresního vztahu (mm),

$PPOZ$ je rastr určený interpolací pozorovaných srážek (mm).

4.2 Metody založené na datech z meteorologických radiolokátorů

4.2.1 Radarová data

Data z meteorologických radarů jsou nezbytným zdrojem informací při analýze plošného rozložení srážek. Území ČR pokrývají data ze dvou moderních dopplerovských radarů Brdy a Skalky (Zacharov et al., 2004). Funkce meteorologického radaru je založena na schopnosti vodních kapiček, sněhových vloček, ledových krupek a zčásti též oblačných částic odrážet (zpětně rozptylovat) radiovlny (mikrovlny) centimetrové délky (Vysoudil, 2004). Radarová pozorování srážek mají oproti klasickým sítím srážkoměrů výhodu měření na velké ploše z jediného místa v téměř reálném čase, ale ukazují pouze okamžitá rozložení intenzit srážek v diskrétních časech, přičemž srážková pole mají velkou proměnlivost v čase a okamžité hodnoty se během několika minut mohou výrazně měnit (Juřikovská, 2009). Je rovněž zapotřebí věnovat velké úsilí korekci denních úhrnů srážek z radarových měření, neboť jsou zatíženy velkým množstvím chyb. V horských oblastech jsou zjišťovány velké odchylky radarových měření, a to zejména při silnějším větru, krajinných deštích a vzniku mlhy na návětrných svazích.

4.2.2 Odhad úhrnů srážek z radaru bez adjustace

Tento přístup zahrnuje metody, které využívají vertikální profil radarové odrazivosti (VPR) k odhadu odrazivosti těsně u zemského povrchu (Sokol et al., 2003). Podkladem pro výpočet úhrnu srážek je extrapolovaná přízemní radarová odrazivost a analytické postupy používají pouze radarová data.

4.2.3 Metody adjustace radarových dat

Tyto metody jsou založeny na adjustaci (přizpůsobení) srážek odvozených z radarové odrazivosti výsledkům pozemního srážkoměrného měření. Výpočty vycházejí ze statistických metod na odhad podílu G/R , kde G je hodnota naměřená srážkoměrem a R je radarový srážkový úhrn (Sokol et al., 2003). Některé metody využívají srážkoměrná data pouze k odvození parametrů statistického modelu a při jeho praktické aplikaci vstupují jen data

radarová. Flexibilnější jsou metody, které při aplikaci využívají radarová i srážkoměrná měření, protože umožňují měnit model v závislosti na aktuálních datech. Nevýhoda spočívá v omezené plošné reprezentativnosti srážkoměrných dat.

Korekce dat se provádí především pomocí metody adjustačních koeficientů a kombinované analýzy (Juříková, 2009). U první metody se využívá jeden adjustační koeficient pro celou radarovou doménu a jedná se o podíl sumy všech srážkoměrných údajů a sumy korespondujících radarových odhadů. Při kombinovaném odhadu srážek vstupují do procesu výpočtu adjustované radarové odhady společně s dostupnými srážkoměrnými měřeními a k výpočtu se využívá zjednodušená metoda optimálního odhadu, u které se předpokládá, že srážkoměrné měření je reprezentativní pro daný radarový územní element a že zde platí údaj srážkoměru.

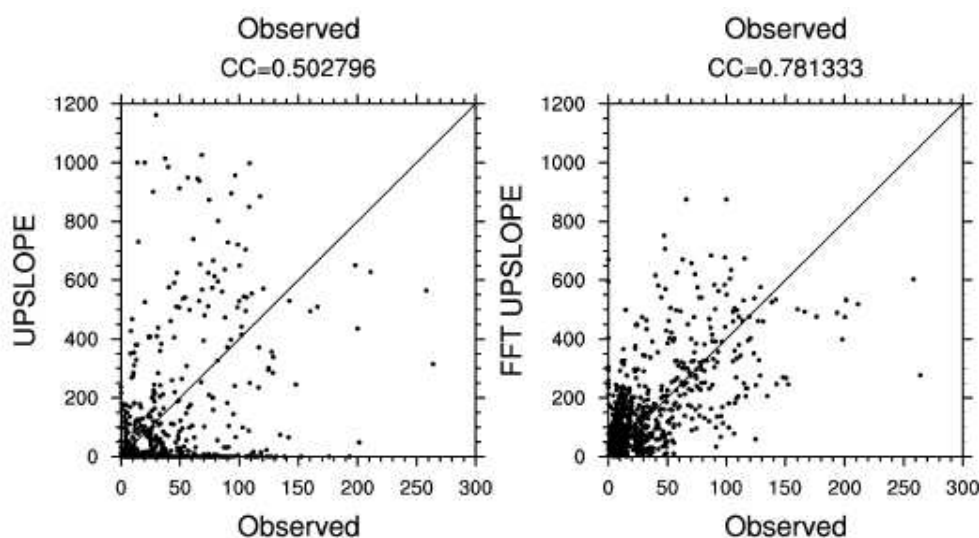
V práci Sokol et al. (2003) je uvedena korekce radarových srážek pomocí multiplikační konstanty tak, aby sumy srážek naměřených na stanicích a sumy radarových srážek v odpovídajících pixlech se pro daný termín přibližně shodovaly. Rovněž uvádí, že lze tuto metodu modifikovat a využít lineární funkci vzdálenosti od radaru a sestavit tak lineární regresní model.

4.3 Numerické modely

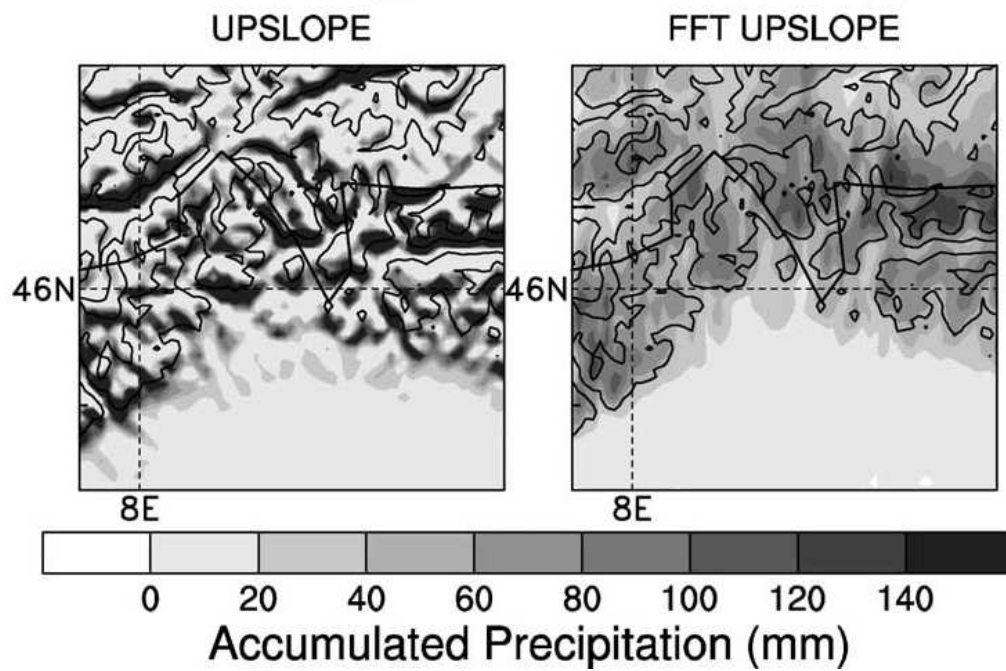
Jedná se o fyzikální modely atmosféry, které provádějí výpočet daného meteorologického prvku na samočinných počítačích metodami numerické matematiky (Sobíšek et al., 1993). K odhadu srážkových úhrnů se používají různé metody, např. „upslope“ metoda. Zde se parametry jako je sklon svahu a rychlost větru používají k odhadu rychlosti kondenzace nad terénem (Neiman et al., 2002). Srážka je počítána z předpokladu, že vypadne ihned na zem a nebere v úvahu fyzikální měřítko. V poslední době byla do „upslope“ modelů zahrnuta advekce hydrometeorů (Smith, 2003), přesto mají tyto „upslope-time-delay“ (FFT) modely dva nedostatky. Prvním je předpoklad, že terénem ovlivněná vertikální rychlost proudění je při výstupu přes vlhkou vrstvu beze změny (Smith et. Barstad, 2004). Ve skutečnosti, což dokazuje teorie orografických vln, se mohou pohyby s výškou utlumovat nebo oscilovat v závislosti na horizontálním měřítku a poměrech terénu, statické stabilitě a rychlosti větru v okolí. V každé případě odhad může velmi nadhodnocovat rychlost kondenzace. Druhý problém se týká závětrného svahu. V „upslope“ modelech se obvykle předpokládá, že jen návětrný svah má vliv na srážky a pokud nejsou vložena časová zpoždění, je vypadávání

srážek při výstupném proudění rozloženo po směru proudění bez ohledu na okolní terén (Smith, Barstad 2004). Tento přístup zanedbává výpar oblačné vody a hydrometeorů, způsobený sestupným prouděním. Celkový úhrn srážek je při tomto předpokladu přeceňovaný. Porovnání odhadu plošných srážek pomocí „upslope“ modelu a „upslope-time-delay“ (FFT) modelu je vidět na obr. 9 a 10. Je zde vidět jasné zlepšení prostorového rozložení srážek a jejich celkového úhrnu dané funkcí FFT.

Model, který by věrohodněji odhadoval srážky, by měl kombinovat dynamiku proudění, advekci, dobu zpoždění srážek a evaporaci na svahu (Smith et Barstad, 2004). Efekt opoždění srážky prodlouží čas vypadání srážek a jejich vrchol se posune po směru proudění. V případě vyšších rychlostí větru jsou srážky mnohem více protažené v oblasti proti směru proudění. Celkově se musí brát v úvahu, že se dominantní procesy a srážkové zákonitosti liší v horizontálním topografickém měřítku.



Obr. 9: Porovnání akumulované srážky (mm) naměřené srážkoměry a odhadnuté pomocí numerických modelů pro 20. září roku 1999 v regionu poblíž Lago Maggiore v severozápadní Itálii: Upslope model a Upslope-time-delay (FFT) model (převzato z Smith, 2003)



Obr. 10: Akumulované srážky (mm) 20. září 1999 pro 709 alpských stanic mezi 8 a 13°E, resp. 45.5 a 48°N. Měření jsou započítána do předpovědních modelů: Upslope model a Upslope-time-delay (FFT) model (převzato z Smith, 2003)

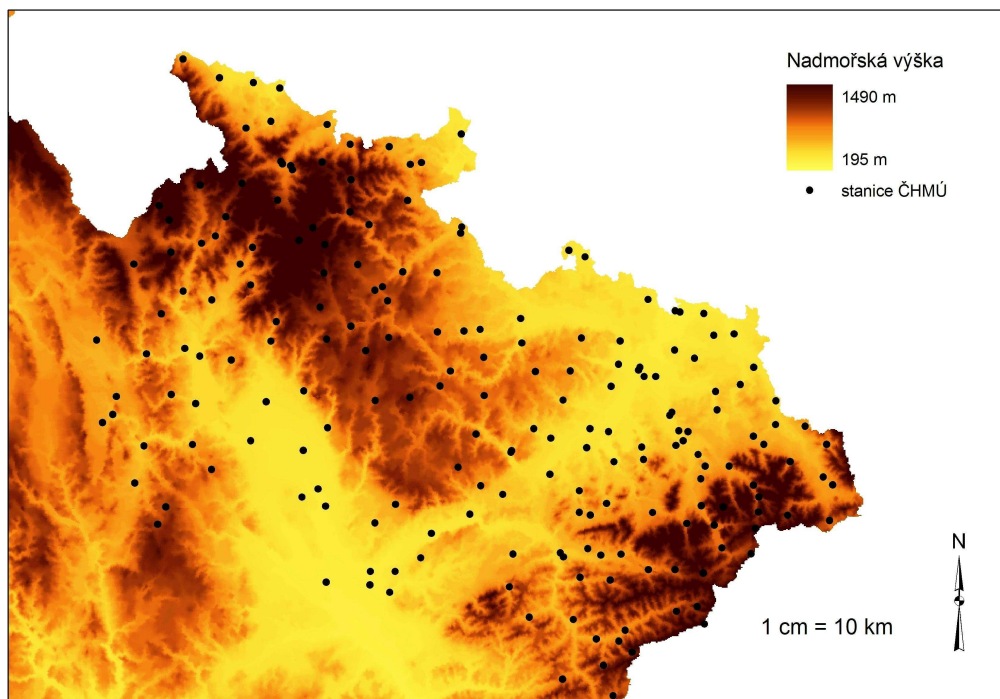
Praktická část

5 Data a metody

V první řadě bylo vybráno zájmové území (viz kapitulu 5.1) dostatečně reprezentující vliv orografie na silné srážky v České republice. Dále byly použity dva datové soubory. První obsahoval data z meteorologických re-analýz (kapitola 5.2) a druhý bodové denní úhrny srážek (kapitola 5.3). Nakonec byly vybrány vhodné metody pro výpočet geomorfologických charakteristik reliéfu (viz kapitola 5. 4), porovnání vztahů mezi srážkovými událostmi a topografií (kapitola 5.5) a výpočet plošných srážek (kapitola 5.6) v zájmovém území.

5.1 Zájmové území

Vybraná oblast se nachází na severovýchodě České republiky je vymezena souřadnicemi $49^{\circ}19'67''$ - $50^{\circ}43'33''$ s. š. a $16^{\circ}62'50''$ - $18^{\circ}77'08''$ v. d. Na tomto území se nachází 201 stanic (srážkoměrných, klimatologických) v povodí řeky Odry, Bečvy a horní Moravy, ze kterých byla použita bodová data ze srážkoměrů. Jedná se o stanice ČHMÚ, které spadají do oblasti působnosti pobočky Ostrava (příloha 1) . Oblast byla vybrány díky výrazné orografii, kde velké úseky hřebenových partií neleží přímo na hranicích, a proto je zde k dispozici dostatek srážkoměrných dat i z předpolí hor (obr. 11).



Obr. 11: Nadmořská výška v zájmové oblasti spolu se stanicemi ČHMÚ

Z hlediska reliéfu se jedná o území velmi rozmanité. Zasahuje do tří provincií (Česká vysočina, Západní Karpaty a Středoevropská nížina) a zahrnuje pět hlavních skupin typů reliéfu, jež můžeme na základě vzhledu, geneze a stáří georeliéfu na území ČR rozlišit (Karásek, 2001), a kterým odpovídají jednotlivé geomorfologické celky (viz přílohu 2).

Na území vybrané oblasti se vyskytují následující hlavní typy reliéfu:

- 1) Akumulační roviny - tj. území tvořená nezpevněnými usazeninami s relativní výškovou členitostí 0-30 m. Nejčastěji se nacházejí podél koryt středních a velkých řek (údolní nivy, říční akumulární terasy).
- 2) Sníženiny - pánev, kotlina, brázda, úval a brána, které vznikly jednak tektonickými poklesy ker kůry zemské a jednak odnosem v méně odolných horninách.
- 3) Pahorkatiny – nacházejí se zde podle relativní výškové členitosti ploché pahorkatiny s členitostí 30 - 75 m a členité pahorkatiny s členitostí 75 - 150 m.
- 4) Vrchoviny - opět zde nalezneme ploché (výšková členitost 150 - 200 m) a členité (relativní výšková členitost 200 - 300 m) vrchoviny. Flyšové vrchoviny reprezentují Vnější Západní Karpaty a vrchoviny vázané na oblasti tektonických zdvihů vrchoviny Česko-moravské a Krkonošsko-jesenické soustavy.
- 5) Hornatiny - jedná se o horský lem české kotliny a pás pohraničních hornatin Vnějších Západních Karpat na styku ČR a SR. Podle relativní výškové členitosti se zde opět vyskytují ploché hornatiny (relativní výšková členitost 300 - 450 m) a členité hornatiny (relativní výšková členitost 450 - 600 m).

Z hlediska klimatologického se jedná o velmi zajímavou oblast se specifickým rozložením silných srážek. Události silných srážek způsobují výstupy vznikající vlivem konvergence v týlu cyklóny, kdy se jedná především o severní směr proudění (Kysely et Píček, 2007).

5.2 Rychlost a směr proudění v zájmové oblasti

Směr a rychlost větru je v mezní vrstvě výrazně ovlivňována reliéfem, pro účely práce však bylo třeba zjistit směr větru bez vlivu orografie. Proto byla použita data o směru a rychlosti větru z reanalýz ERA-40 ve 4 termínech světového času (UTC) 00, 06, 12, 18. Jedná se o dataset s horizontálním rozlišením $2,5^\circ$ za období září 1957 až srpen 2002 vytvořený ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) za spolupráce mnoha dalších institucí (Uppala et al., 2005).

Rychlost větru je velikost vektoru rychlosti pohybu vzduchu a udává se v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, popř. v $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Sobíšek et al., 1993). Data, použitá k výpočtu rychlosti větru, představovaly složky proudění na hladině AT850 v letech 1961 -1995 pro jednotlivé dny v termínech 12, 18 a 00 následujícího dne. Byl použit gridový bod 50N-17,5E, neboť leží přímo v zájmové oblasti.

Rychlost proudění byla vypočtena pomocí Pythagorovy věty, zde ve tvaru:

$$w = \sqrt{(u^2+v^2)}, \quad (3)$$

kde w je rychlost proudění v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ a u, v jsou složky proudění (zonální, meridionální).

Poté byl vypočten aritmetický průměr z hodnot v termínech 12, 18 a 00 následujícího dne. Při výpočtu nebyl použit termín 06, protože na území ČR probíhá měření srážek od 7 h do 7 h místního času následujícího dne, termín 06 UTC tedy prakticky odpovídá rozhraní uvažovaných časových úseků.

Směrem větru se rozumí směr, odkud vítr vane, tzn. opačný ke směru horizontální složky vektoru větru. Je udáván např. v úhlových stupních, tedy azimutem, tj. úhlem, o který je směr větru odkloněn od severního. Rovněž se označuje pomocí mezinárodních zkratk, vycházející z anglických názvů jednotlivých světových stran, odkud vítr vane (Sobíšek et al., 1993).

Data, potřebná k výpočtu směru proudění, představovaly opět složky proudění v gridovém bodě 50N-17,5E na hladině AT850 v letech 1957-2002. Pro jednotlivé dny byla jako charakteristická zvolena data z termínu 18 UTC, který leží uprostřed 24-hodinového úseku pro měření srážek.

Směr proudění byl vypočten pomocí dvou hlavních kroků.

Nejprve byl vypočten úhel svíraný vektory u a w , a to pomocí funkce Arkus sinus ze vztahu:

$$\alpha = \sin^{-1}(u/w), \quad (4)$$

kde α je úhel svíraný vektory u a w , u je zonální složka proudění a w je rychlost proudění v daném termínu

Tento mezivýsledek byl převeden na stupně pomocí funkce Degress. Podle znaménka složek proudění u a v byl určen kvadrant jednotkové kružnice a proveden výpočet směru větru (viz tabulku 1).

Tabulka 1 : Výpočet směru proudění podle jednotlivých kvadrantů

Kvadrant	Vektor u	Vektor v	Výpočet směru větru
I.	+	+	$\alpha + 180$
II.	+	-	$360 - \alpha$
III.	-	-	$-\alpha$
IV.	-	+	$180 + \alpha$

Směry proudění byly rozděleny do 4 sektorů symetricky, a to v intervalech:

- 1) východní vítr = 45° až 135°
- 2) jižní vítr = 135° až 225°
- 3) západní vítr = 225° až 315°
- 4) severní vítr = 315° až 45°

5.3 Srážkové události

Množství srážek se udává v milimetrech. Je to výška, do které by na povrchu země sahaly padlé (usazené) srážky ve formě vody nebo voda vzniklá rozpuštěním tuhých srážek, kdyby se nevsákla do půdy, neodtekla ani se neodpařila (Židek et Lipina, 2003). Výšce srážek 1 mm odpovídá množství vody 1 litr na 1 m² vodorovné plochy.

Srážkové události reprezentovaly denní úhrny srážek v mm za období let 1961 – 1995 pro vybranou oblast. Byl použit datový soubor bodových měření srážek z 201 stanic. Tento soubor byl rozdělen do 4 kategorií podle směru proudění (viz kapitolu 5.2). Z každého sektoru (východní, jižní, západní a severní proudění) bylo vybráno 5 dnů s vysokými srážkovými úhrny. Celkem bylo tedy zpracováno 20 termínů se silnými srážkami v této oblasti (viz tabulku 2). Tyto termíny budou dále v textu uváděny ve formátu rrrrmmdd.

Tabulka 2: Dvacet vybraných termínů s vysokými srážkovými úhrny s různým směrem proudění v letech 1961 – 1995

Datum (rrrrmmdd)	Rychlost proudění (m/s)	Směr proudění (°)	Směr proudění (svět. strana)
19650528	6,56	110,85	E
19720728	5,01	115,54	E
19770731	8,56	126,30	E
19850521	3,91	89,66	E
19950601	7,29	131,68	E
19700718	23,43	328,87	N
19720821	19,48	325,25	N
19760917	12,02	7,08	N
19770802	10,41	346,01	N
19850807	15,66	341,84	N
19910627	8,62	192,39	S
19620513	6,45	190,91	S
19640606	2,20	158,38	S
19770821	6,16	145,72	S
19940526	7,47	208,47	S
19640621	3,03	267,10	W
19660725	10,28	305,19	W
19750724	7,97	289,73	W
19850817	4,61	245,31	W
19860605	9,15	281,96	W

5.4 Charakteristiky reliéfu

Reliéf se vyznačuje mnoha různými charakteristikami. V této práci byly vybrány a zkoumány, ty, které by mohly mít vliv na prostorové rozložení silných srážek. Jedná se o základní (primární) vlastnosti reliéfu, a to plošné morfometrické charakteristiky. Nejdůležitější jsou nadmořská výška, svažítost neboli sklon svahu, orientace svahu a křivost svahu.

Nadmořská výška

Jedná se o svislou vzdálenost (výškový rozdíl) určitého místa na zemi k hladině moře a udává se v metrech nad mořem (m n. m.). Údaje o nadmořské výšce jsou součástí metadat srážkoměrných stanic ČHMÚ.

Sklon plochy (svahu)

Tato charakteristika reliéfu je ukazatelem toho, jak se mění výška terénu ve směru jeho největšího spádu (tabulka 3). Sklon plochy, resp. svahu je úhel sevřený terénní čarou nebo dílčí plochou terénního reliéfu a vodorovnou rovinou (Smolová et Vitek, 2007). V této práci je udáván ve stupních (0-90°), může být rovněž udáván v procentech (0° = 0 %, 45° = 100 %, 90° = blížíci se nekonečnu %) nebo tangentou.

Tabulka 3 : Geometrické rozdělení plochy podle sklonu

Sklon svahu (°)	Plochy
0° - 2°	rovinné
2° - 5°	mírně skloněné
5° - 15°	značně skloněné
15° - 25°	příkře skloněné
25° - 35°	velmi příkře skloněné
35° - 55°	srázy
55° a více	stěny

(převzato z práce Smolová et Vitek, 2007)

Orientace plochy (svahu) neboli směr sklonu svahu

Určuje orientaci svahu ke světovým stranám podle jeho největšího spádu a je obvykle měřena od severu ve směru hodinových ručiček. Jedná se o úhel, který svírá průmět spádové přímky roviny s přímkou vedoucí k severu (Smolová et Vítek, 2007). Úhel je tedy numerickým vyjádřením orientace, udává se ve stupních $0 - 360^\circ$ (-1 označuje plochá místa). Lze vymezit čtyři nebo osm směrů podle rozložení do čtyř hlavních kvadrantů nebo osmin směrové družice. V této práci bylo použito vyjádření ve stupních a vymezení do osmi směrů.

Normálová křivost svahu

Normálovou křivostí se rozumí křivost normálového řezu v bodě $A(x,y)$, přičemž rovina řezu je kolmá na tečnou rovinu k topografické ploše v daném bodě $A(x,y)$ (Dolanský, 2008). Představuje tedy zakřivení reliéfu ve směru spádové křivky. Pomocí hodnoty normálové křivosti lze charakterizovat jednotlivé morfometrické formy georeliéfu. Tyto formy jsou od sebe odděleny inflexními body. Pokud je normálová křivost > 0 , pak forma je konvexní (vypouklá) a pokud normálová křivost < 0 , tak je forma konkávní (dutá).

Horizontální křivost svahu

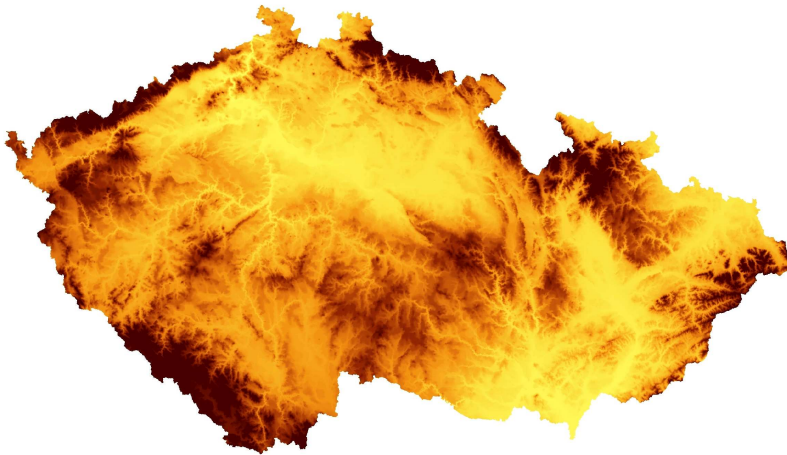
Svislým průmětem normálové křivosti do roviny horizontální řezu dostáváme horizontální křivost svahu (Dolanský, 2008). Jedná se tedy o zakřivení reliéfu ve směru vrstevnice. Podobně jako u normálových křivostí jsou horizontální formy reliéfu konvexní tam, kde $K_r > 0$ a konkávní, kde $K_r < 0$.

5.4.1 Výpočet morfometrických charakteristik v místě měření srážek

Neprve byla sestavována tabulka s jednotlivými srážkoměrnými stanicemi a jejich polohou, určenou souřadnicemi zeměpisné šířky a délky. Tato tabulka byla převedena do formátu dbf a poté byla data převedena do prostředí ArcGIS 9.

Data použitá pro charakteristiky reliéfu pro jednotlivé srážkoměrné stanice byla odvozena z digitálního modelu reliéfu – DMR s velikostí pixelu 200 m (obr. 12), který je součástí databáze ArcČR 500 (verze 2.0a) firmy ARCDATA Praha. Geometrický typ je rastr, jako

zdroj byla použita fyzickogeografická mapa 1 : 500 000 a vstup představoval model s pomocí vrstevnic, výškových bodů, vodních toků a ploch.



Obr. 12: Digitální model České republiky (upraveno dle ArcČR 500)

Výpočty byly zpracovány v prostředí ArcGIS 9, při nichž bylo zpracovááno okolí vyhodnocované buňky o velikosti 200 x 200 m, a to v osmi sousedstvích (viz obr. 13).

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Obr. 13: Okolí vyhodnocované buňky při výpočtu sklonu a orientace svahu (převzato z Vojtek, 2009)

Byly provedeny tyto geomorfometrické analýzy:

1) sklon plochy (svahu) – pomocí funkce Slope

a) analytický výpočet (Vojtek, 2009):

$$\begin{aligned}
 \text{Slope}_x &= \Delta z_x / \Delta x & \Delta y &= \Delta x & (5) \\
 \text{Slope}_y &= \Delta z_y / \Delta y \\
 \text{Slope} &= \sqrt{\text{Slope}_x^2 + \text{Slope}_y^2}
 \end{aligned}$$

b) implementace sklonu v ArcGIS (Vojtek, 2009):

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 * x_cell_size) \quad (6)$$

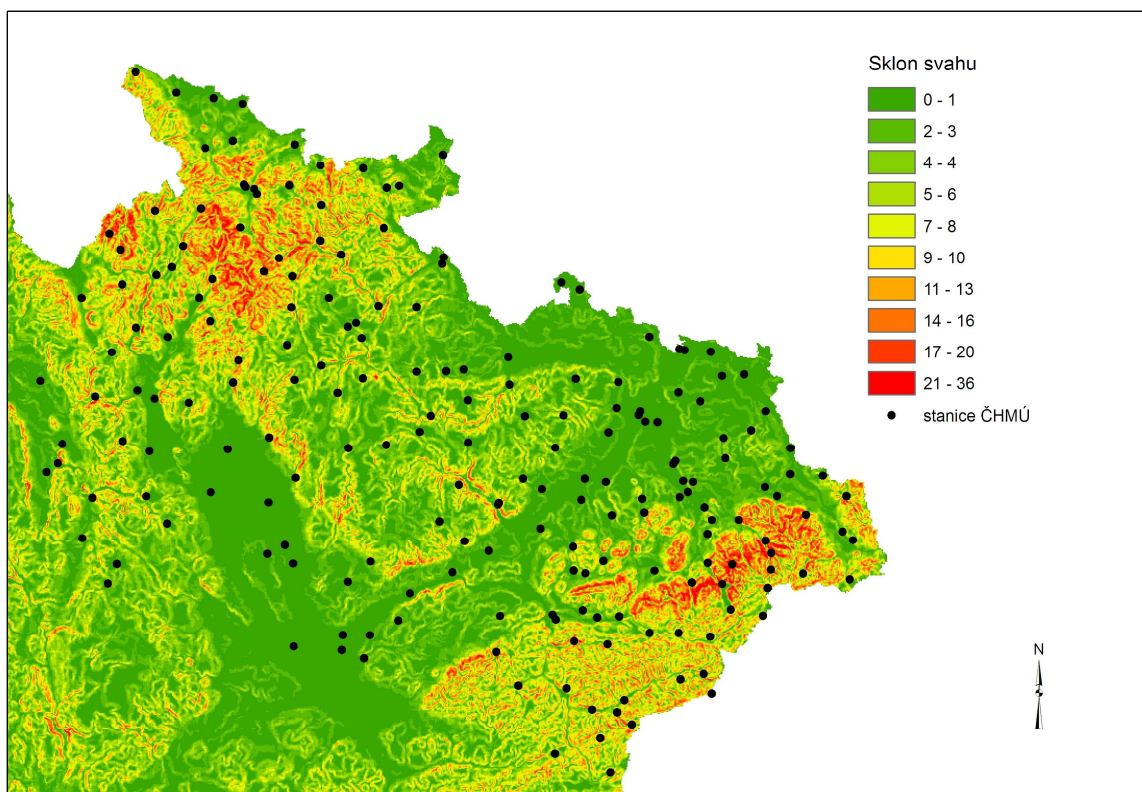
$$[dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 * y_cell_size)$$

$$\text{sklon} = \arctan (\sqrt{ [dz/dx]^2 + [dz/dy]^2 })$$

c) funkce Slope

Funkce Slope počítá změnu sklonu mezi buňkami a jejich sousedními buňkami. Každý pixel rastru dostane hodnotu sklonu, nižší hodnota znamená rovný terén, vyšší hodnota znamená strmější terén (Hrubá, 2009).

Byl použit panel nástrojů 3D Analyst – Surface Analysis - Slope. Jako vstup byl použit DMR, výsledek je v rastru a jednotky výstupu jsou ve stupních (obr. 14).



Obr. 14: Sklony reliéfu zájmového území

2) orientace plochy (svahu) – pomocí funkce Aspect

a) analytický výpočet (Vojtek, 2009):

$$\begin{aligned} \text{Slope}_x &= \Delta z_x / \Delta x & \Delta y &= \Delta x \\ \text{Slope}_y &= \Delta z_y / \Delta y \\ \text{Aspect} &= 180/\pi * \arctan(\text{slope}_x/\text{slope}_y) \end{aligned} \quad (7)$$

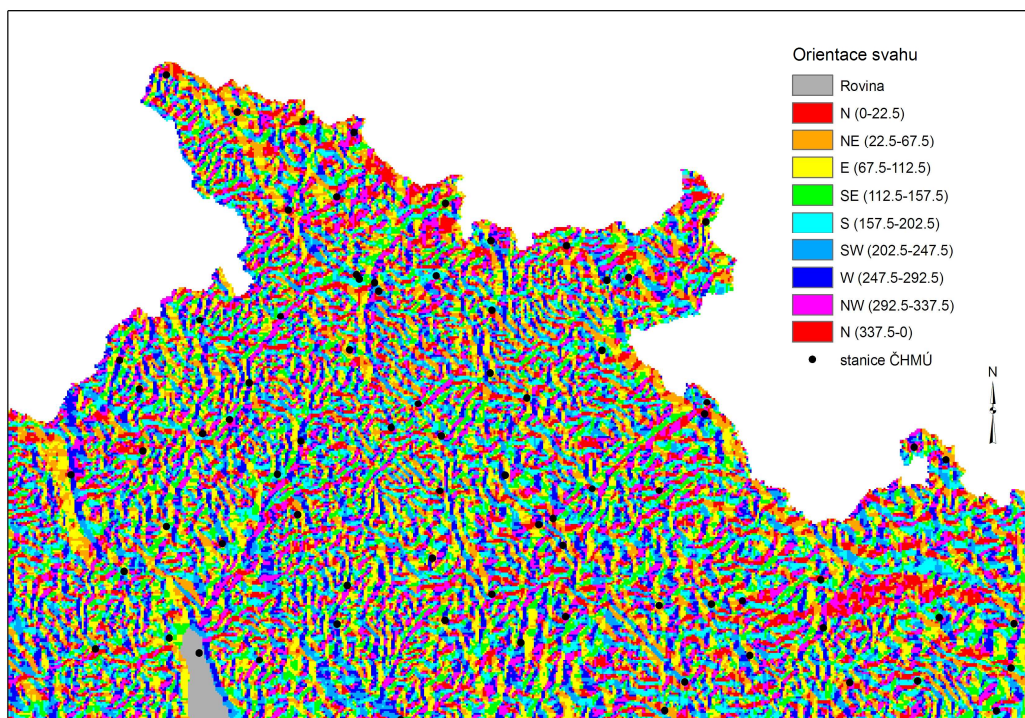
b) implementace orientace v ArcGIS (Vojtek, 2009):

$$\begin{aligned} [dz/dx] &= ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / 8 \\ [dz/dy] &= ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / 8 \\ \text{orientace} &= 57.29578 * \text{atan2} ([dz/dy], -[dz/dx]) \end{aligned} \quad (8)$$

c) funkce Aspect

Funkce Aspect identifikuje nejstrmější směr z každé buňky k jejím sousedním buňkám. Aspect je měřen ve směru hodinových ručiček ve stupních od 0° (sever) do 360° (opět sever). Hodnota v každé buňce reprezentuje směr sklonu buňky (Hrubá, 2009).

Byl použit panel nástrojů 3D Analyst – Surface Analysis - Aspect. Jako výstup byl použit DMR, výsledek je v rastru a jednotky výstupu jsou ve stupních a označeny mezinárodní zkratkou světové strany (obr. 15).



Obr. 15: Orientace reliéfu v zájmové oblasti

(z důvodu přehlednosti je znázorněna především Jesenická oblast)

3) normálová a horizontální křivost – pomocí funkce Curvature

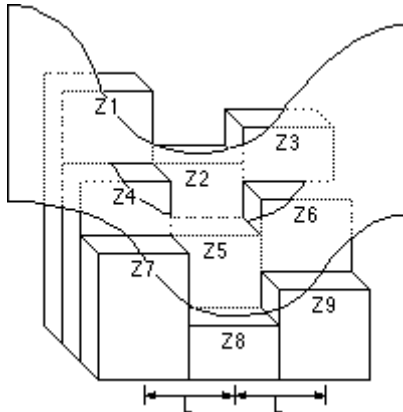
a) rovnice pro normálovou křivost (Vobora, 2006):

$$\omega = \frac{f_{xx}f_x^2 + 2f_{xy}f_xf_y + f_{yy}f_y^2}{(f_x^2 + f_y^2)\sqrt{1 + f_x^2 + f_y^2}}. \quad (9)$$

aa) rovnice pro horizontální křivost (Vobora, 2006):

$$\kappa_r = -\frac{f_{xx}f_y^2 + 2f_{xy}f_xf_y + f_{yy}f_x^2}{\sqrt{1 + f_x^2 + f_y^2}}. \quad (10)$$

b) implementace křivosti v ArcGIS (Dolanský, 2009):



Obr. 16: Okolí vyhodnocované buňky zpracované v ArcGIS při výpočtu křivosti svahu
(převzato z Vojtek, 2009)

$$A = [(Z1 + Z3 + Z7 + Z9) / 4 - (Z2 + Z4 + Z6 + Z8) / 2 + Z5] / L4$$

$$B = [(Z1 + Z3 - Z7 - Z9) / 4 - (Z2 - Z8) / 2] / L3$$

$$C = [(-Z1 + Z3 - Z7 + Z9) / 4 + (Z4 - Z6) / 2] / L3$$

$$D = [(Z4 + Z6) / 2 - Z5] / L2$$

$$E = [(Z2 + Z8) / 2 - Z5] / L2$$

$$F = (-Z1 + Z3 + Z7 - Z9) / 4L2$$

$$G = (-Z4 + Z6) / 2L$$

$$H = (Z2 - Z8) / 2L$$

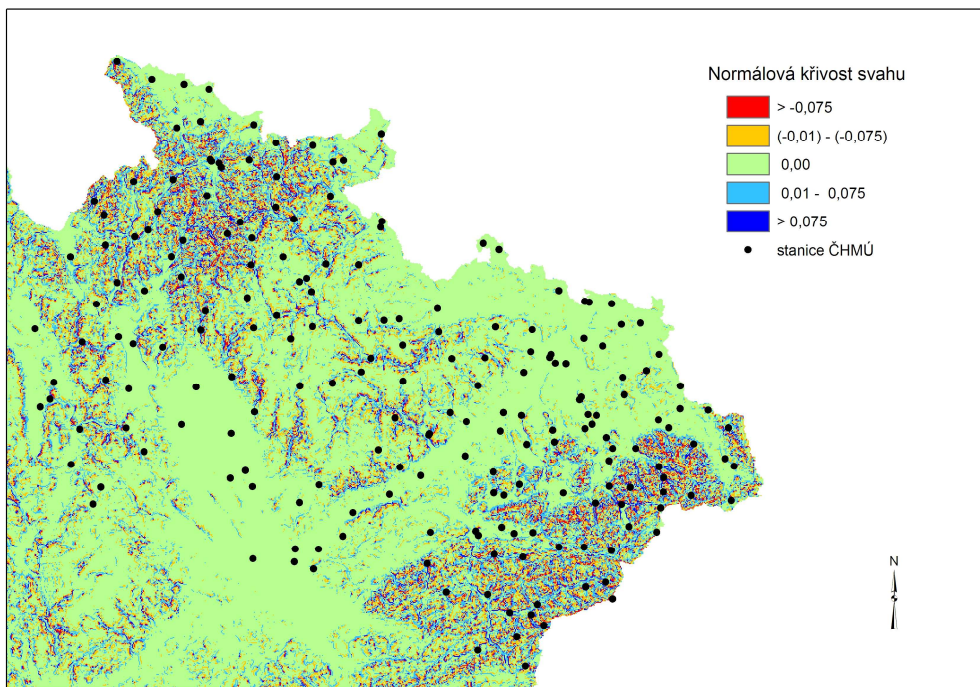
$$I = Z5$$

$$Z = Ax^2y^2 + Bx^2y + Cxy^2 + Dx^2 + Ey^2 + Fxy + Gx + Hy + I \quad (11)$$

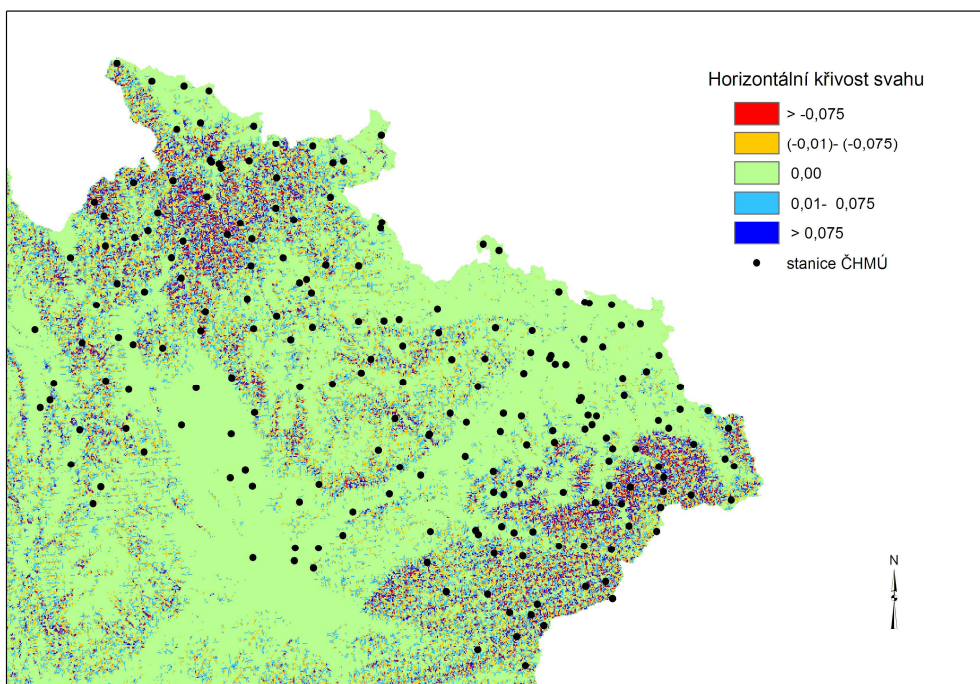
pozn.: hodnota pixelu je rovna druhé derivaci povrchu DMR

c) funkce Curvature

Funkce Curvature vypočítá křivost povrchu. Jako volitelné výstupní parametry byly definovány profile curvature a plan curvature (Vobora, 2006). Profile curve raster je rastr normálových křivostí (obr. 17) a plan curve raster je rastr horizontálních křivostí (obr. 18). Normálová křivost je kolmá na směr maximálního sklon a horizontální je ve směru maximálního sklonu. Kladná hodnota křivosti určuje povrch, který je konvexní, zatímco záporná křivost je znakem konkávního povrchu a nulová hodnota značí rovnou plochu. To samé platí pro horizontální křivost.



Obr. 17: Normálová křivost reliéfu v zájmové oblasti



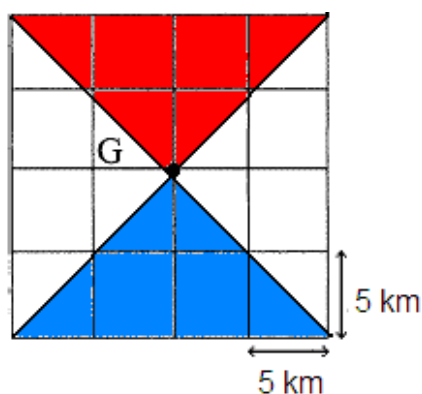
Obr. 18: Horizontální křivost reliéfu v zájmové oblasti

Výsledky těchto charakteristik reliéfu (sklonu, orientace, normálové a horizontální křivosti svahu) a hodnoty nadmořské výšky pro zájmové území (201 stanic) jsou uvedeny v příloze 3.

5.4.2 Morfometrické charakteristiky v okolí místa měření srážek

Weisse et Bois (2001) vysvětlují srážkové úhrny lokálními topografickými parametry v okolí místa stanice; uvažují oblast 16 x 16 km se stanicí uprostřed. Do odhadu srážek započítávají morfometrické charakteristiky reliéfu okolních horských svahů ve čtyřech směrech, v celém horizontu a jejich maximální hodnoty.

Proto byla v této práci pro výpočet morfometrických charakteristik v okolí stanice vymezena plocha 20 x 20 km a rozdělena do čtyř trojúhelníkových sektorů dle směru proudění - N, E, S, W (obr. 19). Pro porovnání srážek a topografických proměnných byla použita jejich maxima proti směru nebo po směru proudění. Na obr. 19 je rovněž uveden příklad pro severní proudění, kdy červeně je vyznačena plocha, kde byly zjišťovány morfometrické charakteristiky v okolí stanice proti směru proudění a modře okolí stanice po směru proudění.



Obr. 19: Lokalizace max. sklonů, max. nadmořské výšky a převýšení charakterizující místo měření srážek (G)

Z každého sektoru byly použity tyto morfometrické charakteristiky:

- max. sklon svahu v okolí stanice proti směru proudění s orientací vůči proudění - **SOP**
- max. sklon svahu v okolí stanice po směru proudění s orientací vůči proudění - **SOS**
- max. nadmořská výška v okolí stanice proti směru proudění – **VOP**
- max. nadmořská výška v okolí stanice po směru proudění – **VOS**
- převýšení mezi nadm. výškou v místě stanice a max. nadm. výškou v okolí stanice proti směru proudění - **POP**
- převýšení mezi nadm. výškou v místě stanice a max. nadm. výškou v okolí stanice po směru proudění - **POS**

Maximální sklony svahu v okolí stanice proti směru proudění jsou uvedeny v příloze 4 a v okolí stanice po směru proudění v příloze 5. Maximální nadmořské výšky a převýšení v okolí stanice jsou uvedeny v příloze 6.

5.5 Korelace a korelační koeficienty

Pojem korelace je možné vyjádřit jeho českými ekvivalenty jako je souvztažnost, vzájemný vztah nebo vzájemná souvislost. Ve statistice se korelací rozumí vzájemný vztah mezi náhodnými veličinami (Hebák et al., 2005). Korelační koeficienty slouží jako míry vyjádření těsnosti těchto vztahů. Tato statistická metoda neurčuje příčinu a následek, ale pouze, zda existuje vztah (korelace). V této práci je korelace použita k vyjádření vztahu mezi srážkami a vypočtenými morfometrickými charakteristikami reliéfu v zájmové oblasti. Orientace svahu není korelována se srážkami, nýbrž slouží k výběru svahů s příslušnou orientací vůči proudění. V místě stanice jsou tedy korelovány se srážkami pouze sklony a křivosti svahu s orientací vůči směru proudění a v okolí stanice byly rovnou vypočítány sklony svahu s orientací odpovídající jednotlivým sektorům.

5.5.1 Jednoduchá (párová) korelace

Nejjednodušším vztahem dvou metrických proměnných je vztah lineární, jehož míru lze zjistit jednoduchou korelací. Lze rovněž vyjádřit nelineární vztah a to pomocí pořadové korelace (Spearman). Vzhledem k tomu, že nelze určit tvar závislosti srážek na topografických proměnných počítala tato práce s lineárním vztahem proměnných. V případě korelace nestanovujeme rovnici přímky závislosti (to je úlohou lineární regrese), ale můžeme si přímku představit jako vyjádření lineárního vztahu a ze vzdálenosti bodů od přímky pak odhadnout míru tohoto vztahu (Škaloudová, 2008).

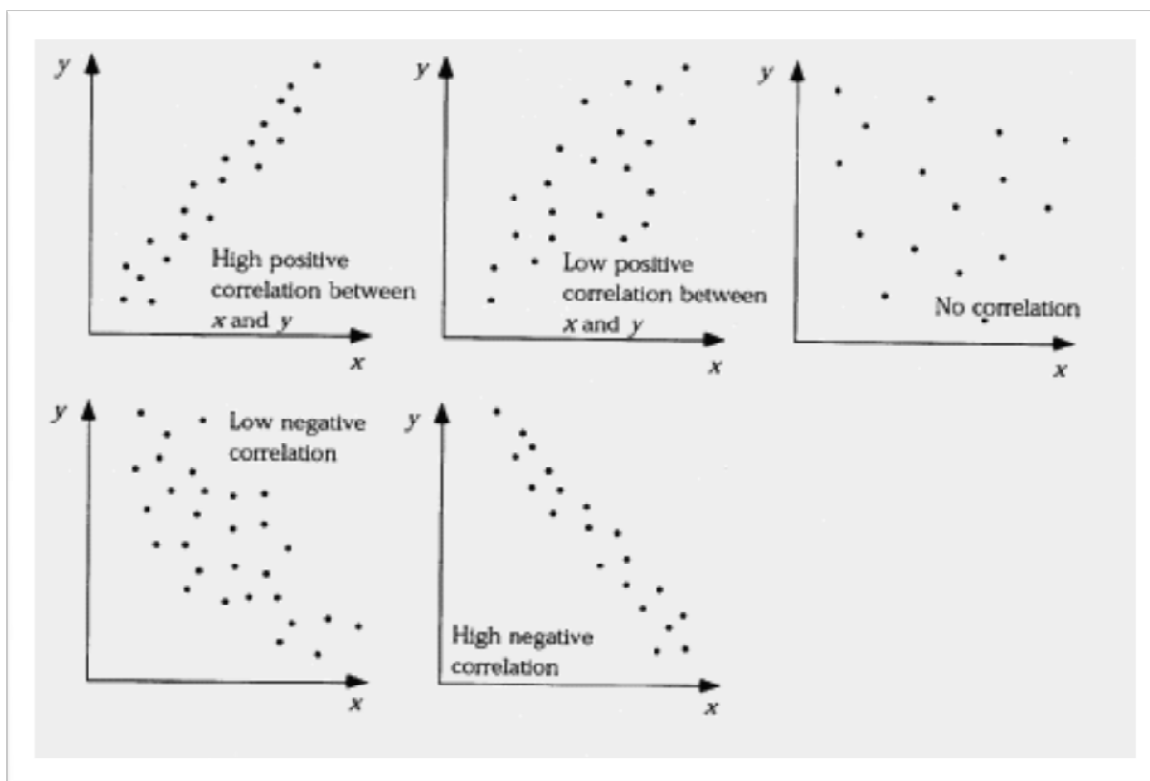
5.5.2 Jednoduchý (párový) korelační koeficient

Párové korelační koeficienty (např. Pearson, Spearman, Kendall) se používají pro vyjádření korelace mezi dvěma proměnnými x a y .

Podle Rozehnalová et Bahbouh (2007) pro jednoduchý korelační koeficient platí (obr. 20):

- Jednoduchý (párový) korelační koeficient nabývá hodnot od -1 do $+1$.
- Proměnné jsou nekorelované, pokud je $r = 0$.
- Asociace je kladná, když r je větší než nula a záporná, když r je menší než nula.
- Když se $r = 1$, leží všechny body na přímce (křivce), a ta má rostoucí charakter, pokud se $r = -1$, leží všechny body na přímce (křivce), a ta má klesající charakter.

V případě kladné korelace hodnoty obou proměnných zároveň stoupají. V případě záporné korelace hodnota jedné proměnné stoupá a druhé klesá. Avšak výsledky získané použitím těchto koeficientů korelace mohou příliš zjednodušovat a někdy i zkreslovat skutečnost tím, že uvažují vždy jen dvojici proměnných a jejich vztah hodnotí izolovaně od všech ostatních proměnných (Heřmanová, 1991).



Obr. 20: Charakteristika korelační závislosti (převzato z Rozehnalová et Bahbouh, 2007)

5.5.3 Výpočet jednoduchého korelační koeficientu

V této práci byl použit Pearsonův korelační koeficient, neboť je užíván v případě, že náhodné veličiny x a y jsou kvantitativní náhodné veličiny se společným dvourozměrným rozdělením a je pro konkrétní hodnoty $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_n, y_n)$ vyjádřen vztahem (Škaloudová, 2008) :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (12)$$

Tento korelační koeficient byl vypočten v prostředí MS Excel pomocí funkce CORREL.

5.5.4 Testování významnosti jednoduchých korelačních koeficientů

Jednoduché korelační koeficienty jsou testovány z hlediska statistické významnosti. V této práci byli testováni vůči kritickým hodnotám na hladině významnosti 5 %, resp. 1 %. Počet stanic, ze kterých byla dostupná srážkoměrná data, se pro jednotlivé termíny lišil. Počet se pohyboval v rozmezí 126 – 159. Byl proto zvolen počet stupňů volnosti 125, neboť je vždy lepší uvažovat přísnější kritérium. Vypočtené hodnoty byly tedy porovnány s kritickými hodnotami pro 125 stupňů volnosti, tabelovaných v práci Sokal et Rohlf (1994); 0,174 pro hladinu významnosti 5 %, resp. 0,228 pro hladinu významnosti 1 %. Pokud jsou tyto hodnoty překročeny jsou jednoduché korelační koeficienty statisticky významné.

5.5.5 Vícenásobná korelace

Pro exaktnější a věcně správnější hodnocení vztahů mezi proměnnými (jevy) je třeba použít metodu vícenásobné korelace, která bývá zařazována do skupiny vícerozměrných statistických metod (Heřmanová, 1991). Jejím nejběžnějším případem je analýza vztahů mezi třemi proměnnými, kdy je lze znázornit v trojrozměrném prostoru, neboť složitější vztahy (závislost mezi více než třemi proměnnými) lze vyjádřit pouze matematicky. Hlavní předností této metody je, že umožňuje sledovat jak dílčí, tak i souhrnný vliv několika nezávisle proměnných (x_i) na hodnotu závisle proměnné (y).

5.5.6 Vícenásobný korelační koeficient

Vícenásobný korelační koeficient vyjadřuje těsnost celkové závislosti proměnné y na uvažovaných nezávisle proměnných x_i , tj. korelaci mezi veličinou y a její nejlepší lineární náhradou pomocí kombinace proměnných x_i (Heřmanová, 1991). Jeho hodnota je vždy nezáporná a větší nebo rovna kterékoliv absolutní hodnotě jednoduchého Pearsonova korelačního koeficientu, což lze vysvětlit tak, že každá z nezávisle proměnných objasňuje méně, než když jsou posuzována ve spojení s ostatními jako kombinace.

Pro vícenásobný korelační koeficient dle práce Hebák et al. (2005) dále platí:

- Nabývá hodnot od nuly do jedné. Krajních hodnot nabývá v případě nezávislosti a v případě funkční závislosti. Intenzita lineární závislosti mezi skutečnými a vyrovnanými hodnotami proměnné y se považuje za tím vyšší, čím je vícenásobný korelační koeficient blíže jedné.
- Přidáním nové proměnné hodnota vícenásobného korelačního koeficientu neklesne.
- Vícenásobný korelační koeficient lze vyjádřit pomocí jednoduchých i dílčích korelačních koeficientů.

Interpretace velikosti korelačního koeficientu závisí nejen na jeho absolutní výši, ale také na věcné povaze vztahů, které charakterizuje (viz tabulku 4). Rovněž při hodnocení statistické závislosti nezávisí jen na koeficientu korelace, ale také na rozsahu souboru. Korelačním koeficientům vypočtených na základě rozsáhlejších souborů se přikládá větší význam než korelačním koeficientům, vypočtených na základě malých souborů (Čermáková et Střeleček, 1995).

Tabulka 4: Klasifikace stupně závislosti podle koeficientu korelace pro přírodní vědy

Hodnota koeficientu korelace	Stupeň statistické závislosti
$0,3 < r_{xy} $	nízký stupeň korelační závislosti
$0,3 \leq r_{xy} < 0,5$	mírný stupeň korelační závislosti
$0,5 \leq r_{xy} < 0,7$	střední stupeň korelační závislosti
$0,7 \leq r_{xy} < 0,9$	vysoký stupeň korelační závislosti
$0,9 \leq r_{xy} < 1,0$	velmi vysoký stupeň korelační závislosti
$ r_{xy} = 1,0$	matematická (funkční závislost)

(převzato z Čermáková et Střeleček, 1995)

5.5.7 Výpočet vícenásobného korelační koeficientu

V této práci byl vypočten pomocí jednoduchých korelačních koeficientů ze vztahu (Hebák et al., 2005):

$$\sqrt{(1 - |R_1| / |R|)}, \quad (13)$$

kde $|R_1|$ je determinant matice jednoduchých korelačních koeficientů (proměnných y, x_1, x_2, \dots, x_k) s jedničkou na hlavní diagonále, $|R|$ je determinant této matice po vypuštění prvního řádku a sloupce (proměnná y) s jedničkou na hlavní diagonále.

Determinat matice byl spočten v Excelu pomocí funkce DETERMINANT.

5.5.8 Koeficient determinace

Jedná se o druhou mocninu korelačního koeficientu a jeho stonásobek vyjadřuje procentuální závislost sledovaných proměnných, tj. kolik procent variability proměnné y může být vysvětleno variabilitou proměnné x a naopak (Rozehnalová et Bahbouh, 2007).

Tabulka 5: Míra těsnosti koeficientu determinace

Koeficient determinace	Míra těsnosti
$r^2 < 10 \%$	těsnost nízká
$10 \% \leq r^2 < 25 \%$	těsnost mírná
$25 \% \leq r^2 < 50 \%$	těsnost význačná
$50 \% \leq r^2 < 80 \%$	těsnost velká
$80 \% \leq r^2$	těsnost velmi vysoká

(převzato z Mrkvička, 2009)

5.6 Výpočet plošných úhrnů srážek

Plošné úhrny srážek pro zájmovou oblast byly vypočítány pomocí interpolačních metod kriging, IDW a Topo to Raster popsané v kapitole 4. 1., jež obsahuje software ArcGIS 9.

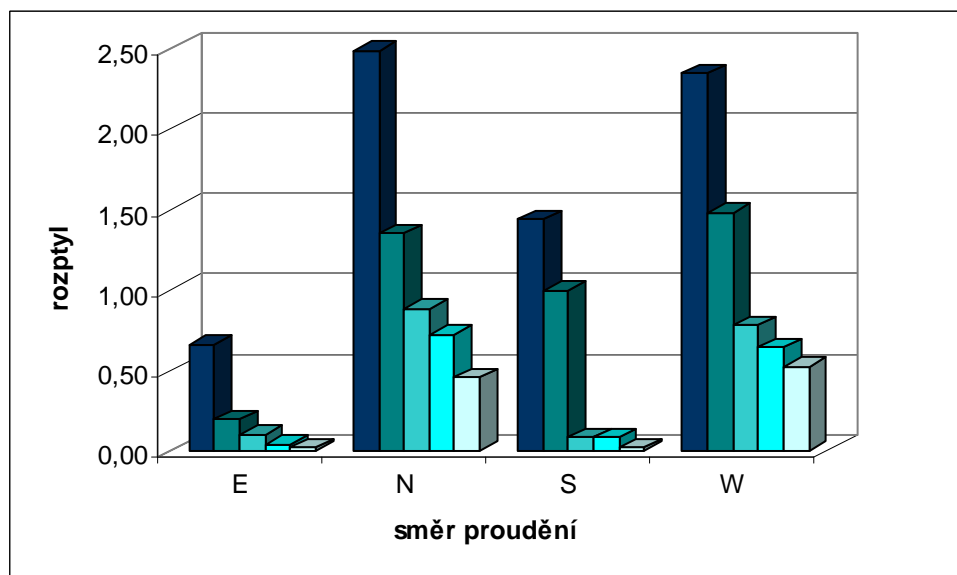
U metody kriging bylo nutné nastavit parametry lag, range, partial sill a nugget. V kapitole 6 jsou uvedeny a porovnány výsledky plošné srážky vypočítané pomocí těchto metod v zájmové oblasti.

6 Porovnání plošných srážek stanovených různými metodami

Pro výpočet plošných srážek bylo využito metod KRI, IDW a TOPO (viz kapitolu 5.6), které nezohledňují vliv reliéfu. Výsledky se pro některé termíny lišily až o jednotky milimetrů, což představuje rozdíl zpravidla do 10 %. V průměru nejvyšších hodnot dosahovaly plošné srážky vypočtené metodou KRI, nejnižších pomocí metody TOPO (viz tabulku 6). Výsledky metodou IDW ležely zpravidla uprostřed, proto byly použity k porovnání srážek a topografických proměnných z hlediska velikosti plošné srážky (viz kapitolu 7).

Pokud uvažujeme události podle směru proudění, najdeme mezi jednotlivými směry určité odlišnosti. Při východním a jižním proudění se hodnoty plošné srážky vypočtené výše uvedenými metodami výrazněji nelišily. Větší rozdíly byly vidět při porovnání výsledků při západním a severním proudění. Nejvyšší rozdíly se projeví u termínu 19660725 (západní proudění), kde je rozdíl téměř 4 mm mezi metodami KRI a TOPO. Rovněž byla vypočtena míra variability (kolísání hodnot kolem průměrné veličiny), v našem případě rozptyl pro jednotlivé termíny pro všechny směry proudění (obr. 22). Rozptyl byl vypočten v prostředí MS Excel pomocí funkce VAR.

Bez ohledu na použitou metodu je zřejmé, že severní případy mají obecně vyšší plošné srážky (viz kapitolu 5.1), avšak objevují se u nich největší rozdíly mezi výsledky stanovenými různými metodami.



Obr. 21: Rozptyl plošné srážky vypočtené třemi interpolačními metodami pro jednotlivé termíny

Tabulka 6: Plošný úhrn srážek pro zájmovou oblast v letech 1961-1995

Datum (rrrrmmdd)	SPR	SRZ (mm)		
		Kriging	IDW	TOPO
19650528	E	13,94	13,94	13,18
19720728	E	22,29	21,47	20,66
19770731	E	24,57	24,45	24,31
19850521	E	15,88	16,05	15,67
19950601	E	23,91	23,89	23,35
průměr	E	20,12	19,96	19,43
19700718	N	37,07	35,74	34,75
19720821	N	36,24	34,55	35,23
19760917	N	38,00	37,57	36,20
19770802	N	35,64	34,99	32,64
19850807	N	43,08	43,06	41,91
průměr	N	38,01	37,18	36,15
19620513	S	29,05	28,95	28,52
19640606	S	24,17	23,73	23,66
19770821	S	26,66	26,93	28,50
19910627	S	25,05	25,11	25,29
19940526	S	24,79	24,24	22,50
průměr	S	25,94	25,79	25,69
19640621	W	21,10	20,91	19,77
19660725	W	13,58	12,78	10,62
19750724	W	17,92	17,31	16,33
19850817	W	20,95	20,65	19,30
19860605	W	30,86	30,48	28,59
průměr	W	20,88	20,43	18,92
celkový průměr		26,24	25,84	25,05

7 Závislost plošného rozdělení srážek na charakteristikách reliéfu

Srážkové úhrny v zájmové oblasti byly porovnány s vybranými morfometrickými charakteristikami reliéfu (viz kapitolu 5.3) pomocí jednoduché a vícenásobné korelace (viz kapitolu 5.4). Výsledky jednoduchých korelačních koeficientů spolu s plošnou srážkou a rychlostí proudění pro jednotlivé termíny jsou uvedeny v tabulce 8, výsledky vícenásobných korelačních koeficientů v místě stanice a v okolí stanice v tabulce 9. V tabulce 8 jsou barevně vyznačeny statisticky významné hodnoty jednoduchých korelačních koeficientů (viz kapitolu 5.5) a ty dále v textu okomentovány. Dosažené hodnoty korelačních koeficientů byly porovnány nejprve samostatně (kapitola 7.1), dále s ohledem na směr proudění (kapitola 7.2), na velikost plošné srážky a rychlost proudění (kapitola 7.3).

Tabulka 8: Jednoduché korelační koeficienty mezi srážkami a jednou proměnnou (x) pro jednotlivé termíny v letech 1961 – 1995. Barevně jsou vyznačeny statisticky významné kladné (červeně) a záporné (modře) korelace na hladině významnosti 5 % (světlá barva), resp. 1 % (sytá barva).

Datum	SPR	SRZ	RYP	Korelační koeficienty									
				HKR	NKR	SKL	SOP	SOS	VYS	VOP	VOS	POP	POS
19650528	E	13,94	6,56	0,10	-0,10	0,19	-0,21	0,23	0,09	0,02	0,21	-0,05	0,22
19720728	E	21,47	5,01	0,10	0,03	0,10	0,21	0,08	0,12	0,28	0,13	0,26	0,09
19770731	E	24,45	8,56	0,04	0,00	-0,06	-0,13	0,27	0,28	0,12	0,31	-0,03	0,24
19850521	E	16,05	3,91	0,06	-0,10	-0,25	-0,01	-0,43	-0,25	-0,26	-0,40	-0,17	-0,41
19950601	E	23,89	7,29	-0,08	0,14	-0,03	-0,24	-0,27	-0,14	-0,26	-0,24	-0,22	-0,24
průměr	E	19,96	6,27	0,04	0,00	-0,01	-0,08	-0,03	0,02	-0,02	0,00	-0,04	-0,02
19700718	N	35,74	23,43	0,18	0,27	0,24	0,24	0,41	0,20	0,07	0,31	-0,06	0,26
19720821	N	34,55	19,48	0,27	0,29	0,23	0,26	0,51	0,22	0,08	0,37	-0,08	0,28
19760917	N	37,57	12,02	-0,09	-0,16	-0,24	-0,24	0,36	-0,20	-0,36	0,24	-0,37	0,45
19770802	N	34,99	10,41	0,03	-0,06	-0,08	0,07	0,35	0,00	-0,30	0,23	-0,40	0,31
19850807	N	43,06	15,66	0,14	0,20	0,24	-0,01	0,46	0,18	-0,01	0,40	-0,15	0,39
průměr	N	37,18	16,20	0,11	0,11	0,08	0,06	0,42	0,08	-0,10	0,31	-0,21	0,34
19620513	S	28,95	8,62	-0,33	0,06	-0,47	-0,27	-0,27	-0,23	-0,34	-0,31	-0,26	-0,26
19640606	S	23,73	6,45	0,17	-0,03	0,02	-0,13	0,01	0,11	-0,03	0,21	-0,15	0,18
19770821	S	26,93	2,20	-0,14	-0,12	0,13	0,11	0,09	0,21	0,14	0,15	0,04	0,08
19910627	S	25,11	6,16	0,01	0,20	0,05	-0,12	-0,13	-0,12	-0,24	-0,23	-0,19	-0,21
19940526	S	24,24	7,47	0,18	0,16	0,02	0,09	-0,05	-0,17	-0,08	-0,22	0,05	-0,16
průměr	S	25,79	6,18	-0,02	0,05	-0,05	-0,07	-0,07	-0,04	-0,11	-0,08	-0,10	-0,08
19640621	W	20,91	3,03	-0,21	0,07	-0,19	-0,21	-0,08	-0,14	-0,19	-0,13	-0,22	-0,10
19660725	W	12,78	10,28	0,01	0,14	0,06	0,25	0,30	0,15	0,07	0,25	0,02	0,23
19750724	W	17,31	7,97	-0,06	0,10	-0,11	0,26	0,18	0,12	0,09	0,28	0,07	0,28
19850817	W	20,65	4,61	0,14	-0,20	-0,18	0,15	0,13	-0,07	-0,23	0,06	-0,22	0,20
19860605	W	30,48	9,15	0,04	-0,02	0,28	0,15	0,34	0,16	0,20	0,30	0,15	0,25
průměr	W	20,43	7,01	-0,01	0,02	-0,03	0,12	0,17	0,04	-0,01	0,15	-0,04	0,17

**Tabulka 9: Vícenásobné korelační koeficienty mezi srážkami a více proměnnými (x_n)
v místě a v okolí stanice pro jednotlivé termíny v letech 1961 - 1995**

Datum	SPR	SRZ	RYP	SKL+VYS	SKL+VYS+ HKR+NKR	SOP+VOP	SOS+VOS
19650528	E	13,94	6,56	0,20	0,29	0,10	0,23
19720728	E	21,47	5,01	0,12	0,23	0,28	0,15
19770731	E	24,45	8,56	0,33	0,38	0,12	0,31
19850521	E	16,05	3,91	0,28	0,31	0,26	0,34
19950601	E	23,89	7,29	0,17	0,26	0,26	0,27
průměr	E	19,96	6,27	0,22	0,29	0,21	0,26
19700718	N	35,74	23,43	0,25	0,27	0,35	0,49
19720821	N	34,55	19,48	0,25	0,32	0,29	0,52
19760917	N	37,57	12,02	0,25	0,34	0,39	0,39
19770802	N	34,99	10,41	0,10	0,24	0,37	0,37
19850807	N	43,06	15,66	0,24	0,24	0,22	0,46
průměr	N	37,18	16,20	0,22	0,28	0,32	0,45
19620513	S	28,95	8,62	0,48	0,56	0,34	0,31
19640606	S	23,73	6,45	0,11	0,30	0,21	0,38
19770821	S	26,93	2,20	0,22	0,47	0,16	0,17
19910627	S	25,11	6,16	0,18	0,22	0,29	0,25
19940526	S	24,24	7,47	0,22	0,43	0,32	0,34
průměr	S	25,79	6,18	0,24	0,39	0,26	0,29
19640621	W	20,91	3,03	0,20	0,30	0,21	0,14
19660725	W	12,78	10,28	0,15	0,20	0,35	0,30
19750724	W	17,31	7,97	0,22	0,18	0,34	0,29
19850817	W	20,65	4,61	0,18	0,32	0,24	0,16
19860605	W	30,48	9,15	0,28	0,32	0,21	0,34
průměr	W	20,43	7,01	0,21	0,26	0,27	0,25
celkový průměr		25,84	8,91	0,23	0,33	0,27	0,32

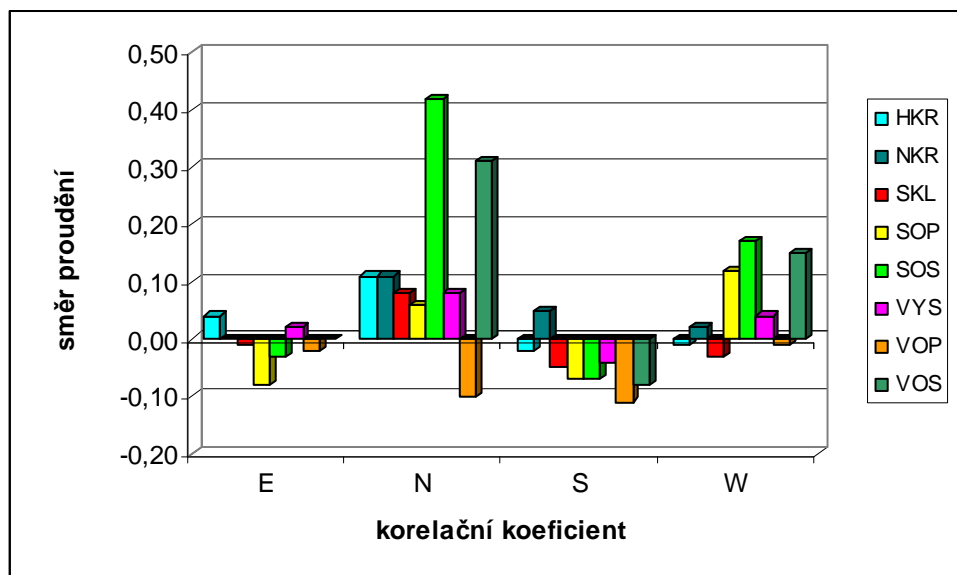
7.1 Vztah mezi srážkami a topografií z celkového hlediska

Jednoduché korelační koeficienty se pohybují ve širokém rozmezí od -0,47 do 0,51, vícenásobné od 0,10 do 0,52. Statisticky významných korelačních koeficientů je 52 %, přičemž kladných je 30 %. Nízké hodnoty korelačních koeficientů se vyskytují při korelaci srážek a morfometrických charakteristik v místě stanice, ale v okolí stanice jsou výsledky uspokojivější. Z tohoto důvodu je lepší uvažovat topografické proměnné v okolí stanice, které lépe charakterizují místo měření srážek, avšak záleží na směru proudění. Dále se u několika termínů, především při jižním proudění, vyskytují poměrně vysoké hodnoty záporných jednoduchých korelačních koeficientů, a to ve všech případech. Celkově nejvyšších hodnot jednoduchých korelačních koeficientů bylo dosaženo při severním proudění, kde se v průměru jednalo o mírný a nízký stupeň korelační

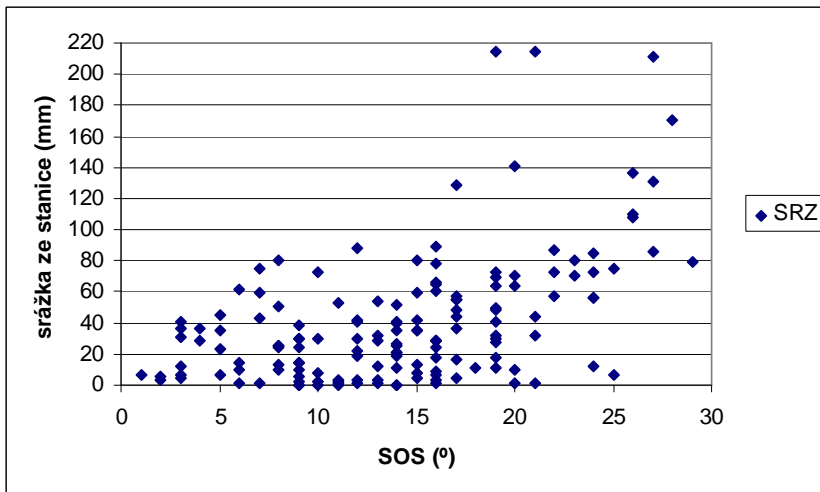
závislosti (obr. 22). Při ostatních směrech proudění ukazovaly průměrné hodnoty na nízký stupeň závislosti, nekorelovatelnost daných veličin nebo dokonce na zápornou korelaci (obr. 22).

Příklad události s nejsilnějšími korelacemi při severním proudění je zobrazen na obr. 23 a 24. Na obr. 23 je vidět, že srážky nad 100 mm jsou vázány na sklony svahu od 15 °, avšak i při sklonech 25 ° mohou být srážky zanedbatelné, což se v uvedeném případě dá vysvětlit tím, že srážky vypadávaly především v oblasti Beskyd a v oblasti Jeseníku dosahovaly výrazně menších úhrnů (viz obr. 25). Na obr. 24 není vidět taková závislost mezi srážkami nad 100 mm a nadmořskou výškou jako se objevuje při sklonu svahu, což může být vysvětleno výše uvedenou příčinou a dále tím, že se podle hodnot jednoduchých korelačních koeficientů prokázala větší vzájemná souvislost mezi srážkami a sklonem svahu.

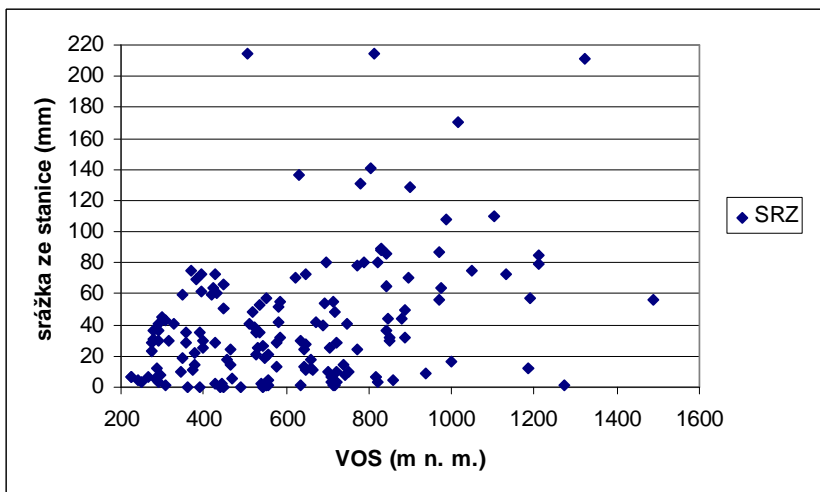
Z celkového pohledu se jeví použití pouze jedné topografické proměnné jako nedostačující, neboť podle výsledků jednoduché korelace by bylo možné říci, že topografie má na velikost a rozložení srážky jen slabý vliv. Při vícenásobné korelaci bylo dosaženo uspojitých výsledků při všech směrech proudění, avšak hodnoty ani zde nedosáhly vysokých hodnot. V místě stanice dosahovaly korelační koeficienty nejvyšších hodnot při jižním a východním proudění, které převyšovaly hodnoty v okolí stanice. Naopak při severním a západním proudění byly výrazně vyšší hodnoty v okolí stanice. Při vícenásobné korelaci se jednalo o nízký až střední stupeň korelační závislosti (tabulka 9), ovšem některé z použitých charakteristik byly se srážkami korelovány záporně. Při použití vícenásobné korelace by proto bylo potřeba postupovat velmi obezřetně.



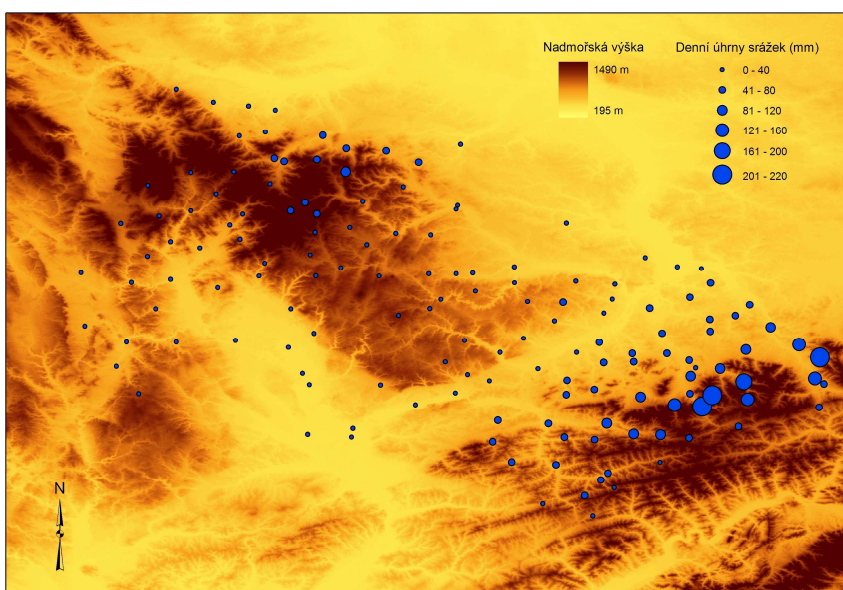
Obr. 22: Průměrné hodnoty jednoduchých korelačních koeficientů pro jednotlivé směry proudění



Obr. 23: Mírná korelace mezi x (SOS) a y (SRZ) – severní proudění (termín 19720821)



Obr. 24: Mírná korelace mezi x (VOS) a y (SRZ) – severní proudění (termín 19720821)



Obr. 25: Prostorové rozložení srážky při události 19720821 – severní proudění

7.2 Vztah mezi srážkami a topografií z hlediska směru proudění

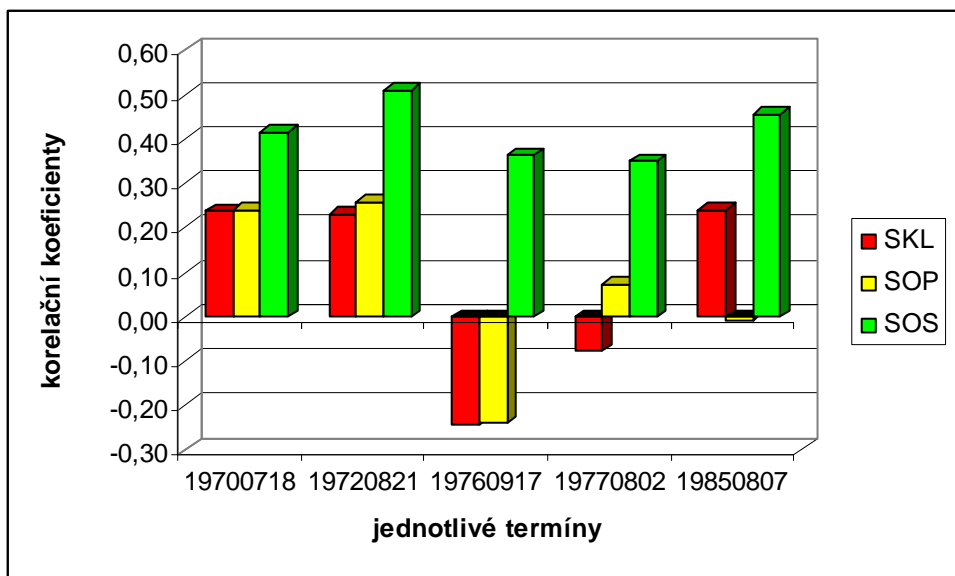
Jednoduché kladné korelační koeficienty, které překračují kritické hodnoty se vyskytují především při severním proudění, které následují hodnoty při západním proudění. Nejméně kladných hodnot překračujících kritickou hodnotu se vyskytuje při jižním proudění, poté následují hodnoty při východním proudění, jejichž počet je dvojnásobný. Záporné hodnoty korelačních koeficientů se nejvíce vyskytují u jižního a východního proudění.

7.2.1 Severní proudění

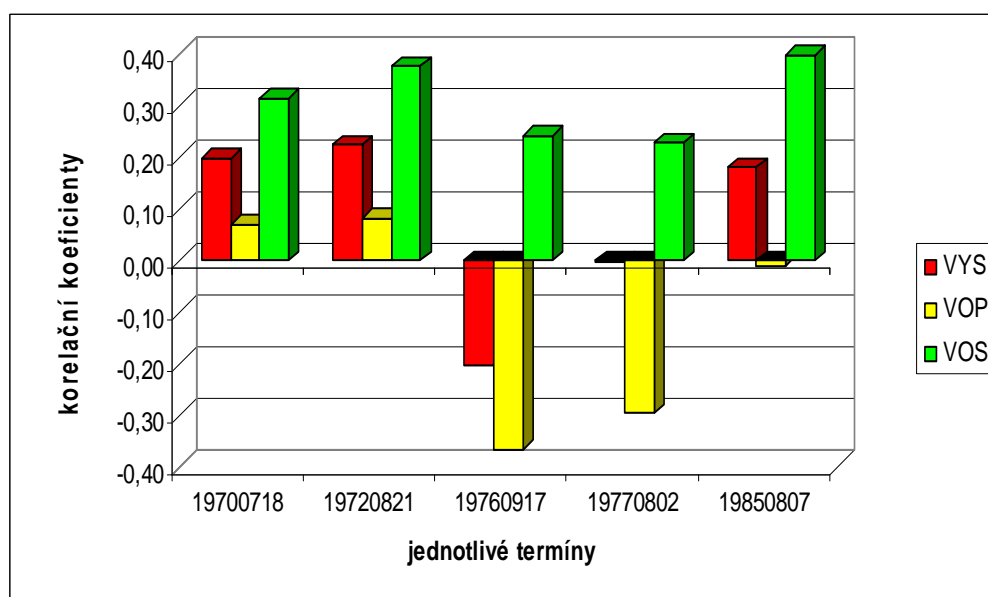
Při severním proudění překročily jednoduché korelační koeficienty kritickou hodnotu ve všech termínech v případě SOS, VOS a POS, které jsou určovány v okolí stanice, a to za stanicí po směru proudění. Hodnoty u uvedených případů se pohybovaly v rozmezí 0,21 až 0,51 a patří k nejvyšším ze všech hodnot. Hodnoty SOS byly výrazně vyšší než hodnoty VOS a POS. V průměru se jednalo o mírný stupeň korelační závislosti.

Podle výsledků jednoduché korelace je tedy možné říci, že srážky se začínají vyvíjet a vypadávat již v předpolí návětrných svahů (obr. 26) a jsou více ovlivněny sklonem těchto svahů než jejich nadmořskou výškou. Obrázky 27, 28 porovnávají výsledky korelačních koeficientů ve všech případech a dobře ukazují, že v případě vlivu sklonu svahu a nadmořské výšky na velikost a rozložení srážky, je potřeba uvažovat parametry v okolí stanice, nikoliv pouze v místě stanice. Avšak v okolí stanice je potřeba uvažovat topografické parametry za stanicí po směru proudění, neboť hodnoty dosahují poměrně vysokých čísel. Naproti tomu SKL a SOP dosahují nízkých a dokonce i záporných hodnot, proto nejsou uvažovány. Rovněž obr. 26, 27 potvrzují větší ovlivnění srážky sklonem svahu než nadmořskou výškou, neboť korelační koeficienty jsou v případě SOS ve všech termínech vyšší než VOS.

Vícenásobná korelace potvrdila také výskyt srážek spíše v přepolí horských hřebenů, neboť nejvyšší hodnot dosahuje SOS+VOS. Nárůst korelačních koeficientů byl v průměru celkem znatelný, což potvrzuje poznatky ve studiích např. Weisse et Bois (2001), Prudhomme et Reed (1998) a Spreen (1947), že více topografických proměnných lépe vysvětluje velikost a rozložení srážky než pouze jedna proměnná.

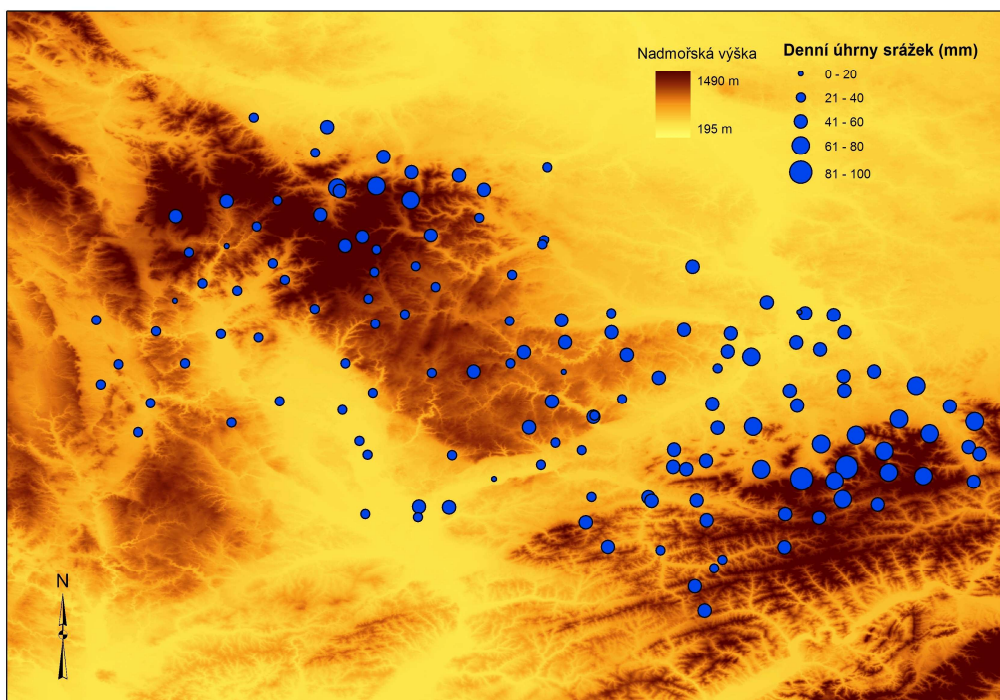


Obr. 27: *Vzájemný vztah mezi srážkami a sklonem svahu při severním proudění*



Obr. 28: *Vzájemný vztah mezi srážkami a nadmořskou výškou při severním proudění*

Obr. 26 ukazuje případ, kdy se nejvýrazněji projevil vliv topografických parametrů za stanicí po směru proudění a došlo k vypadávání srážek nad návětrnými svahy a rovněž v jejich předpolí, přičemž velikost srážky byla v předpolí obdobná jako nad návětrnou stranou hřebenu, v některých případech dokonce vyšší.



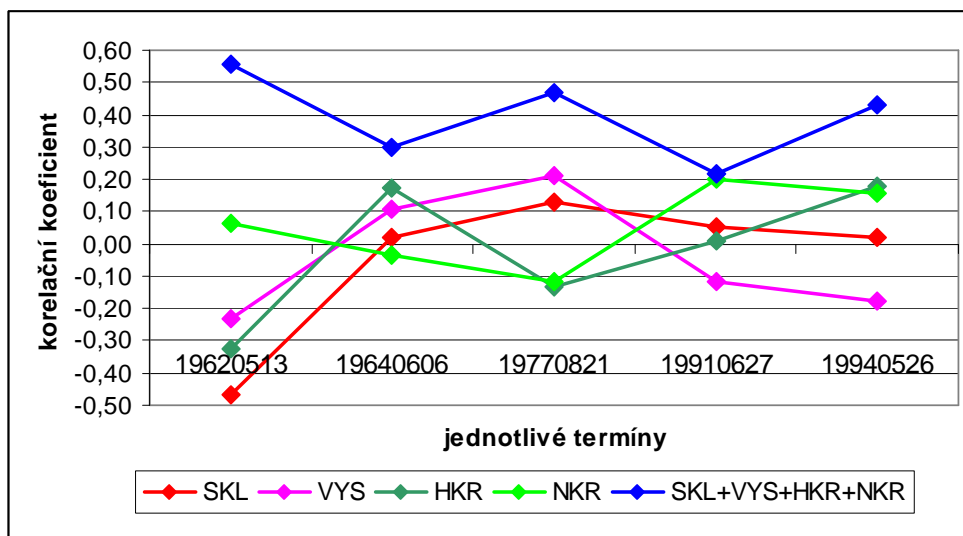
Obr. 26: Prostorové rozložení a velikost srážky při události 19850807 – severní proudění

7.2.2 Jižní proudění

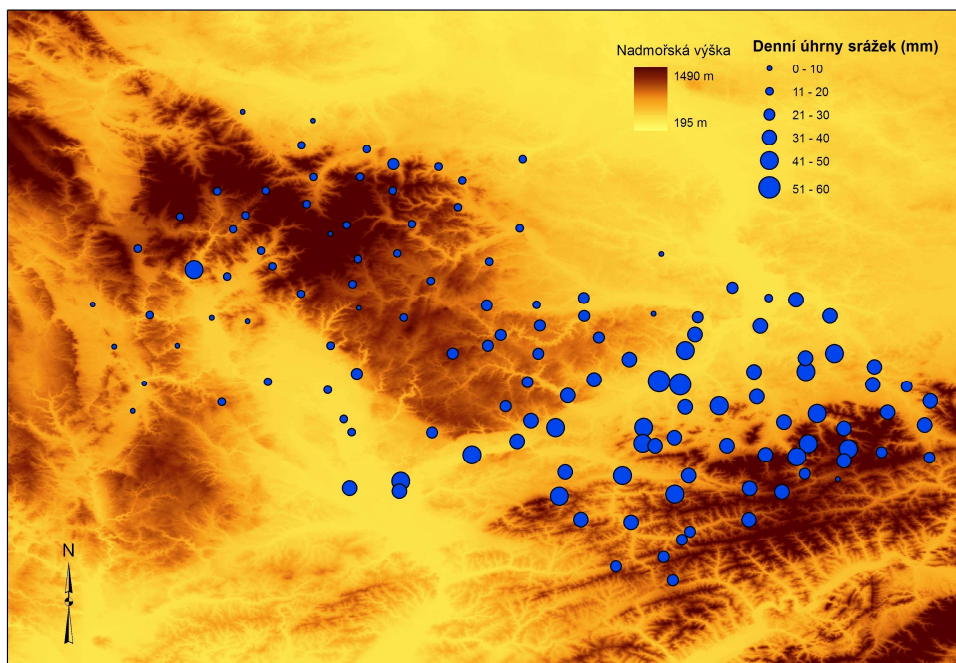
Při jižním proudění překročilo kritickou hodnotu pouze šest (12 %) kladných jednoduchých korelačních koeficientů. Tyto hodnoty nebyly vázány na určitý termín nebo případ, avšak vyskytovaly se hlavně u křivosti svahu, který byl počítán pouze v místě stanice. Hodnoty HKR a NKR byly v rozmezí 0,17 – 0,20, což představuje nízký stupeň závislosti. Při vícenásobné korelaci se celkově nejvyšší hodnoty korelačních koeficientů vyskytovaly pro kombinaci SKL+VYS+HKR+NKR právě při jižním proudění. Došlo také k výraznému nárůstu korelačních koeficientů, kdy průměrná hodnota je 0,39, což značí mírný stupeň korelační závislosti.

Výsledky jednoduché korelace nicméně naznačují, že srážky při jižním proudění spíše nejsou ovlivňovány reliéfem, jedině v případě křivosti svahu se prokázala alespoň velmi nízká korelace (obr. 29). Navíc při termínu 19620513 jsou všechny jednoduché korelační koeficienty záporné, kdy v absolutní hodnotě dosahují poměrně vysokých hodnot. Vícenásobná korelace dokazuje souvztažnost srážek a morfometrických charakteristik na svazích s jižní orientací v místě stanice (viz obr. 29), vyjma termínu 19620513. Avšak je nutné poznamenat, že vícenásobná korelace, která nabývá pouze kladných hodnot, uvažuje

záporné i kladné hodnoty jednoduchých korelačních koeficientů, takže její výsledek může být navýšen rovněž zápornými hodnotami a tak musí být interpretován. V případě jižního proudění nelze přesně říci, kde srážka vzniká a jakými topografickými parametry je nejvíce ovlivňována. Na obr. 30 je uveden případ, kdy srážky mohly být ovlivňovány reliéfem v místě stanice, avšak srážka mohla vzniknout jinde a zde pouze vypadnout, neboť v případě konvektivní srážek (jejichž podstatný podíl při jižním proudění můžeme předkládat) je toto velmi složité rozpoznat a ani korelační analýza v případě jižního proudění nepřinesla jasnější poznatky.



Obr. 29: Výsledky jednoduché a vícenásobné korelace v místě stanice při jižním proudění

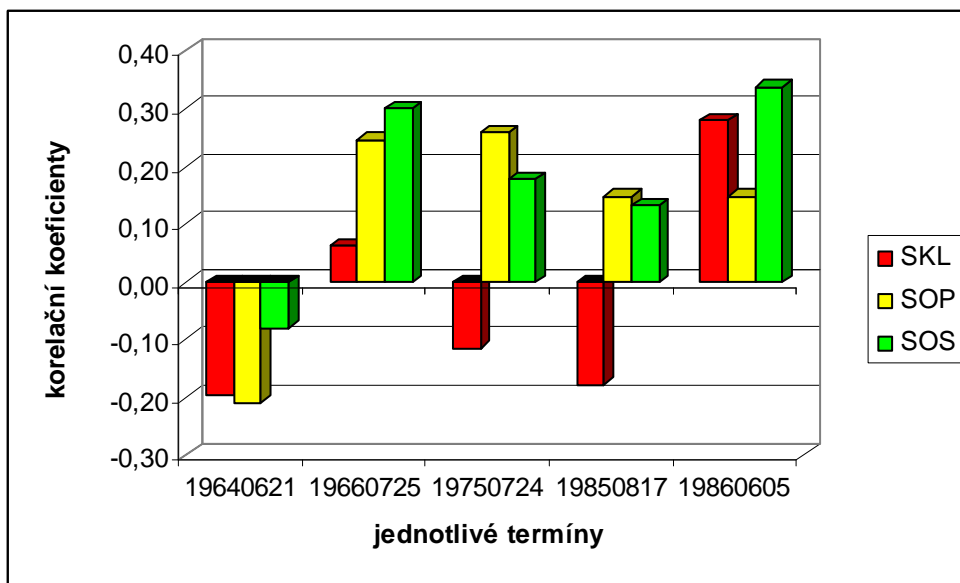


Obr. 30: Prostorové rozložení a velikost srážky při události 19940526 – jižní proudění

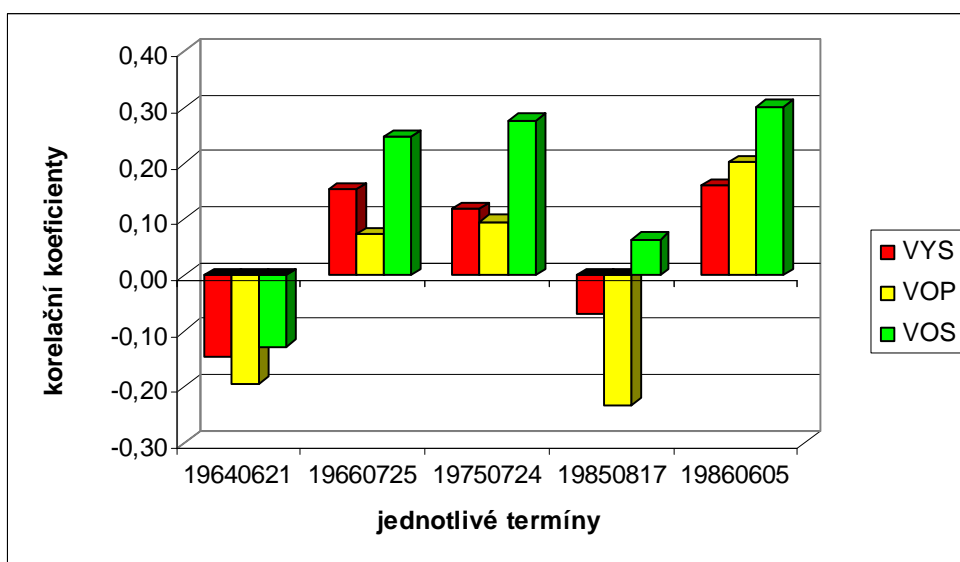
7.2.3 Západní proudění

Při západním proudění kritické hodnoty překročily kladné korelační koeficienty v případě SOP, SOS, VOS a POS, a to ve třech termínech z pěti. Hodnoty SOS, VOS a POS se pohybovaly v rozmezí hodnot 0,18 – 0,34, což značí nízký až mírný stupeň korelační závislosti. Z výsledků jednoduché korelace je tedy možné odvodit, že se srážky začínají opět vyvíjet a vypadávat již v předpolí návětrných svahů, avšak zde srážky ovlivňuje sklon (obr. 31) a nadmořská výšky (obr. 32) těchto svahů téměř stejně, i když průměrná hodnota SOS je nepatrně vyšší než VOS. Opět při jednom termínu (19640621) nabývají všechny jednoduché korelační koeficienty záporných hodnot (viz obr. 31, 32), což může značit neobvyklou situaci při vzniku a rozložení silné srážky. Rovněž lze pozorovat, že dva termíny s nízkou rychlostí proudění mají spíše záporné korelační koeficienty a tři termíny, kde se vyskytují hlavně kladné koeficienty mají výrazně vyšší rychlosti větru. To by mohlo znamenat, že srážky vypadávají v předpolí návětrných svahů spíše při větších rychlostech proudění, avšak to tvrzení by bylo potřeba verifikovat na více termínech.

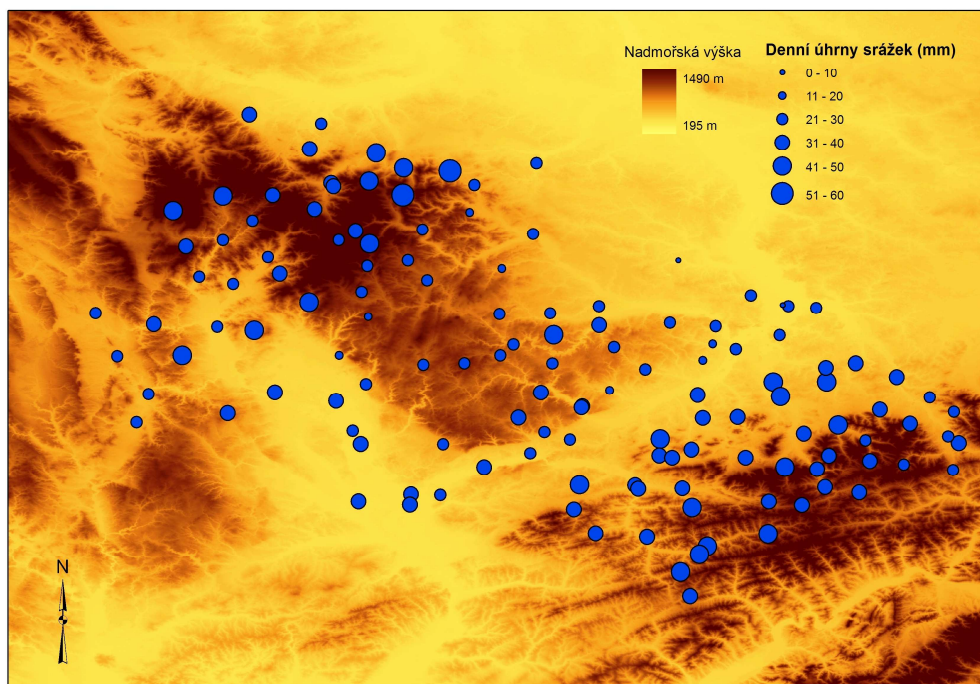
Hodnoty vícenásobných korelačních koeficientů jsou podobné v místě stanice (v případě započítání křivosti svahu) i v okolí stanice, a to jak proti směru proudění, tak i po směru proudění. Avšak pokud budeme uvažovat pouze termíny jako u jednoduché korelace, při nichž byly jednoduché korelační koeficienty kladné, pak jsou nejvyšší průměrné hodnoty u SOS+VOS, neboť ostatní termíny mohou být navýšeny zápornými korelačními koeficienty (viz kapitolu 7.2.2). Navíc obr. 33 znázorňuje případ nejsilnější jednoduché korelace mezi srážkami a SOS, resp. VOS, kde je patrné vypadávaní srážek již v předpolí návětrných svahů, i když vícenásobná korelace při tomto termínu dosahovala vyšších hodnot i u dalších kombinací ukazatelů.



Obr. 31: Vzájemný vztah mezi srážkami a sklonem svahu při západním proudění



Obr. 32: Vzájemný vztah mezi srážkami a nadmořskou výškou při západním proudění



Obr. 33: Prostorové rozložení a velikost srážky při události 19860605 – západní proudění

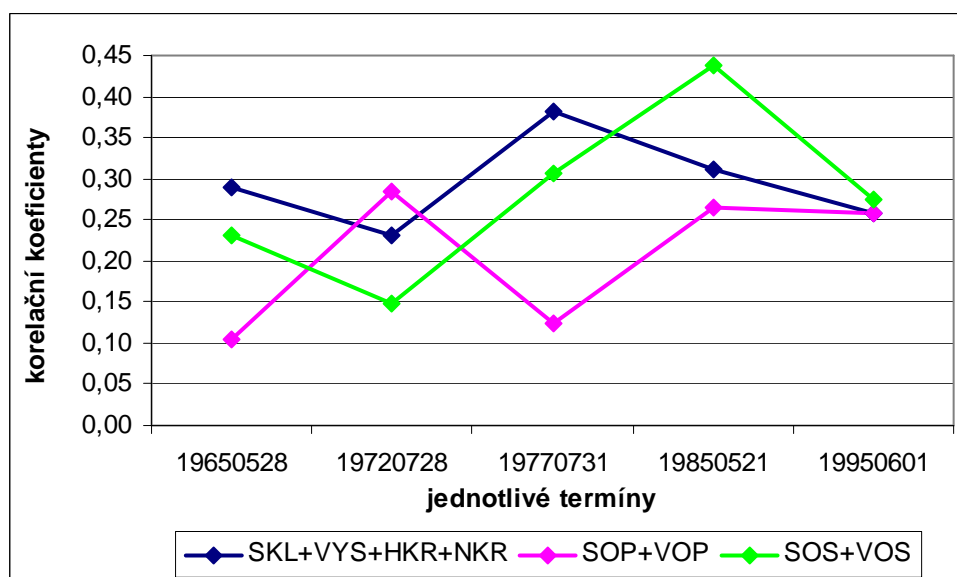
7.2.4 Východní proudění

Při východním proudění překročily kladné jednoduché korelační koeficienty kritické hodnoty u třech termínů. Ve dvou termínech se jednalo o případy SOS, VOS a POS, v jednom o případy SOP, VOP a POP. Avšak u dvou z těchto termínů byla překročena kritická hodnota také v případě SKL a VYS. Korelační koeficienty při těchto situacích nabývaly hodnot 0,19 až 0,31, což značí nízký stupeň korelační závislosti.

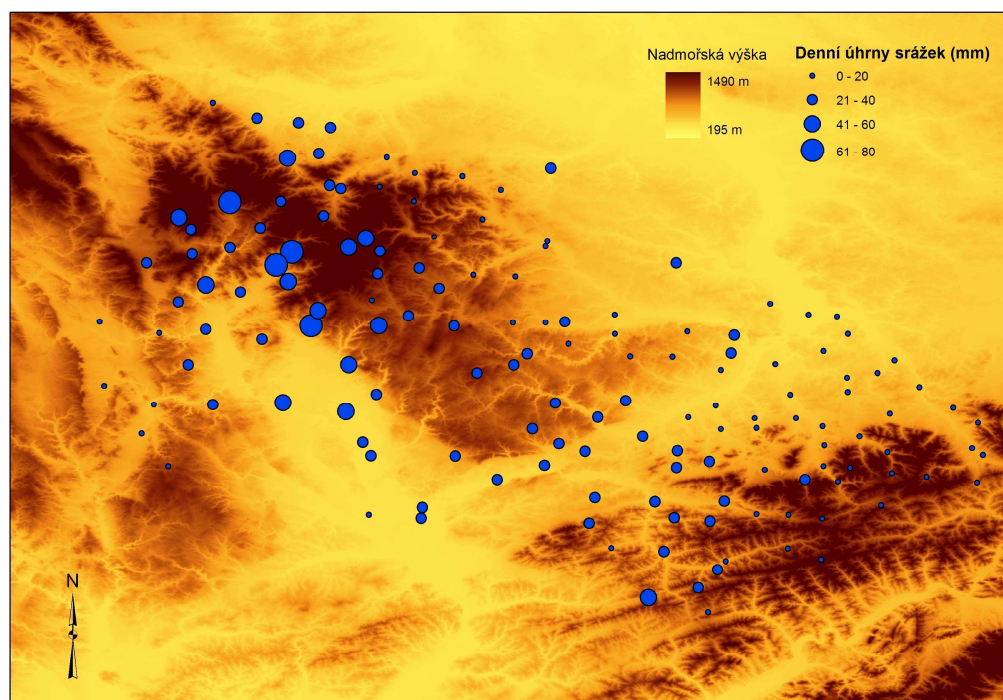
Z výsledků jednoduchých korelačních koeficientů lze říci, že srážky ovlivňují spíše morfometrické charakteristiky v okolí stanice, ale není zcela jasné, zda srážky začínají vypadávat již v předpolí návětrných svahů nebo jsou posunuty až na závětrnou stranu. Avšak mohou být rovněž ovlivněny topografií v místě stanice a i zde vypadávat. Při zbývajících dvou termínech nabývají naopak téměř všechny jednoduché korelační koeficienty záporných hodnot, přičemž většina je statisticky významná.

Nejvyšší hodnoty vícenásobných korelačních koeficientů se však vyskytují v případě SKL+VYS+HKR+NKR (obr. 34). Je tedy možné říci, že srážky při východním proudění vypadávají a jsou ovlivňovány nejvíce v místě stanice, ale někdy se mohou vyskytovat v předpolí nebo v závětrí horských hřebenů. Obr. 35 uvádí případ, kdy srážky vypadávaly

právě na závětrné straně horské překážky, což mohlo být zapříčiněno vznikem konvekce na závětrné straně (viz kapitolu 2.2.3).



Obr. 34: Porovnání výsledků vícenásobné korelace při východním proudění



Obr. 35: Prostorové rozložení a velikost srážky při události 19720728 – východní proudění

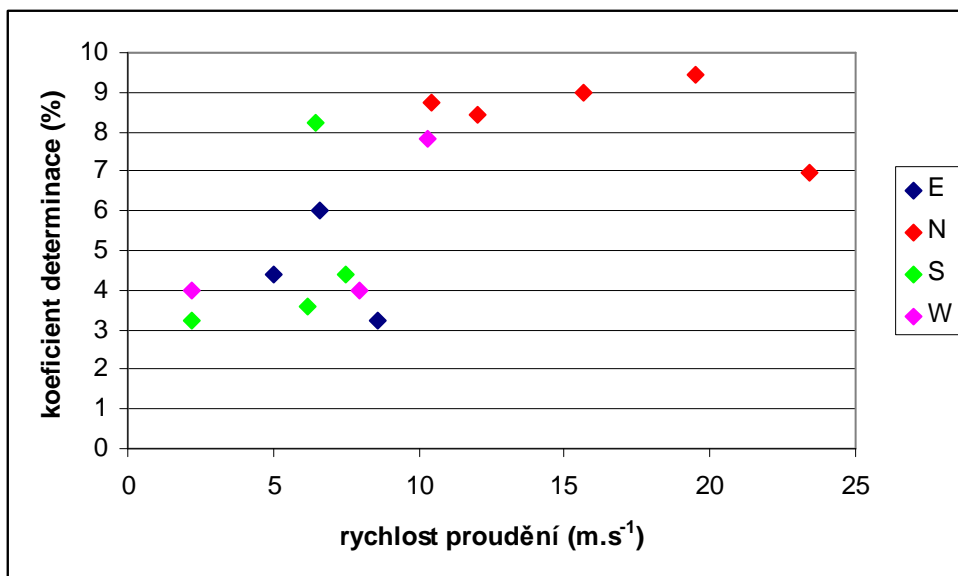
7.3 Vztah mezi srážkami a topografií z hlediska velikosti plošné srážky a rychlosti proudění

Obrázky 36 a 37 porovnávají rychlost proudění ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) a velikost plošné srážky (mm) s průměrnými kladnými statisticky významnými jednoduchými korelačními koeficienty, vypočtenými ze všech ukazatelů dohromady, v daném termínu a příslušným směrem proudění. Tyto vypočtené koeficienty byly z důvodu přehlednosti grafu převedeny na koeficienty determinace (KD) vyjádřené v procentech.

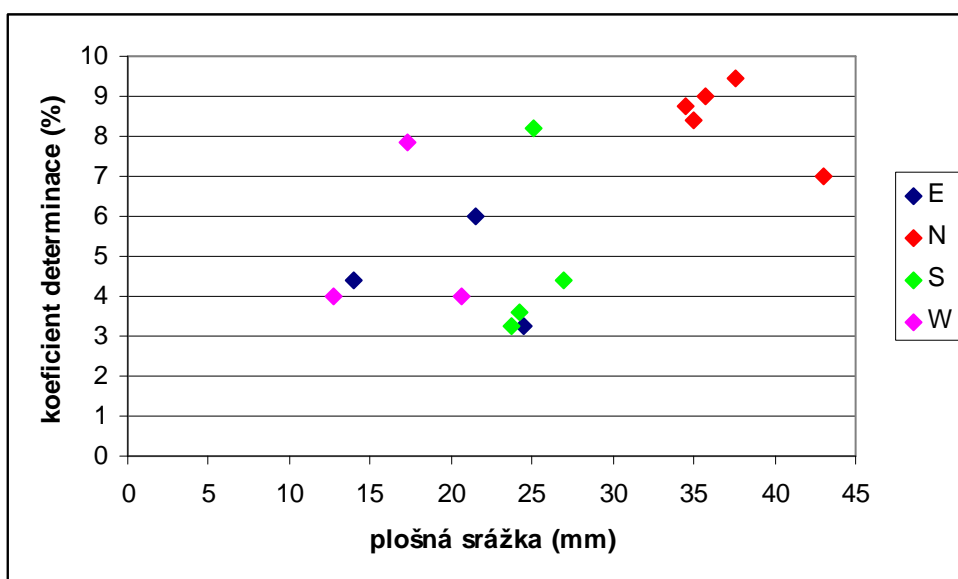
Největší plošné srážky souvisejí s nejvyššími hodnotami kladných jednoduchých korelačních koeficientů, které překročily kritickou hodnotu. Vyskytuje se zde 6 termínů s plošnými srážkami nad 30 mm, při čemž s nimi souvisí nejvíce korelačních koeficientů překračující kritickou hodnotu. Rovněž nejvyšší plošné srážky a nejvyšší korelační koeficienty se vyskytují při severním prouděním. Avšak ani nejnížší plošné srážky (pod 20 mm), které se vyskytují především při západním proudění, nemají úplně nejnížší korelační koeficienty. Nejméně koeficientů překračující kritickou hodnotu se vyskytuje kolem hodnoty plošné srážky 25 mm. Při severním proudění jsou největší rychlosti proudění (nad $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) spojené s nejvyššími plošnými srážkami, a proto pro ně platí to samé jako v případě plošné srážky. Nejnížší rychlosti proudění ($2 - 7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) odpovídají především plošným srážkám od 20 do 25 mm a souvisejí s nejnížšími jednoduchými korelačními koeficienty překračující kritickou hodnotu a vyskytuje se jich zde nejméně z celkového počtu. Středním hodnotám rychlosti větru ($7 - 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) odpovídají korelační koeficienty o něco nižší než u nejvyšších rychlostí a počet je také o málo nižší.

Výsledky vícenásobné korelace ukazují, že největší plošné srážky mají jedny z nejvyšších hodnot vícenásobných korelačních koeficientů (hlavně v okolí stanice), nejnížším pak odpovídají průměrné, ale ne nejmenší hodnoty. Nelze říci, že čím je plošná srážka vyšší, tím je větší hodnota korelačního koeficientu. Stejná plošná srážka má v některých případech velmi odlišné hodnoty.

Lze tedy konstatovat, že při událostech s nejsilnějšími srážkami ve vybrané oblasti se projevuje nejvíce vliv orografie, avšak celkový efekt orografie je zřejmě více zesílen z hlediska rychlosti proudění než z hlediska velikosti srážek, neboť je vidět výraznější pokles jednoduchých korelačních koeficientů (v některých případech i vícenásobných) se snižující se rychlostí proudění. Jako určující se však jeví směr proudění.



Obr. 36: Koeficient determinace v závislosti na rychlosti proudění ve čtyřech směrech proudění



Obr. 37: Koeficient determinace v závislosti na velikosti plošné srážky ve čtyřech směrech proudění

8 Shrnutí výsledků a jejich diskuze

Tato práce se pokusila vysvětlit vztahy mezi silnými srážkami a topografií v oblasti severovýchodní Moravy a Slezka pro krátké časové úseky (denní srážky) za období let 1961 - 1995. Vztahy mezi těmito proměnnými byly porovnány dle směru proudění a srážky byly korelovány s morfometrickými charakteristikami přímo v místě stanice nebo v jejím okolí. Nejlepší výsledky byly dosaženy při severním proudění ve všech termínech a při západním proudění u třech termínů z pěti, pokud byly uvažovány parametry v sektoru za stanicí po směru proudění. Vyšších hodnot dosahovaly korelační koeficienty u vztahu mezi srážkami a sklonem svahu než při započítání nadmořské výšky. Tyto výsledky dokazují, že srážky při těchto směrech proudění vypadávají již v předpolí návětrných svahů a projevuje se zde výraznější vliv sklonu svahu než nadmořské výšky. V případě západního proudění se tento vliv projevuje spíše při vyšších rychlostech větru, což by však bylo nutné verifikovat na dalších událostech. Dále je vidět poměrně velký vliv orografie na velikost a rozložení srážky při severním a západním proudění. Toto lze vysvětlit vznikem srážek především ze stratiformní oblačnosti, kdy dochází při přetékání horský překážek k nucenému výstupu a tím k výraznějšímu zesílení srážek a změně v jejich prostorovém rozložení. Oproti tomu při jižním a východním proudění dosahovaly korelační koeficienty ve všech případech velmi nízkých, mnohdy i záporných hodnot a většina průměrných hodnot se pohybovala kolem nuly. Výsledky tedy ukazují na nekorelovatelnost nebo pouze na velmi nízký stupeň korelační závislosti mezi srážkami a topografickými charakteristikami, což lze vysvětlit větším podílem konvekce, jejíž vznik sice může být ovlivněn orografií, ta však má již slabší vliv na prostorové rozmístění srážek.

Hodnoty jednoduchých korelačních koeficientů v této práci nedosahují příliš vysokých hodnot, avšak např. ve studiích Weisse et Bois (2001), Kyriakidis et al. (2001) jsou hodnoty korelačních koeficientů obdobné nebo jen o málo vyšší. Ve studii Weisse et Bois (2001) jsou porovnávány výsledky koeficientů determinace podle časových úseků a nejnižší hodnoty se vyskytují právě u srážkových úhrnů za 12 a 24 h. Nejvyšší hodnoty jsou až 4 krát vyšší a náležejí hodinovým srážkám. Toto může být jedna z příčin nízkých hodnot korelačních koeficientů v této práci, neboť zde byly zpracovány denní úhrny srážek. Pokud by se použily menší časové úseky (např. hodinové), mohlo by být dosaženo lepších výsledků.

Studie Kyriakidis et al. (2001) zpracovává z morfometrických charakteristik pouze nadmořskou výšku, kterou porovnává se srážkami spolu s vlhkostí vzduchu a vertikální

složkou větru. Zde se nízké hodnoty korelačního koeficientu (0,35) objevují při korelaci pouze nadmořské výšky a srážek. Po započítání další proměnné (resp. vlhkosti vzduchu) se koeficient téměř dvakrát zvýšil. Výsledky této práce i zmiňované studie naznačují, že porovnávat srážky pouze s jednou proměnnou není dostačující. K dosažení lepších a věrohodnějších výsledků se musí uvažovat více proměnných najednou, což dokazují také výsledky vícenásobné korelace. Avšak je nutné mít na paměti, že vícenásobný korelační koeficient může být navýšen i zápornými hodnotami jednoduchých korelačních koeficientů a podle toho je třeba výsledky interpretovat.

Dále záleží na velikosti uvažované oblasti, a to jak v případě vyhodnocovaného okolí stanice, tak i na celkové rozloze zájmového území. V této práci byly zpracovány charakteristiky z okolí 20 x 20 km se stanicí uprostřed, přičemž tato velikost byla vybrána na základě literatury, např. studie Weisse et Bois (2001). Výsledky by zřejmě byly poněkud odlišné při zhodnocení topografie na větší nebo naopak menší ploše okolo stanice. Rovněž zájmová oblast mohla být zvolena příliš široká, neboť srážky mohou vypadat v užším pásu a může zde docházet k posunům oblačnosti díky cirkulaci. Z této příčiny mohly v některých případech srážky vypadávat např. pouze v oblasti Beskyd a v oblasti Jeseníků nikoli (viz. obr. 25) nebo naopak a tím mohlo dojít ke snížení korelačních koeficientů. Právě nejvhodněji zvolená velikost okolí stanice a celého zájmového území by mohla být námětem další práce.

Z hlediska směru proudění byly v této práci uvažovány čtyři směry proudění. Další studie by se mohly zaměřit na více sektorů proudění (např. osm) nebo při jednotlivých událostech uvažovat číselnou hodnotu směru proudění. Na obr. je dobře vidět silný vliv návětrných svahů Jeseníků i Beskyd, přičemž by tento termín např. při rozdělení do osmi směrů proudění spadl do severozápadního proudění a mohlo se najít více souvislostí v porovnání srážek a topografie vzhledem směru proudění.

Rovněž musíme uvažovat rozlišení digitálního modelu reliéfu, při čemž velikost buňky může ovlivnit výsledné parametry topografie a následně korelaci srážek s těmito parametry. V této práci bylo zpracovááno okolí vyhodnocované buňky o velikosti 200 x 200 m. Je možné, že při použití hrubšího gridu, např. velikost buňky 1 x 1 km by konečné výsledky mohly být celkově vyšší, neboť shlazením reliéfu by se eliminovaly falešné odezvy menších, z hlediska vlivu na srážky zanedbatelných útvarů.

Nakonec by bylo potřeba vysvětlit termíny s vysokými zápornými jednoduchými korelačními koeficienty ve všech případech, které se objevily při jižním, východním i západním směru proudění. V první řadě by se mohlo jednat o přechodovou situaci, kdy může dojít díky pohybu cyklóny ke stáčení proudění a změně jeho směru. V této práci jsou uvažovány směry proudění

v 18 h UTC, avšak během noci se mohl změnit směr proudění a neznáme přesný čas vypadávání srážek. Poté by pro tyto srážkové události platily jiné morfometrické parametry. Proto byl pro termín 19620513 (jižní proudění) zjištěn směr proudění v 0:00 následující dne, avšak neprokázal se opačný směr proudění. Ovšem v některých případech by tato domněnka mohla být správná. Dále by se mohlo jednat o přívalové deště z konvektivní oblačnosti, které probíhají rychle na malé ploše a celkově se jedná o složitý jev s velkou časovou variabilitou.

9 Závěr

Předložená práce se zabývá vlivem orografie na prostorové rozložení silných srážek na severovýchodě ČR. Splňuje stanovené cíle a vnáší více světla do problematiky vztahu silných srážek s topografickými charakteristikami. Byl především prokázán vztah mezi těmito proměnnými při severním a částečně při západním proudění, pokud byly uvažovány morfometrické charakteristiky za stanicí po směru proudění. Korelační koeficienty dokazují v případě severního proudění větší vliv sklonu svahu na velikost a rozložení srážky než nadmořské výšky. V případě jižního a východního proudění nebyl prokázán silnější vliv orografie na vývoj srážek.

Z hydrologického hlediska je však nejdůležitější poznatek při severním proudění, neboť tyto srážky jsou výrazně vyšší, trvají více dnů a především díky nim vznikají povodňové situace. Proto by bylo vhodné při předpovědi srážek nebo výpočtu plošné srážky při severním proudění uvažovat sklony svahů a nadmořskou výšku v okolí stanice, resp. za stanicí. Rovněž by se tyto charakteristiky mohly aplikovat při západním proudění, kde by však bylo nutné provést verifikaci na dalších termínech, neboť zde je možná vazba na rychlost proudění.

Započítání pouze nadmořské výšky se ukazuje v pořádku při dlouhodobých srážkách (např. roční srážkové úhrny), avšak pro kratší časové úseky, jako jsou denní srážky (popř. hodinové srážky) se jeví užitečnější použití alespoň dvou topografických proměnných.

Do budoucna by bylo zapotřebí navrhnout optimální velikost zkoumaného okolí stanice i celé zájmové oblasti, zaměřit se v první řadě na srážky vznikající při severním a západním proudění a u nich posuzovat např. jak velký je vliv orografie na srážky při severozápadním proudění, resp. rozdělit proudění do více sektorů, dále nalézt více souvislostí mezi korelačními koeficienty a rychlostmi proudění, použít ke korelaci např. hodinová srážkoměrná data nebo pro výpočet morfometrických charakteristik zvolit hrubší grid digitálního modelu reliéfu.

Seznam použité literatury

- Basit, A., Bell, G., Meeteemeyer, V., 1994. *Statistical relationships between topography and precipitation patterns*. Journal Climate, Vol. 7, s. 1305-1315.
- Bednář, J., 2003. *Meteorologie. Úvod do studia dějů v zemské atmosféře*. 1. vyd., Portál, s.r.o., Praha. 223 s. ISBN 80-7178-653-5.
- Bednář, J., Zikmunda, O., 1985. *Fyzika mezní vrstvy atmosféry*. 1. vyd., Academia, Praha. 248 s.
- Colle, B., 2004. *Sensitivity of orographic precipitation to changing ambient conditions and terrain geometries: An idealized modeling perspective*. Journal of the atmospheric sciences. Vol. 61. s. 588-606.
- Čermáková, A., Střeleček, F., 1995. *Statistika I*. 1. vyd. Jihočeská univerzita, České Budějovice. 172 s. ISBN 80-7040-126-5.
- Daly, C., Neilson, R., Phillips, D., 1994. *A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain*. Journal of applied meteorology and climatology. Vol. 33, s. 140-158.
- Dolanský, T., 2008. *Pokročilé aplikace digitálních modelů terénu, rastrová algebra, rastrové modelování* [online]. Materiály k přednášce. Fakulta životní prostředí, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem. [cit. 7. června 2010]. Dostupné z WWW: <<http://gis.fzp.ujep.cz/files/prednaska04%20%5BRe%C5%BEim%20kompatibility%5D.pdf>
- Häckel, H., 2008. *Atlas oblaků*. 1. vyd., Academia, Praha. 190 s. ISBN 978-80-200-1643-0.
- Hebák, P., Hustopecký, J., Malá, I. *Vícerozměrné statistické metody (2)*. 1. vyd., Informatorium, Praha. 239 s. ISBN 80-7333-036-9.
- Horák, J. 2005. *Teorie závětrné vlny pro plachtaře* [online]. Materiály k plachtařskému semináři, Jablonné. [cit. 23. června 2010]. Dostupné z WWW: <<http://www.letmodel.cz/23/file/Teorie%20vlny.ppt>
- Houze, R. 1993. *Clouds dynamics*. International Geophysics Series. Vol. 53, Academic Press. 581 s. ISBN 10-0123568803.
- Hrubá, L., 2009. *Základní geomorfometrické analýzy a vizualizace DMR v ArcGIS 9.x*. Materiály k přednášce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Hornicko-geologická fakulta, Ostrava.
- Juříkovská, L., 2009. *Porovnání různých metod využívajících radarová a srážkoměrná měření*. Sborník příspěvků mezinárodního symposia GIS Ostrava 2009. 6 s.
- Karásek, J., 2001. *Základy obecné geomorfologie*. 1. vyd., Masarykova univerzita, Brno. 216 s. ISBN 80-210-2567-0.

- Kemel, M., 1996. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. 1. vyd., ČVUT, Praha. 289 s. ISBN 80-01-01456-8.
- Kobzová, E., 1998. *Počasí*. 1. vyd., Rubico, Olomouc. 276 s. ISBN 80-85839-26-1.
- Kopáček, J., Bednář, J., 2005. *Jak vzniká počasí*. 1. vyd., Karolinum, Praha. 226 s. ISBN 80-346-1002-7.
- Kovář, L., 2000. *Jasná zpráva o počasí*. 1. vyd., Montanex, Ostrava. 182 s. ISBN 80-7225-032-9.
- Kyriakidis, P., Kim, J., Miller, N., 2001. *Geostatistical mapping of precipitation from rain gauge data using atmospheric and terrain characteristics*. Journal of applied meteorology and climatology. Vol. 40, s. 1855-1877.
- Kyselý, J., Píček, J., 2007. *Probability estimates of heavy precipitation events in a flood-prone central-European region with enhanced influence of Mediterranean cyclones*. Advances in Geosciences, Vol. 12, s. 43-50.
- Llasat, M., Puigserver, M., 1992. *Pluies extreme en Catalogne, influence orographique et caractéristique synoptiques*. Hydrologie Cont., Vol. 7., s. 99-115.
- Mackovčín, P., Demek, J., Balatka, B., Kirchner, K., Slavík, P., 2009. *Geomorfologické jednotky*. Atlas krajiny ČR. ESRI shp.
- Miglietta, M., Rotunno, R., 2009. *Numerical Simulations of Conditionally Unstable Flows over a Mountain Ridge*. Journal of the atmospheric sciences. Vol. 66. s. 1865 – 1885.
- Mrkvička, T., 2009. *Korelační analýza*. Materiály k přednášce [online]. Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta, České Budějovice. [cit. 17. července 2010]. Dostupné z WWW: <http://firearms.kokos.cz/PEF/Matematicka%20Statistika%20I/prednaska_12.ppt>
- Munzar, J., Ondráček, S., 2004. *Velké povodně na Ostravsku v letech 1902 a 1903*. Extrémní hydrologické jevy v povodích. Sborník z Workshopu Adolfa Patery 2004, České vysoké učení technické a Český svaz vědeckotechnických společností, Praha, s. 41-46.
- Neiman, P., Ralph, F., White, A., Kingsmill, D., Persson, P., 2002. *The statistical relationship between upslope flow and rainfall in California's coastal mountain*. Monthly Weather Review. Vol. 130. s. 1468-1492.
- Prudhomme, C., Reed, W., 1998. *Relationships between extreme daily precipitation and topography in a mountainous region: A case study in Scotland*. International journal of climatology. Vol. 18, s. 1439-1453.
- Rozehnalová, E., Bahbouh, R., 2007. *Základy statistiky 3*. Materiály k přednášce [online]. Univerzita Karlova, Filozofická fakulta, Praha. [cit. 5. srpna 2010]. Dostupné z WWW: <http://psychologie.ff.cuni.cz/studenti/teorie/diagnosticke_metody.ppt>
- Řezáčová, D., Novák, P., Kašpar, M., Setvák, M., 2007. *Fyzika oblaků a srážek*. 1. vyd., Academia, Praha. 574 s. ISBN 978-80-200-1505.

- Seifert, V., 1987. *Rozumíme počasí?*. 1. vyd., Artia, Praha. 191 s.
- Sinclair, M., 1994. *A diagnostic model for estimating orographic precipitation*. Journal of applied meteorology and climatology. Vol. 33, s. 1163-1175.
- Sinclair, M. Wratt, D., Henderson, R., Gray, W., 1997. *Factors affecting the distribution and spillover of precipitation in the Southern Alps of New Zealand*. Journal of applied meteorology and climatology. Vol. 36, s. 428-442.
- Skřehot, P., 2008. *Velký atlas oblaků*. 1. vyd., Computer Press, Brno. 366 s. ISBN 978-80-251-2015-6.
- Smith, R., 2003. *A linear upslope-time delay model of orographic precipitation, mountain hydrology and water resources*. Journal of Hydrology. Vol. 282. s. 2-9.
- Smith, R., Barstad, I., 2004. *A linear theory of orographic precipitation*. Journal of the Atmospheric Sciences. Vol. 61. s. 1377-1391.
- Smolová, I., Vítek, J., 2007. *Základy geomorfologie. Vybrané tvary reliéfu*. 1. vyd., Univerzita Palackého, Olomouc. 189 s. ISBN 978-80-244-1749-3.
- Sobíšek, B. et al., 1993. *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. 1. vyd., Academia, Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha. 594 s.
- Sokal, R., Rohlf, F., 1994. *Biometry: The principles and practices of statistics in biological research*. 3. vyd., W. F. Freeman custom publishing. 880 s.
- Sokol, Z., Řezáčová, D., Pešice, P., 2003. *Odhad bodových i plošných srážek s využitím srážkoměrných a radarových dat*. Meteorologické zprávy, roč. 56, č. 1. s. 1-12.
- Soukupová, J., 2009. *Atmosférické procesy (základy meteorologie a klimatologie)*. 4. vyd., Česká zemědělská univerzita, Praha. 201 s. ISBN 978-80-213-1895-3.
- Spreen, W., 1947. *A determination of the effect of topography upon precipitation*. Transaction, No. 2, s. 285-290.
- Svobodová, J., 2009. *Digitální modely reliéfu. Interpolace DMR*. Materiály k přednášce. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Olomouc.
- Šálek, M., 2007. *Orografické zesílení srážek a jeho důsledky pro kvantitativní odhad srážkových úhrnů meteorologickými radary*. Sborník abstraktů 10 let od katastrofálních povodní na Moravě v roce 1997. s. 20.
- Šercl, P., 2008. *Hodnocení metod odhadu plošných srážek*. Meteorologické zprávy, roč. 61, č. 2. s. 33-43.
- Škaloudová, A., 2008. *Korelační koeficient*. Materiály k přednášce. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Praha.

Uppala, S., Källberg, P., Simmons, J. et al., 2005. *The ERA re-analysis*. Quarterly journal of the royal meteorological society. Vol. 131, No. 612, s. 2961 – 3012.

Ustrnul, Z., Czekierda, D., 2001. *Circulation background of the atmospheric precipitation in Central Europe (based on the Polish example)*. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 10, No. 2, s. 103-111.

Vobora, V. 2006. *Tvorby křivosti povrchů*. Referát [online]. Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd, Plzeň. [cit. 03. června 2010]. Dostupné z WWW: < http://www.gis.zcu.cz/studium/apa/referaty/2006/Vobora_Krivosti/ .

Vojtek, D., 2009. *Geoinformační technologie*. Materiály k přednášce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Hornicko-geologická fakulta, Ostrava.

Weisse, K., Bois, P., 2001. *Topographic effects on statistical characteristics of heavy rainfall and mapping in the French Alps*. Journal of applied meteorology, Vol. 40, s. 720-740.

Zacharov, P., Šálek, M., Novák, P., 2004. *Porovnání různých metod využívajících radarová a srážkoměrná měření pro odhad srážek*. Meteorologické zprávy, roč. 57, č. 6. s. 157-167.

Židek, D., Lipina, P., 2003. *Návod pro pozorovatele meteorologických stanic*. Metodický předpis č. 13. Český hydrometeorologický ústav, Ostrava.

Seznam příloh

Příloha 1: Mapa staniční sítě ČHMÚ v působení pobočky Ostrava

Příloha 2: Geomorfologické členění zájmového území

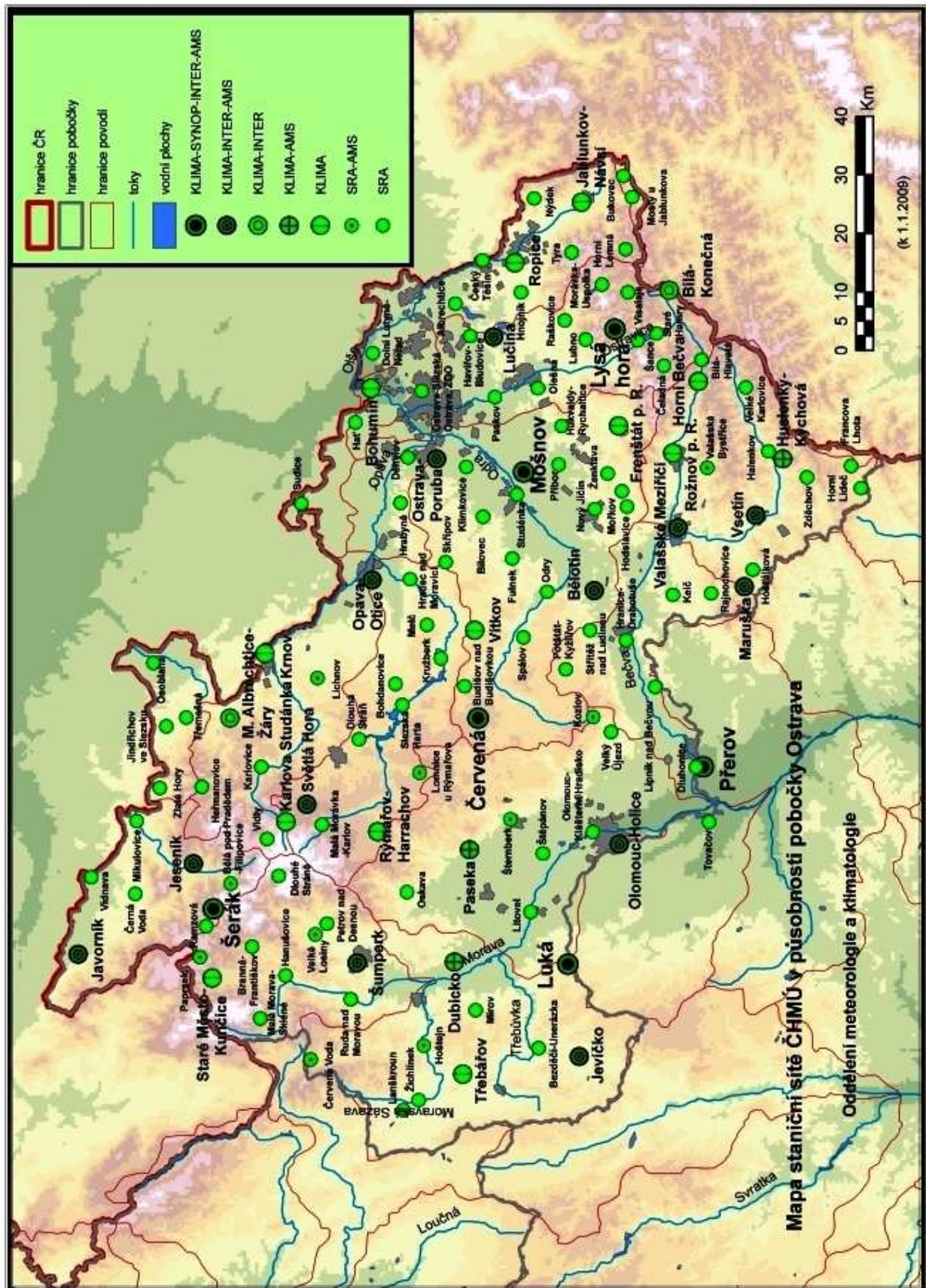
Příloha 3: Základní morfometrické charakteristiky v místě stanice

Příloha 4: Maximální sklon ve čtyřech sektorech v okolí stanice proti směru proudění s orientací vůči proudění

Příloha 5: Maximální sklon ve čtyřech sektorech v okolí stanice po směru proudění s orientací vůči proudění

Příloha 6: Maximální nadmořská výška a převýšení ve čtyřech sektorech v okolí stanice

Příloha 1: Mapa staniční sítě ČHMÚ v působení pobočky Ostrava



Převzato z http://www.chmi.cz/OS/meteo/stanice/MapyVelke/O_NETWORK_ALL_2009.jpg

Příloha 2: Geomorfologické členění zájmového území

<i>Soustava</i>	<i>Podsoustava</i>	<i>Celek</i>
Krkonošsko - jesenická	Orlická	<i>Podorlická pahorkatina</i>
		<i>Kladská kotlina</i>
	Jesenická	<i>Zábřežská vrchovina</i>
		<i>Mohelnická brázda</i>
		<i>Hanušovická vrchovina</i>
		<i>Králický Sněžník</i>
		<i>Rychlebské hory</i>
		<i>Zlatohorská vrchovina</i>
		<i>Hrubý Jeseník</i>
	<i>Nízký Jeseník</i>	
Krkonošsko-jesenické podhůří	<i>Žulovská pahorkatina</i>	
	<i>Vidnavská nížina</i>	
Česko-moravská	Brněnská vrchovina	<i>Drahanská vrchovina</i>
Vnější Západní Karpaty	Západní Beskydy	<i>Slezské Beskydy</i>
		<i>Jablunkovská brázda</i>
		<i>Moravskoslezské Beskydy</i>
		<i>Rožnovská brázda</i>
		<i>Hostýnsko-vsetínská hornatina</i>
	Moravsko-slovenské Beskydy	<i>Javorníky</i>
		<i>Vizovická vrchovina</i>
Západobeskydské podhůří	<i>Podbeskydská pahorkatina</i>	
Severní Vněkarpatské sníženiny	<i>Ostravská pánev</i>	
Vněkarpatské sníženiny	Západní Vněkarpatské sníženiny	<i>Moravská brána</i>
		<i>Hornomoravský úval</i>
Středopolské nížiny	Slezská nížina	<i>Opavská pahorkatina</i>

Zpracováno dle Mackovčín et al. (2009)

Příloha 3: Základní morfometrické charakteristiky v místě stanice

Identifikační číslo	Název stanice	Nadmořská výška (m)	Orientace (svět. strana)	Sklon (°)	Horizontální křivost	Normálová křivost
O1ALBR01	Albrechtice	292	W	2	-0,014	0,021
O1BART01	Bartošovice	260	W	1	0,005	0,003
O1BASK01	Baška	310	NW	2	-0,032	0,025
O1BELA01	Bělá pod Pradědem, Filipovice	680	NE	2	0,002	0,014
O1BELO01	Bělotín	298	SW	1	-0,004	0,005
O1BERC01	Bernartice nad Odrou	252	W	2	-0,004	0,001
O1BIKR01	Bílý Kříž	900	NE	5	-0,028	-0,083
O1BILA01	Bílá, Konečná	720	NW	3	0,028	-0,036
O1BILA02	Bílá, Hlavatá	770	N	9	0,003	0,092
O1BILO01	Bílovec	290	SW	4	-0,018	0,064
O1BIVO01	Bílá Voda	360	NE	8	0,022	-0,028
O1BOHD01	Bohdanovice	463	SE	2	-0,021	0,024
O1BOHU01	Bohumín	200	rovina	0	0,000	0,000
O1BOHU02	Bohumín, Starý Bohumín	195	rovina	0	0,000	0,000
O1BRID01	Břidličná	560	SE	8	-0,062	0,032
O1BRUN01	Bruntál	530	NE	2	-0,001	-0,004
O1BRUN03	Bruntál	535	NW	4	-0,005	-0,008
O1BUDI01	Budišov nad Budišovkou	530	SW	3	0,008	-0,020
O1CELA01	Čeladná, Podolánky	510	W	14	0,088	0,071
O1CERN01	Černá Voda	312	N	1	0,000	-0,003
O1CERV01	Červená	749	NE	6	-0,049	0,061
O1DEHY01	Děhylov	292	NE	2	0,004	0,010
O1FREN01	Frenštát pod Radhoštěm	436	NW	2	0,001	-0,009
O1FRYC01	Fryčovice	273	NW	1	0,004	0,025
O1FRYD01	Frydek-Místek, Frydek	335	SW	3	-0,005	0,004
O1FULN01	Fulnek	310	NE	3	0,008	0,016
O1HAMR01	Staré Hamry, Samčanka	527	NW	7	0,012	0,097
O1HAT001	Hať	220	S	1	-0,002	0,008
O1HAVI01	Havířov, Bludovice	259	W	2	0,010	0,000
O1HERM01	Heřmanovice	652	S	1	-0,600	0,012
O1HNOJ01	Hnojník	340	NE	1	-0,007	0,006
O1HODS01	Hodslavice	340	SW	3	0,006	0,036
O1HOHE01	Bernartice, Horní Heřmanice	255	E	1	0,000	0,004
O1HRAB01	Hrabyně	395	SE	1	0,004	0,003
O1HRAD01	Hradec nad Moravicí	275	W	9	0,003	0,078
O1HUKV01	Hukvaldy, Rychaltice	292	W	3	-0,002	-0,038
O1HZIV01	Hladké Životice	258	S	2	0,000	0,000
O1JABL01	Jablunkov, Návsí	358	W	1	0,000	0,000
O1JABL03	Jablunkov	385	SW	2	-0,200	0,018
O1JAVO01	Javorník	289	E	2	-0,010	0,018
O1JESE01	Jeseník	465	S	7	-0,025	0,005

O1JESE02	Jeseník	650	S	5	-0,080	0,043
O1JESE03	Jeseník, Bukovice	456	SW	7	0,055	0,240
O1JESE05	Jeseník	411	W	14	-0,003	0,045
O1JISL01	Jindřichov	375	S	2	-0,006	0,019
O1KARL01	Karlovice	490	S	2	0,030	0,010
O1KARV01	Karviná, Staré Město	219	W	1	0,002	0,000
O1KAST01	Karlova Studánka	780	NE	5	0,011	-0,003
O1KLIM01	Klimkovice	240	SE	1	0,011	0,008
O1KRNO01	Krnov	323	SE	1	0,000	0,002
O1KRNO05	Krnov	325	N	3	0,002	0,004
O1KRUZ01	Kružberk	435	N	1	-0,048	0,009
O1LICH01	Lichnov	393	SE	3	-0,002	0,011
O1LIPT01	Liptaň	360	E	5	0,002	0,023
O1LITU01	Litultovice	310	S	1	-0,004	0,000
O1LOMN01	Horní Lomná	590	N	4	0,101	0,039
O1LORY01	Lomnice	595	NW	3	-0,001	0,090
O1LUBN01	Frýdlant nad Ostravicí, Lubno	398	NW	2	0,020	0,020
O1LUCI01	Lučina	300	rovina	0	0,000	0,000
O1LUCK01	Morávka, Lúčka	630	W	21	0,045	0,019
O1LYSA01	Lysá hora	1322	NE	20	0,188	0,219
O1MAMO01	Malá Morávka, Karlov	675	NE	3	0,008	0,088
O1MELC01	Melč	470	E	3	0,003	0,003
O1MEZI01	Mezina	530	SW	3	-0,008	0,092
O1MIKU01	Mikulovice	321	N	1	0,000	0,003
O1MIST01	Frýdek-Místek, Místek	290	N	1	0,000	0,000
O1MLAD01	Mladecko	345	S	4	0,005	0,002
O1MOPR01	Morávka	541	SW	5	0,000	0,112
O1MORK01	Mořkov	345	N	2	-0,015	0,010
O1MOSN01	Mošnov	250	E	2	0,005	0,020
O1MOST01	Mosty u Jablunkova	546	S	10	0,056	-0,106
O1NERA01	Dolní Lutyně, Nerad	208	N	1	0,002	0,000
O1NOHE01	Nové Heřmínovy	388	NE	6	-0,004	0,047
O1NOJI01	Nový Jičín	290	W	6	0,021	0,017
O1NYDE01	Nýdek	400	W	2	-0,031	0,005
O1ODRY01	Odry	290	W	4	-0,030	0,310
O1ODRY02	Odry	290	W	3	0,038	0,320
O1OLES01	Olešná	308	NW	1	0,010	0,000
O1ONOV01	Ostrava, Nová Ves	214	rovina	0	0,000	0,000
O1OPAV01	Opava, Otice	270	S	2	0,005	0,000
O1ORLO01	Orlová, Horní Lutyně	275	rovina	0	0,000	0,000
O1OSCE01	Ostravice	380	SW	11	-0,011	0,200
O1OSOB01	Osoblaha	216	NW	3	0,002	0,000
O1OSTR01	Ostrava, Slezská Ostrava	267	SW	1	0,000	0,000
O1OSVI01	Ostrava, Svinov	210	rovina	0	0,000	0,000
O1OVIT01	Ostrava, Vítkovice	236	E	1	0,000	0,003
O1OZAB01	Ostrava, Zábřeh	231	rovina	0	0,000	0,003
O1PASK01	Paskov	256	N	1	0,000	0,025
O1PORU01	Ostrava, Poruba	242	S	2	0,000	0,013
O1PRAD01	Praděd	1490	NE	10	0,490	0,146
O1PRIB01	Příbor	310	E	8	0,008	-0,054
O1PVLD01	Petřvald	260	NE	1	0,000	0,007

O1RAMZ01	Ostružná, Ramzová	740	NE	3	0,000	0,035
O1RASK01	Raškovice	400	SW	3	-0,033	-0,031
O1REJV01	Zlaté Hory, Rejvíz	757	NW	2	0,012	0,021
O1REPI01	Řepiště	290	SW	4	-0,032	-0,017
O1ROPI01	Ropice	327	N	1	0,000	0,000
O1ROUD01	Roudno, Volárna	610	NE	3	-0,017	0,021
O1RYMA01	Rýmařov, Harrachov	645	W	7	0,031	-0,014
O1SANC01	Šance	509	S	1	0,000	0,000
O1SKOR01	Skorošice, Nýznerov	396	NE	2	-0,005	0,003
O1SKRI01	Skřípov	485	S	1	0,004	0,000
O1SMIL01	Smilovice	380	N	2	0,009	0,003
O1SPAL01	Spálov	525	E	2	0,004	-0,004
O1STON01	Stonava, Mexiko	275	NE	4	-0,016	0,000
O1STUD01	Studénka	234	SE	1	0,000	0,004
O1SUDI01	Sudice	217	NE	2	0,002	0,000
O1SVDN01	Frýdek-Místek, Sviadnov	273	W	4	0,024	-0,046
O1SVET01	Světlá Hora	593	W	6	0,005	0,001
O1TESI01	Český Těšín	282	NE	1	0,003	0,003
O1TESK01	Těškovice	430	NE	3	0,003	-0,007
O1TREB01	Třebom	225	E	1	-0,003	0,000
O1TREM01	Třemešná, Damašek	350	W	3	0,000	-0,018
O1TRIN01	Třinec, Dolní Líštná	380	W	3	-0,013	0,002
O1TYRA01	Tyra	485	NE	6	0,030	0,025
O1USPO01	Morávka, Uspolka	532	SW	18	0,254	0,319
O1VIDL01	Vidly	781	SE	5	-0,008	-0,053
O1VIDN01	Vidnava	232	NW	1	0,000	0,000
O1VITK01	Vítkov	480	S	3	-0,003	0,000
O1VRBN01	Vrbno pod Pradědem, Mnichov	550	W	14	0,000	0,005
O1ZARY01	Město Albrechtice, Žáry	483	SE	9	0,023	-0,047
O1ZENK01	Ženklaava	340	NW	1	-0,010	0,008
O1ZLHO01	Zlaté Hory	410	W	1	0,006	0,005
O2BEZD01	Moravská Třebová, Bezděčí	315	W	4	0,003	0,010
O2BORS01	Boršov	375	SE	1	0,000	0,007
O2BOUZ01	Bouzov	426	S	1	0,004	0,000
O2BRAN01	Branná, Františkov	586	W	5	-0,017	0,023
O2CERO01	Červená Voda	535	SE	2	-0,015	0,019
O2HANU01	Hanušovice	425	S	6	-0,007	0,014
O2HLUB01	Hlubočky	300	SE	3	-0,006	0,017
O2HOSJ01	Hoštejn	305	S	4	-0,004	0,032
O2HSTE01	Horní Štěpánov	600	N	2	-0,014	0,000
O2HSTU01	Horní Studénky	540	SW	7	-0,003	-0,016
O2JEVI01	Jevíčko	342	NW	1	0,000	0,003
O2JIND01	Jindřichov, Rakousko	445	SW	1	0,005	-0,002
O2LANS01	Lanškroun	380	SE	1	-0,003	0,000
O2LEST01	Leština	270	rovina	0	0,000	0,009
O2LITO01	Litovel	234	rovina	0	0,000	0,000
O2LOSI01	Velké Losiny	415	SW	2	0,002	0,002
O2LOUC01	Loučná nad Desnou	485	W	4	0,022	-0,026
O2LUKA01	Luká	510	W	3	0,025	-0,004

O2MBER01	Moravský Beroun, Sedm Dvorů	525	W	6	-0,045	0,005
O2MIRO01	Mírov, Míroveček	385	S	4	-0,037	-0,007
O2MOHE01	Mohelnice	283	rovina	0	0,000	0,000
O2MOTR01	Moravská Třebová	349	E	1	0,001	0,008
O2OLKL01	Olomouc, Kláštevní Hradisko	215	SW	1	0,000	0,002
O2OLNE01	Olomouc, Neředín	266	NE	2	0,003	-0,002
O2OLOM01	Olomouc, Holice	210	SW	1	0,002	-0,005
O2OSKA01	Oskava	330	SW	19	0,107	0,055
O2OSKB01	Oskava, Bedřichov	415	SW	6	0,092	-0,075
O2PASE01	Paseka	290	SW	5	0,005	0,018
O2PODL01	Malá Morava, Podlesí	640	N	17	0,094	0,140
O2ROHL01	Rohle	341	W	8	-0,046	0,067
O2RUDA01	Ruda nad Moravou, Hostice	360	S	2	-0,015	0,018
O2SKLE01	Malá Morava, Sklené	740	SW	9	-0,098	0,046
O2SKRI01	Skřípov	580	W	2	0,005	0,000
O2SOBO01	Sobotín	425	E	10	-0,080	-0,070
O2STEP01	Štěpánov	221	S	1	-0,005	-0,003
O2STER01	Šternberk	276	W	3	0,009	0,010
O2STKU01	Staré Město pod Sněžníkem, Kunčice	658	S	9	-0,037	-0,067
O2STME01	Staré Město	408	SE	1	0,002	0,000
O2STRA01	Stránské	650	SE	1	0,016	-0,011
O2SUMP01	Šumperk	328	E	2	-0,029	0,040
O2TOVA01	Tovačov	200	rovina	0	0,000	0,000
O2TRSI01	Tršice	270	NW	3	-0,022	0,048
O2UJEZ01	Velký Újezd	378	SW	1	0,000	0,000
O2UNIC01	Uničov	237	S	1	0,000	0,000
O2VEMO01	Velká Morava, Horní Morava	740	NW	16	-0,014	0,160
O2ZABR01	Zábřeh	283	SE	1	0,000	0,000
O3BECV01	Horní Bečva	565	S	12	-0,063	-0,005
O3BYST01	Bystřička	388	S	8	-0,016	0,100
O3DLUH01	Dluhonice	205	S	1	0,000	0,005
O3FRLH01	Francova Lhota	520	N	7	-0,014	0,081
O3HALE01	Halenkov	415	NW	1	-0,005	0,007
O3HMOS01	Horní Moštěnice	206	NW	2	-0,006	0,007
O3HOST01	Hošťálková	385	N	2	0,001	0,010
O3HOVZ01	Hovězí	380	N	1	-0,003	0,007
O3HRAN01	Hranice, Drahotuše	241	S	2	0,002	0,012
O3HUSL01	Huslenky, Kychová	450	W	10	0,870	0,101
O3HUSL04	Huslenky, Kychová	560	NW	4	-0,012	0,010
O3HUTI01	Hutisko-Solanec	497	SE	4	0,040	-0,005
O3KELC01	Kelč	300	N	1	-0,010	0,010
O3LIPN01	Lipník nad Bečvou	227	SE	1	0,000	0,000
O3PAVL01	Pavlovice u Přerova	295	SW	1	-0,003	0,002
O3POTS01	Potštát, Kyžlířov	565	SE	2	0,000	0,000
O3POZD01	Pozdřechov	496	NE	1	0,005	0,006
O3PRER01	Přerov	203	SW	1	-0,002	0,002
O3PRER03	Přerov	247	NE	1	0,000	0,000
O3RAJN01	Rajnochovice	405	SW	10	0,710	-0,006

O3ROZN01	Rožnov pod Radhoštěm	380	SW	2	0,002	0,007
O3STRI01	Střítež nad Ludinou	340	W	14	0,003	-0,002
O3VABY01	Valašská Bystřice	465	SE	10	-0,106	0,121
O3VALM01	Valašské Meziříčí	334	NW	4	-0,012	0,008
O3VALM02	Valašské Meziříčí, Krásno	292	W	1	0,000	0,000
O3VEKA01	Velké Karlovice, Pluskovec	560	W	13	0,105	-0,110
O3VEKA02	Velké Karlovice, Velký Javorník	980	NW	9	0,103	0,103
O3VEKA03	Velké Karlovice, Podťaté	575	NE	10	-0,005	0,075
O3VSET01	Vsetín	387	W	11	0,000	0,058
O3ZASO01	Zašová	340	SW	6	0,006	-0,031
O3ZDEC01	Zděchov	520	NW	9	-0,035	-0,013
O3ZUBR01	Zubří	348	S	2	0,012	0,002

Příloha 4: Maximální sklon ve čtyřech sektorech v okolí stanice proti směru proudění s orientací vůči proudění

Identifikační číslo	Název stanice	Max. sklon N - N	Max. sklon E - E	Max. sklon S - S	Max. sklon W - W
O1ALBR01	Albrechtice	3	4	6	4
O1BART01	Bartošovice	9	9	14	5
O1BASK01	Baška	6	19	21	14
O1BELA01	Bělá pod Pradědem	22	18	20	23
O1BELO01	Bělotín	15	15	10	13
O1BERC01	Bernartice nad Odrou	7	11	15	16
O1BIKR01	Bílý Kříž	21	19	13	27
O1BILA01	Bílá, Konečná	22	14	16	20
O1BILA02	Bílá, Hlavatá	25	15	20	16
O1BILO01	Bílovec	6	1	4	7
O1BIVO01	Bílá Voda	8	12	15	14
O1BOHD01	Bohdanovice	3	9	13	19
O1BOHU01	Bohumín	1	2	3	4
O1BOHU02	Bohumín, Starý Bohumín	1	2	3	4
O1BRID01	Břidličná	16	11	8	10
O1BRUN01	Bruntál	13	14	15	14
O1BRUN03	Bruntál	13	16	14	14
O1BUDI01	Budišov nad Budišovkou	14	13	18	8
O1CELA01	Čeladná, Podolánky	20	22	26	16
O1CERN01	Černá Voda	3	12	20	23
O1CERV01	Červená	8	11	7	9
O1DEHY01	Děhylov	2	3	8	6
O1FREN01	Frenštát pod Radhoštěm	16	28	21	22
O1FRYC01	Fryčovice	7	10	15	6
O1FRYD01	Frydek-Místek, Frýdek	4	18	11	12
O1FULN01	Fulnek	8	2	15	16
O1HAMR01	Staré Hamry, Samčanka	34	16	18	30
O1HAT001	Hať	1	2	4	5
O1HAVI01	Havířov, Bludovice	2	7	6	3
O1HERM01	Heřmanovice	23	14	26	15
O1HNOJ01	Hnojník	4	3	25	11
O1HODS01	Hodslavice	14	18	22	15
O1HOHE01	Bernartice, Horní Heřmanice	1	4	8	10
O1HRAB01	Hrabyně	8	7	9	12
O1HRAD01	Hradec nad Moravicí	4	11	14	8
O1HUKV01	Hukvaldy, Rychaltice	9	14	19	15
O1HZIV01	Hladké Životice	7	5	4	15
O1JABL01	Jablunkov, Návsí	22	18	19	23
O1JABL03	Jablunkov	15	14	16	19
O1JAVO01	Javorník	1	4	16	16
O1JESE01	Jeseník	17	19	24	22
O1JESE02	Jeseník	17	16	22	22
O1JESE03	Jeseník, Bukovice	20	19	23	24
O1JESE05	Jeseník	20	19	23	24
O1JISL01	Jindřichov	5	11	16	19

O1KARL01	Karlovice	18	13	15	23
O1KARV01	Karviná, Staré Město	2	2	3	2
O1KAST01	Karlova Studánka	20	17	18	23
O1KLIM01	Klimkovice	6	2	2	7
O1KRNO01	Krnov	2	1	8	16
O1KRNO05	Krnov	2	2	8	16
O1KRUZ01	Kružberk	9	11	13	11
O1LICH01	Lichnov	15	8	7	14
O1LIPT01	Liptaň	10	10	13	15
O1LITU01	Litultovice	3	9	13	9
O1LOMN01	Horní Lomná	26	16	18	23
O1LORY01	Lomnice	15	19	9	11
O1LUBN01	Frýdlant nad Ostravicí, Lubno	6	22	23	20
O1LUCI01	Lučina	4	6	18	7
O1LUCK01	Morávka, Lúčka	24	22	16	25
O1LYSA01	Lysá hora	28	21	26	31
O1MAMO01	Malá Morávka, Karlov	18	9	14	21
O1MELC01	Melč	8	13	13	11
O1MEZI01	Mezina	15	4	14	9
O1MIKU01	Mikulovice	2	16	18	17
O1MIST01	Frýdek-Místek, Místek	4	19	11	15
O1MLAD01	Mladecko	4	9	13	11
O1MOPR01	Morávka	20	26	27	25
O1MORK01	Mořkov	10	19	22	11
O1MOSN01	Mošnov	1	13	11	5
O1MOST01	Mosty u Jablunkova	13	13	9	22
O1NERA01	Dolní Lutyně, Nerad	1	1	3	2
O1NOHE01	Nové Heřmínovy	15	15	12	13
O1NOJI01	Nový Jičín	10	17	23	11
O1NYDE01	Nýdek	14	16	18	17
O1ODRY01	Odry	16	11	15	20
O1ODRY02	Odry	14	11	15	18
O1OLES01	Olešná	6	8	15	13
O1ONOV01	Ostrava, Nová Ves	7	4	3	6
O1OPAV01	Opava, Otice	3	5	13	7
O1ORLO01	Orlová, Horní Lutyně	1	1	2	2
O1OSCE01	Ostravice	17	20	28	21
O1OSOB01	Osoblaha	1	1	8	9
O1OSTR01	Ostrava, Slezská Ostrava	3	2	4	5
O1OSVI01	Ostrava, Svinov	6	4	6	6
O1OVIT01	Ostrava, Vítkovice	5	5	6	6
O1OZAB01	Ostrava, Zábřeh	5	4	6	6
O1PASK01	Paskov	6	6	10	7
O1PORU01	Ostrava, Poruba	7	4	2	10
O1PRAD01	Praděd	23	24	23	24
O1PRIB01	Příbor	7	14	15	10
O1PVLD01	Petřvald	4	5	4	4
O1RAMZ01	Ostružná, Ramzová	17	24	23	17
O1RASK01	Raškovice	14	23	25	12
O1REJV01	Zlaté Hory, Rejvíc	12	16	18	19
O1REPI01	Řepiště	3	4	8	7
O1ROPI01	Ropice	6	10	18	13

O1ROUD01	Roudno, Volárna	11	20	7	13
O1RYMA01	Rýmařov, Harrachov	21	9	11	18
O1SANC01	Šance	25	28	20	26
O1SKOR01	Skorošice, Nýznerov	10	16	18	14
O1SKRI01	Skřipov	11	10	8	13
O1SMIL01	Smilovice	4	16	20	19
O1SPAL01	Spálov	16	14	12	15
O1STON01	Stonava, Mexiko	2	3	5	1
O1STUD01	Studénka	6	5	5	7
O1SUDI01	Sudice	1	1	2	0
O1SVDN01	Frýdek-Místek, Sviadnov	6	9	15	6
O1SVET01	Světlá Hora	19	15	7	14
O1TESI01	Český Těšín	2	0	7	5
O1TESK01	Těškovice	7	8	7	9
O1TREB01	Třebom	1	1	2	1
O1TREM01	Třemešná, Damašek	8	9	19	15
O1TRIN01	Třinec, Dolní Líštná	2	16	25	18
O1TYRA01	Tyra	8	22	24	22
O1USPO01	Morávka, Uspolka	29	20	17	22
O1VIDL01	Vidly	18	23	21	22
O1VIDN01	Vidnava	1	1	8	7
O1VITK01	Vítkov	11	6	17	9
O1VRBN01	Vrbno pod Pradědem	19	13	18	26
O1ZARY01	Město Albrechtice, Žáry	10	8	11	18
O1ZENK01	Ženkla	15	15	22	11
O1ZLHO01	Zlaté Hory	3	16	19	14
O2BEZD01	Moravská Třebová, Bezděčín	7	13	10	12
O2BORS01	Boršov	10	12	13	11
O2BOUZ01	Bouzov	9	5	10	14
O2BRAN01	Branná, Františkov	21	27	19	20
O2CERO01	Červená Voda	13	15	17	19
O2HANU01	Hanušovice	18	16	15	16
O2HLUB01	Hlubočky	4	18	19	14
O2HOSJ01	Hoštejn	19	12	12	10
O2HSTE01	Horní Štěpánov	8	5	6	8
O2HSTU01	Horní Studénky	17	13	8	12
O2JEVI01	Jevíčko	13	8	8	9
O2JIND01	Jindřichov, Rakousko	19	17	14	18
O2LANS01	Lanškroun	9	14	9	16
O2LEST01	Leština	7	15	6	18
O2LITO01	Litovel	2	1	5	6
O2LOSI01	Velké Losiny	16	20	14	19
O2LOUC01	Loučná nad Desnou	19	21	24	16
O2LUKA01	Luká	6	5	5	10
O2MBER01	Moravský Beroun	5	7	9	13
O2MIRO01	Mírov, Míroveček	18	6	11	10
O2MOHE01	Mohelnice	8	5	10	11
O2MOTR01	Moravská Třebová	13	9	8	11
O2OLKL01	Olomouc, Klášterní Hradisko	5	14	4	2
O2OLNE01	Olomouc, Neředín	2	6	3	3
O2OLOM01	Olomouc, Holice	6	8	2	3
O2OSKA01	Oskava	19	14	18	18

O2OSKB01	Oskava, Bedřichov	20	12	13	10
O2PASE01	Paseka	19	15	10	4
O2PODL01	Malá Morava, Podlesí	18	20	15	11
O2ROHL01	Rohle	11	13	8	12
O2RUDA01	Ruda nad Moravou, Hostice	15	17	13	16
O2SKLE01	Malá Morava, Sklené	17	20	19	16
O2SKRI01	Skřípov	8	6	3	8
O2SOBO01	Sobotín	18	23	15	14
O2STEP01	Štěpánov	10	8	1	1
O2STER01	Šternberk	13	15	9	1
O2STKU01	Staré Město pod Sněžníkem	17	18	18	23
O2STME01	Staré Město	20	11	13	13
O2STRA01	Stránské	6	8	12	13
O2SUMP01	Šumperk	13	20	9	21
O2TOVA01	Tovačov	1	2	1	2
O2TRSI01	Tršice	8	13	3	4
O2UJEZ01	Velký Újezd	12	19	5	6
O2UNIC01	Uničov	9	17	1	6
O2VEMO01	Velká Morava, Horní Morava	20	18	16	13
O2ZABR01	Zábřeh	13	12	10	16
O3BECV01	Horní Bečva	31	22	14	17
O3BYST01	Bystřička	15	13	13	17
O3DLUH01	Dluhonice	4	4	2	2
O3FRLH01	Francova Lhota	14	6	15	13
O3HALE01	Halenkov	16	14	16	17
O3HMOS01	Horní Moštěnice	2	5	5	2
O3HOST01	Hošťálková	14	13	14	18
O3HOVZ01	Hovězí	14	16	13	11
O3HRAN01	Hranice, Drahotuše	12	6	11	14
O3HUSL01	Huslenky, Kychová	15	16	18	14
O3HUSL04	Huslenky, Kychová	15	16	18	14
O3HUTI01	Hutisko-Solanec	19	17	15	10
O3KELC01	Kelč	4	11	18	2
O3LIPN01	Lipník nad Bečvou	19	12	5	5
O3PAVL01	Pavlovice u Přerova	6	6	4	4
O3POTS01	Potštát, Kyžlířov	12	13	12	4
O3POZD01	Pozděchov	11	13	13	11
O3PRER01	Přerov	4	4	1	1
O3PRER03	Přerov	4	4	1	1
O3RAJN01	Rajnochovice	9	15	12	18
O3ROZN01	Rožnov pod Radhoštěm	16	22	11	13
O3STRI01	Střítež nad Ludinou	11	8	7	15
O3VABY01	Valašská Bystřice	17	16	15	15
O3VALM01	Valašské Meziříčí	13	21	14	9
O3VALM02	Valašské Meziříčí, Krásno	13	21	14	9
O3VEKA01	Velké Karlovice, Pluskovec	15	17	16	14
O3VEKA02	Velké Karlovice, V. Javorník	18	8	8	14
O3VEKA03	Velké Karlovice, Podřaté	15	12	10	14
O3VSET01	Vsetín	17	13	16	14
O3ZASO01	Zašová	21	16	13	8
O3ZDEC01	Zděchov	18	18	11	13
O3ZUBR01	Zubří	19	20	13	11

Příloha 5: Maximální sklon ve čtyřech sektorech v okolí stanice po směru proudění s orientací vůči proudění

Identifikační číslo	Název stanice	Max. sklon N - S	Max. sklon E - W	Max. sklon S - N	Max. sklon W - E
O1ALBR01	Albrechtice	2	4	8	5
O1BART01	Bartošovice	8	10	16	6
O1BASK01	Baška	5	20	22	15
O1BELA01	Bělá pod Pradědem	21	19	21	24
O1BELO01	Bělotín	14	16	12	14
O1BERC01	Bernartice nad Odrou	6	12	16	17
O1BIKR01	Bílý Kříž	20	20	14	28
O1BILA01	Bílá, Konečná	21	15	17	21
O1BILA02	Bílá, Hlavatá	24	16	23	17
O1BILO01	Bílovec	6	1	8	8
O1BIVO01	Bílá Voda	8	13	16	15
O1BOHD01	Bohdanovice	3	10	14	20
O1BOHU01	Bohumín	1	3	5	5
O1BOHU02	Bohumín, Starý Bohumín	1	3	8	5
O1BRID01	Břidličná	17	12	9	11
O1BRUN01	Bruntál	14	15	15	15
O1BRUN03	Bruntál	14	15	17	15
O1BUDI01	Budišov nad Budišovkou	13	14	19	9
O1CELA01	Čeladná, Podolánky	19	23	27	17
O1CERN01	Černá Voda	2	13	21	24
O1CERV01	Červená	7	12	8	10
O1DEHY01	Děhylov	1	4	9	7
O1FREN01	Frenštát pod Radhoštěm	15	29	22	23
O1FRYC01	Fryčovice	6	11	16	7
O1FRYD01	Frýdek-Místek, Frýdek	3	19	13	13
O1FULN01	Fulnek	7	3	16	17
O1HAMR01	Staré Hamry, Samčanka	33	17	19	31
O1HAT001	Hať	1	3	5	6
O1HAVI01	Haviřov, Bludovice	1	8	7	4
O1HERM01	Heřmanovice	22	15	27	16
O1HNOJ01	Hnojník	3	4	26	12
O1HODS01	Hodslavice	13	19	23	16
O1HOHE01	Bernartice, Horní Heřmanice	1	5	9	11
O1HRAB01	Hrabyně	7	8	12	13
O1HRAD01	Hradec nad Moravicí	3	12	15	9
O1HUKV01	Hukvaldy, Rychaltice	8	15	20	16
O1HZIV01	Hladké Životice	6	6	5	16
O1JABL01	Jablunkov, Návší	21	19	20	24
O1JABL03	Jablunkov	14	15	17	20
O1JAVO01	Javorník	2	5	17	17
O1JESE01	Jeseník	16	17	25	23
O1JESE02	Jeseník	16	17	25	23
O1JESE03	Jeseník, Bukovice	19	20	24	25
O1JESE05	Jeseník	19	20	23	25
O1JISL01	Jindřichov	4	12	17	20

O1KARL01	Karlovice	17	14	16	24
O1KARV01	Karviná, Staré Město	1	3	4	3
O1KAST01	Karlova Studánka	19	18	19	24
O1KLIM01	Klimkovice	5	3	3	8
O1KRNO01	Krnov	2	1	12	17
O1KRNO05	Krnov	2	3	9	17
O1KRUZ01	Kružberk	8	12	14	12
O1LICH01	Lichnov	14	9	10	15
O1LIPT01	Liptaň	9	11	14	16
O1LITU01	Litultovice	2	10	17	10
O1LOMN01	Horní Lomná	25	17	19	24
O1LORY01	Lomnice	14	20	11	12
O1LUBN01	Frýdlant nad Ostravicí, Lubno	5	23	25	21
O1LUCI01	Lučina	3	7	19	8
O1LUCK01	Morávka, Lúčka	23	23	17	26
O1LYSA01	Lysá hora	27	22	27	32
O1MAMO01	Malá Morávka, Karlov	17	10	15	22
O1MELC01	Melč	7	14	14	12
O1MEZI01	Mezina	14	5	15	10
O1MIKU01	Mikulovice	2	17	19	18
O1MIST01	Frýdek-Místek, Místek	3	20	12	16
O1MLAD01	Mladecko	3	10	14	12
O1MOPR01	Morávka	19	27	28	26
O1MORK01	Mořkov	9	20	23	12
O1MOSN01	Mošnov	0	14	12	6
O1MOST01	Mosty u Jablunkova	12	14	10	23
O1NERA01	Dolní Lutyně, Nerad	1	2	4	3
O1NOHE01	Nové Heřmínovy	14	16	13	14
O1NOJI01	Nový Jičín	9	18	24	12
O1NYDE01	Nýdek	13	17	19	18
O1ODRY01	Odry	15	12	16	19
O1ODRY02	Odry	15	12	14	19
O1OLES01	Olešná	5	9	18	14
O1ONOV01	Ostrava, Nová Ves	8	5	4	7
O1OPAV01	Opava, Otice	4	6	14	8
O1ORLO01	Orlová, Horní Lutyně	2	2	3	3
O1OSCE01	Ostravice	18	21	29	21
O1OSOB01	Osoblaha	2	2	9	10
O1OSTR01	Ostrava, Slezská Ostrava	4	3	5	6
O1OSVI01	Ostrava, Svinov	7	5	7	7
O1OVIT01	Ostrava, Vítkovice	6	5	9	7
O1OZAB01	Ostrava, Zábřeh	6	5	7	7
O1PASK01	Paskov	7	5	11	8
O1PORU01	Ostrava, Poruba	8	5	3	11
O1PRAD01	Praděd	22	25	24	25
O1PRIB01	Příbor	6	15	17	11
O1PVLD01	Petřvald	3	6	5	5
O1RAMZ01	Ostružná, Ramzová	16	25	24	18
O1RASK01	Raškovice	13	24	26	13
O1REJV01	Zlaté Hory, Rejvíc	11	17	19	20
O1REPI01	Řepiště	2	5	9	8
O1ROPI01	Ropice	5	11	19	14

O1ROUD01	Roudno, Volárna	10	21	8	14
O1RYMA01	Rýmařov, Harrachov	20	10	12	19
O1SANC01	Šance	24	29	21	27
O1SKOR01	Skorošice, Nýznerov	9	17	19	15
O1SKRI01	Skřipov	10	11	9	14
O1SMIL01	Smilovice	3	17	21	20
O1SPAL01	Spálov	15	15	13	16
O1STON01	Stonava, Mexiko	2	4	7	2
O1STUD01	Studénka	5	6	6	8
O1SUDI01	Sudice	1	2	3	1
O1SVDN01	Frýdek-Místek, Sviadnov	5	10	16	7
O1SVET01	Světlá Hora	18	16	8	15
O1TESI01	Český Těšín	3	1	8	6
O1TESK01	Těškovice	8	9	8	10
O1TREB01	Třebom	1	1	3	1
O1TREM01	Třemešná, Damašek	9	10	20	16
O1TRIN01	Třinec, Dolní Líštná	3	17	26	19
O1TYRA01	Tyra	9	23	25	23
O1USPO01	Morávka, Uspolka	30	21	18	23
O1VIDL01	Vidly	19	24	22	23
O1VIDN01	Vidnava	1	1	9	8
O1VITK01	Vítkov	12	7	18	10
O1VRBN01	Vrbno pod Pradědem	20	14	19	27
O1ZARY01	Město Albrechtice, Žáry	11	9	12	19
O1ZENK01	Ženklava	16	16	23	12
O1ZLHO01	Zlaté Hory	4	17	20	15
O2BEZD01	Moravská Třebová, Bezděčí	8	14	11	13
O2BORS01	Boršov	11	13	14	12
O2BOUZ01	Bouzov	10	6	11	15
O2BRAN01	Branná, Františkov	20	28	21	21
O2CERO01	Červená Voda	12	16	18	20
O2HANU01	Hanušovice	17	17	17	17
O2HLUB01	Hlubočky	3	19	20	15
O2HOSJ01	Hoštejn	18	13	13	11
O2HSTE01	Horní Štěpánov	7	6	7	9
O2HSTU01	Horní Studénky	16	14	9	13
O2JEVI01	Jevíčko	12	9	9	10
O2JIND01	Jindřichov, Rakousko	18	18	15	19
O2LANS01	Lanškroun	8	15	10	17
O2LEST01	Leština	6	16	7	19
O2LITO01	Litovel	1	1	6	7
O2LOSI01	Velké Losiny	15	21	15	20
O2LOUC01	Loučná nad Desnou	18	22	24	17
O2LUKA01	Luká	5	6	6	11
O2MBER01	Moravský Beroun	4	8	10	14
O2MIRO01	Mírov, Míroveček	17	7	12	11
O2MOHE01	Mohelnice	7	6	15	12
O2MOTR01	Moravská Třebová	12	10	9	12
O2OLKL01	Olomouc, Klášterní Hradisko	4	15	5	3
O2OLNE01	Olomouc, Neředín	2	7	4	4
O2OLOM01	Olomouc, Holice	5	9	3	4
O2OSKA01	Oskava	18	15	19	19

O2OSKB01	Oskava, Bedřichov	19	13	14	11
O2PASE01	Paseka	18	16	11	5
O2PODL01	Malá Morava, Podlesí	17	21	16	12
O2ROHL01	Rohle	10	14	12	13
O2RUDA01	Ruda nad Moravou, Hostice	14	18	14	17
O2SKLE01	Malá Morava, Sklené	16	21	20	17
O2SKRI01	Skřípov	7	7	4	9
O2SOBO01	Sobotín	17	24	16	15
O2STEP01	Štěpánov	9	9	2	1
O2STER01	Šternberk	12	16	10	2
O2STKU01	Staré Město pod Sněžníkem	16	19	19	24
O2STME01	Staré Město	19	12	14	14
O2STRA01	Stránské	5	9	13	14
O2SUMP01	Šumperk	12	21	10	22
O2TOVA01	Tovačov	2	3	2	3
O2TRSI01	Tršice	9	14	4	5
O2UJEZ01	Velký Újezd	13	20	7	7
O2UNIC01	Uničov	10	18	1	7
O2VEMO01	Velká Morava, Horní Morava	21	19	17	14
O2ZABR01	Zábřeh	14	13	11	17
O3BECV01	Horní Bečva	30	23	15	18
O3BYST01	Bystřička	14	14	14	18
O3DLUH01	Dluhonice	3	5	3	1
O3FRLH01	Francova Lhota	13	7	16	14
O3HALE01	Halenkov	15	15	17	18
O3HMOS01	Horní Moštěnice	1	6	6	1
O3HOST01	Hošťálková	13	14	15	19
O3HOVZ01	Hovězí	13	17	14	12
O3HRAN01	Hranice, Drahotuše	11	7	12	15
O3HUSL01	Huslenky, Kychová	14	17	19	15
O3HUSL04	Huslenky, Kychová	14	17	19	15
O3HUTI01	Hutisko-Solanec	18	18	17	11
O3KELC01	Kelč	3	12	19	3
O3LIPN01	Lipník nad Bečvou	18	13	6	6
O3PAVL01	Pavlovice u Přerova	5	7	5	5
O3POTS01	Potštát, Kyžlířov	11	14	13	5
O3POZD01	Pozděchov	10	14	14	12
O3PRER01	Přerov	3	5	1	1
O3PRER03	Přerov	3	5	1	1
O3RAJN01	Rajnochovice	8	16	13	19
O3ROZN01	Rožnov pod Radhoštěm	15	23	12	14
O3STRI01	Střítěž nad Ludinou	10	9	8	16
O3VABY01	Valašská Bystřice	16	17	16	16
O3VALM01	Valašské Meziříčí	12	22	15	10
O3VALM02	Valašské Meziříčí, Krásno	12	22	15	10
O3VEKA01	Velké Karlovice, Pluskovec	14	18	17	15
O3VEKA02	Velké Karlovice, V. Javorník	17	9	10	15
O3VEKA03	Velké Karlovice, Podřaté	14	13	12	15
O3VSET01	Vsetín	16	14	17	15
O3ZASO01	Zašová	20	17	14	9
O3ZDEC01	Zděchov	17	19	12	14
O3ZUBR01	Zubří	18	21	15	12

Příloha 6: Maximální nadmořská výška a převýšení ve čtyřech sektorech

v okolí stanice

Identif. číslo	Max. výška N	Převýšení N	Max. výška E	Převýš. E	Max. výška S	Převýš. S	Max. výška W	Převýš. W
O1ALBR01	292	0	407	115	405	113	358	66
O1BART01	405	145	571	311	523	263	417	157
O1BASK01	328	18	1050	740	1124	814	611	301
O1BELA01	931	251	1149	469	1490	810	1328	648
O1BELO01	581	283	354	56	449	151	604	306
O1BERC01	466	214	504	252	608	356	550	298
O1BIKR01	1149	249	934	34	900	0	1322	422
O1BILA01	1077	357	950	230	831	111	1066	346
O1BILA02	1094	324	899	129	981	211	1048	278
O1BILO01	508	218	388	98	410	120	552	262
O1BIVO01	400	40	524	164	875	515	603	243
O1BOHD01	655	192	553	90	652	189	742	279
O1BOHU01	200	0	248	48	255	55	276	76
O1BOHU02	200	5	248	53	255	60	276	81
O1BRID01	821	261	677	117	813	253	949	389
O1BRUN01	942	412	673	143	664	134	944	414
O1BRUN03	942	407	673	138	664	129	944	409
O1BUDI01	687	157	566	36	611	81	749	219
O1CELA01	883	373	1322	812	1143	633	1097	587
O1CERN01	354	42	822	510	1115	803	1039	727
O1CERV01	749	0	749	0	749	0	814	65
O1DEHY01	292	0	292	0	388	96	414	122
O1FREN01	783	347	1262	826	1114	678	812	376
O1FRYC01	361	88	599	326	807	534	422	149
O1FRYD01	356	21	676	341	609	274	613	278
O1FULN01	557	247	404	94	477	167	571	261
O1HAMR01	1322	795	900	373	906	379	1118	591
O1HAT001	251	31	243	23	277	57	280	60
O1HAVI01	302	43	411	152	358	99	313	54
O1HERM01	950	298	859	207	1072	420	1153	501
O1HNOJ01	407	67	931	591	1022	682	549	209
O1HODS01	499	159	874	534	748	408	608	268
O1HOHE01	255	0	276	21	826	571	756	501
O1HRAB01	395	0	395	0	460	65	537	142
O1HRAD01	376	101	537	262	550	275	502	227
O1HUKV01	372	80	807	515	883	591	399	107
O1HZIV01	577	319	431	173	449	191	553	295
O1JABL01	852	494	976	618	1039	681	994	636
O1JABL03	385	0	385	0	799	414	875	490
O1JAVO01	329	40	399	110	825	536	850	561
O1JESE01	949	484	1149	684	1350	885	1328	863
O1JESE02	949	299	1149	499	1350	700	1328	678
O1JESE03	949	493	1149	693	1350	894	1328	872
O1JESE05	949	538	1149	738	1350	939	1328	917
O1JISL01	413	38	462	87	863	488	930	555
O1KARL01	850	360	723	233	773	283	1129	639
O1KARV01	250	31	281	62	301	82	294	75

O1KAST01	1129	349	914	134	1100	320	1490	710
O1KLIM01	407	167	302	62	308	68	455	215
O1KRNO01	355	32	325	2	543	220	618	295
O1KRNO05	355	30	325	0	543	218	618	293
O1KRUZ01	557	122	556	121	632	197	722	287
O1LICH01	611	218	459	66	656	263	673	280
O1LIPT01	462	102	450	90	717	357	799	439
O1LITU01	526	216	474	164	552	242	552	242
O1LOMN01	1016	426	1045	455	914	324	1137	547
O1LORY01	705	110	742	147	814	219	722	127
O1LUBN01	424	26	1050	652	1199	801	949	551
O1LUCI01	300	0	404	104	685	385	354	54
O1LUCK01	1050	420	1001	371	939	309	1322	692
O1LYSA01	1322	0	1322	0	1322	0	1322	0
O1MAMO01	1490	815	818	143	850	175	1402	727
O1MELC01	502	32	483	13	553	83	552	82
O1MEZI01	656	126	653	123	739	209	750	220
O1MIKU01	391	70	860	539	954	633	872	551
O1MIST01	356	66	499	209	905	615	611	321
O1MLAD01	582	237	466	121	620	275	604	259
O1MOPR01	899	358	1000	459	1050	509	1322	781
O1MORK01	504	159	924	579	769	424	608	263
O1MOSN01	405	155	612	362	500	250	401	151
O1MOST01	972	426	819	273	605	59	922	376
O1NERA01	208	0	247	39	270	62	252	44
O1NOHE01	663	275	673	285	660	272	768	380
O1NOJI01	399	109	924	634	824	534	514	224
O1NYDE01	885	485	994	594	922	522	931	531
O1ODRY01	571	281	473	183	550	260	581	291
O1ODRY02	571	281	473	183	550	260	581	291
O1OLES01	354	46	859	551	857	549	613	305
O1ONOV01	316	102	325	111	326	112	388	174
O1OPAV01	308	38	457	187	537	267	503	233
O1ORLO01	275	0	281	6	302	27	275	0
O1OSCE01	884	504	1322	942	1121	741	1024	644
O1OSOB01	246	30	239	23	563	347	506	290
O1OSTR01	276	9	302	35	300	33	277	10
O1OSVI01	316	106	325	115	326	116	388	178
O1OVIT01	316	80	325	89	326	90	388	152
O1OZAB01	316	85	325	94	326	95	388	157
O1PASK01	311	55	410	154	562	306	361	105
O1PORU01	359	117	258	16	277	35	412	170
O1PRAD01	1490	0	1490	0	1490	0	1490	0
O1PRIB01	312	2	611	301	690	380	467	157
O1PVLD01	260	0	350	90	334	74	260	0
O1RAMZ01	1115	375	1328	588	1323	583	1010	270
O1RASK01	700	300	1057	657	1322	922	522	122
O1REJV01	757	0	887	130	1109	352	865	108
O1REPI01	302	12	369	79	548	258	361	71
O1ROPI01	407	80	560	233	954	627	798	471
O1ROUD01	672	62	739	129	798	188	707	97
O1RYMA01	1288	643	705	60	721	76	1299	654

O1SANC01	1322	813	1075	566	890	381	1228	719
O1SKOR01	519	123	963	567	1082	686	874	478
O1SKRI01	527	42	485	0	544	59	553	68
O1SMIL01	407	27	841	461	1013	633	850	470
O1SPAL01	566	41	571	46	605	80	636	111
O1STON01	278	3	275	0	325	50	275	0
O1STUD01	410	176	405	171	302	68	408	174
O1SUDI01	240	23	218	1	303	86	316	99
O1SVDN01	356	83	437	164	610	337	399	126
O1SVET01	1050	457	651	58	748	155	1287	694
O1TESI01	301	19	649	367	509	227	407	125
O1TESK01	462	32	430	0	430	0	504	74
O1TREB01	240	15	236	11	247	22	246	21
O1TREM01	411	61	549	199	718	368	851	501
O1TRIN01	408	28	985	605	999	619	860	480
O1TYRA01	527	42	874	389	1040	555	1025	540
O1USPO01	1025	493	1047	515	922	390	1322	790
O1VIDL01	1223	442	1066	285	1449	668	1490	709
O1VIDN01	232	0	412	180	670	438	645	413
O1VITK01	550	70	557	77	641	161	634	154
O1VRBN01	999	449	805	255	1214	664	1388	838
O1ZARY01	736	253	483	0	710	227	871	388
O1ZENK01	516	176	1057	717	965	625	506	166
O1ZLHO01	450	40	842	432	1137	727	927	517
O2BEZD01	591	276	588	273	601	286	625	310
O2BORS01	622	247	550	175	625	250	859	484
O2BOUZ01	591	165	514	88	599	173	564	138
O2BRAN01	1033	447	1380	794	965	379	1049	463
O2CERO01	1050	515	978	443	957	422	897	362
O2HANU01	1224	799	1195	770	745	320	1054	629
O2HLUB01	437	137	1202	902	1322	1022	610	310
O2HOSJ01	721	416	517	212	611	306	650	345
O2HSTE01	609	9	657	57	760	160	655	55
O2HSTU01	899	359	718	178	584	44	897	357
O2JEVI01	625	283	656	314	659	317	584	242
O2JIND01	1239	794	1381	936	757	312	1251	806
O2LANS01	758	378	722	342	617	237	613	233
O2LEST01	602	332	723	453	517	247	600	330
O2LITO01	367	133	262	28	505	271	567	333
O2LOSI01	1200	785	1350	935	924	509	758	343
O2LOUC01	1325	840	1490	1005	1100	615	949	464
O2LUKA01	510	0	510	0	566	56	606	96
O2MBER01	814	289	749	224	621	96	707	182
O2MIRO01	611	226	587	202	591	206	612	227
O2MOHE01	517	234	599	316	563	280	611	328
O2MOTR01	613	264	611	262	625	276	859	510
O2OLKL01	600	385	614	399	275	60	277	62
O2OLNE01	329	63	440	174	275	9	368	102
O2OLOM01	470	260	578	368	295	85	271	61
O2OSKA01	925	595	767	437	612	282	692	362
O2OSKB01	1100	685	845	430	750	335	923	508
O2PASE01	722	432	710	420	511	221	400	110

O2PODL01	1272	632	800	160	895	255	899	259
O2ROHL01	814	473	645	304	512	171	587	246
O2RUDA01	976	616	763	403	599	239	847	487
O2SKLE01	1261	521	980	240	951	211	1002	262
O2SKRI01	612	32	636	56	756	176	641	61
O2SOBO01	1350	925	1427	1002	909	484	728	303
O2STEP01	612	391	627	406	275	54	247	26
O2STER01	710	434	632	356	549	273	276	0
O2STKU01	1062	404	1099	441	1058	400	1423	765
O2STME01	594	186	611	203	859	451	627	219
O2STRA01	881	231	813	163	710	60	901	251
O2SUMP01	850	522	851	523	512	184	902	574
O2TOVA01	277	77	286	86	263	63	254	54
O2TRSI01	672	402	650	380	301	31	312	42
O2UJEZ01	679	301	653	275	414	36	431	53
O2UNIC01	599	362	617	380	314	77	450	213
O2VEMO01	1423	683	1265	525	1050	310	1153	413
O2ZABR01	602	319	587	304	571	288	613	330
O3BECV01	1198	633	900	335	867	302	1104	539
O3BYST01	773	385	808	420	800	412	572	184
O3DLUH01	251	46	348	143	357	152	230	25
O3FRLH01	921	401	656	136	799	279	719	199
O3HALE01	871	456	952	537	819	404	749	334
O3HMOS01	258	52	359	153	350	144	225	19
O3HOST01	664	279	663	278	703	318	816	431
O3HOVZ01	882	502	869	489	819	439	651	271
O3HRAN01	578	337	353	112	479	238	641	400
O3HUSL01	879	429	970	520	895	445	772	322
O3HUSL04	879	319	970	410	895	335	772	212
O3HUTI01	1068	571	1056	559	871	374	800	303
O3KELC01	415	115	577	277	810	510	412	112
O3LIPN01	653	426	474	247	350	123	516	289
O3PAVL01	472	177	476	181	400	105	308	13
O3POTS01	640	75	577	12	607	42	651	86
O3POZD01	650	154	772	276	752	256	600	104
O3PRER01	306	103	357	154	238	35	227	24
O3PRER03	306	59	357	110	247	0	247	0
O3RAJN01	565	160	667	262	785	380	817	412
O3ROZN01	874	494	1129	749	911	531	748	368
O3STRI01	630	290	551	211	455	115	614	274
O3VABY01	1074	609	1051	586	849	384	662	197
O3VALM01	699	365	798	464	799	465	667	333
O3VALM02	699	407	798	506	799	507	667	375
O3VEKA01	981	421	980	420	973	413	911	351
O3VEKA02	980	0	980	0	980	0	980	0
O3VEKA03	950	375	899	324	980	405	870	295
O3VSET01	719	332	811	424	772	385	665	278
O3ZASO01	748	408	924	584	699	359	577	237
O3ZDEC01	715	195	803	283	756	236	772	252
O3ZUBR01	924	576	1083	735	888	540	661	313