

Cvičení z Hydrologie č. 1

Srážkový úhrn v povodí

Zadání:

Určete hodnotu průměrného ročního úhrnu srážek na ploše libovolného povodí III. řádu v prostředí ArcGIS s využitím tří metod:

- 1) aritmetický průměr
- 2) Thiessenové polygony
- 3) metoda izohyet

Zhodnoťte a porovnejte výsledky použitých metod.

Metodika:

Vybrání vhodného povodí III. řádu z projektu DIBAVOD probíhalo tak, aby bylo v území České republiky a neleželo na státních hranicích kvůli lepšímu zpracování Thiessenových polygonů. Následné výstupy se zpracovávaly pomocí **programu ArcGIS či v Excelu**.

Aritmetický průměr se spočítal pomocí jednoduchého vzorečku z jednotlivých ročních srážkových úhrnů veškerých stanic v povodí. Přes ID stanice se zjistí v abecedním seznamu srážkoměrných stanic a přehledu srážkových a sněhových charakteristik. Pomocné výstupy tedy nebyly potřeba.

Totéž neplatilo u **Thiessenových polygonů**. U vybraného povodí bylo nutné vybrat veškeré srážkoměrné stanice a pro přesnější výslednou hodnotu i ty, které bezprostředně s povodím sousedí. Následně stačilo použít funkci Create Thiessen Polygons, která vše vyřeší za vás. Jednotlivé srážkoměrné stanice jsou v tomto vypracování očíslované. U jednotlivých dat je tedy možné se podívat i na polohu konkrétní stanice.

U metody **izohyet** se výstup zhotoví podobným způsobem, avšak s informacemi o izohyetách. Ve výstupu jsou přiloženy i polohy srážkoměrných stanic a větší města pro lepší orientaci.

Samotné výpočty probíhaly pomocí programu Excel a dílčí výsledky se spočítaly v ArcGISU při vypracovávání jednotlivých výstupů (např. plochy Thiessenových polygonů či mezi izohyetami).

Vypracování:

Výše uvedený postup se zde bude praktikovat na území III. povodí s Id. 4-15-01, tedy **Svratky od pramene po soutok se Svitavou**.¹

Území se rozprostírá v oblasti **severozápadně od Brna** až po oblast Ždárských vrchů, ve kterém nejvyšší bod vrchů (Devět skal s 836 m. n. m.²) je i nejvyšším bodem povodí. Samotný nejdůležitější přítok Dyje však pramení v nadmořské výšce 772 m. n. m. (obr. 1.).³ Protéká oblastí Vysočiny v okrese Žďár nad Sázavou, kde tvoří historické zemské hranice Čech a Moravy a je po řece pojmenované i město.⁴ Pokračuje okresy Brno-venkov a Brno-město, kde se nalézá nejnižší položené místo povodí – soutok Svratky a Svitavy v jižní části Brna s nadmořskou výškou 191 m. n. m. (obr. 2.).³

¹ ČHMÚ (2020): Hydrologická povodí III. řádu, <http://hydro.chmi.cz/ismnozstvi/ciselnik.php?t=L&id=hlgp&ordrstr=NM&startpos=90&recnum=30> (16. 10. 2020)

² WANDER BOOK (2020): CZ-792 Devět skal, <https://cs.wander-book.com/devet-skal-m675.htm> (16. 10. 2020)

³ MARŠÁLKOVÁ, L. (2017): Klimatografie povodí Svratky a Svitavy. Seminární práce. MU PFF, Brno, s. 3. https://is.muni.cz/el/1431/podzim2017/Z0076/cviceni/seminarni-prace/opravene/Marsalkova_Lucie.pdf?lang=en (16. 10. 2020)

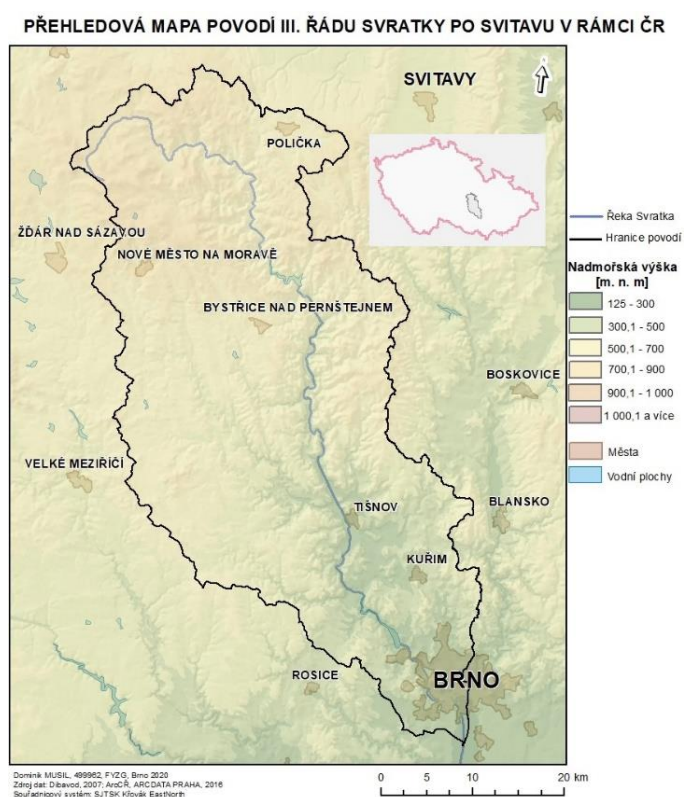
⁴ BĀRTA, J. (2015): Turisté jdou po historické zemské hranici. Urazí celkem 393 kilometrů, https://www.idnes.cz/jihlava/zpravy/turiste-jdou-po-historicke-zemske-hranici-mez-zechami-a-moravou.A150617_165607_jihlava-zpravy_mv (16. 10. 2020)



Obr. 1.: Pramen řeky Svatky



Obr. 2.: Soutok řek Svatky (vlevo) a Svitavy (= konečný bod povodí)



Obr. 3. Orientační mapa povodí Svatky po Svitavu včetně nadmořské výšky

Zvolení tohoto území bylo z důvodu polohy Masarykovy Univerzity, hlavního toku protékající Brnem a Brněnskou přehradou, lokalitě údolí Bílého potoka – oblasti terénního cvičení z Fyzické geografie (mapy.cz, 2020), a v neposlední řadě kvůli aktuální situaci. I přes to, že je měsíc říjen, který se obecně vyznačuje nízkým úhrnem srážek a ve kterém končí hydrologický rok, se na stanici Brno–Poříčí ode dne 14. 10. vyhlásil **2. povodňový stupeň**.⁵ Je to vskutku překvapující informace i s ohledem na fakt, že také kvůli zamezení povodňovým rizikům v Brně byla postavena Brněnská přehrada⁶ (pmo.cz, 2015). První povodňový stupeň se poté vyhlásil ve stejném období ještě blíže pramene Svatky, a to na další vybudované umělé nádrži v povodí, který určuje průtok řeky – Vír či ve Veverské Bítýšce.⁷

⁵ ČHMÚ (2020): Detail stanice Brno–Poříčí, http://hydro.chmu.cz/hpps/hpps_přřfdyn.php?seq=307205 (16. 10. 2020)

⁶ HIRTOVÁ, K. (2015): Brněnská přehrada. Bakalářská práce. Mendelova univerzita, Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií, Brno, s. 21. https://theses.cz/id/yu76ye/zaverecná_práce.pdf (16. 10. 2020)

⁷ ČHMÚ (2020): Hlášení a předpovědní povodňová služba, http://hydro.chmu.cz/hpps/hpps_main.php (16. 10. 2020)

Tab. 1.: Přehled relevantních srážkoměrných stanic v rámci výpočtů úhrnů srážek v povodí Svratky po Svitavu

ID	ID stanice v mapě (n)	Název stanice	H [m. n. m.]	Hz [mm/rok]	F [km ²]	Hz(n)*F(n)
75	36	Brno, Bohunice	225	537	87,09	46 768,24
76	1	Brno, Komárov	200	509	61,30	31 199,16
77	2	Brno, Královo Pole	221	531	21,80	11 577,48
78	3	Brno, Pisárky	204	547	86,25	47 178,16
82	4	Brumov (okres Blansko)	539	665	7,96	5 293,59
105	5	Bystré (okres Svitavy)	610	657	60,01	39 425,69
108	6	Bystřice nad Pernštejnem	554	651	109,55	71 318,65
124	7	Čebín	280	565	2,41	1 361,65
186	8	Dolní Lhota (okres Blansko)	280	610	1,57	956,51
190	9	Dolní Rožínka	506	614	78,57	48 244,24
225	10	Hamry (okres Chrudim)	605	764	19,73	15 075,98
390	11	Kněžves (okres Žďár nad Sázavou)	573	680	36,48	24 807,42
408	12	Košíkov	558	625	8,92	5 577,77
439	13	Křižanov (okres Žďár nad Sázavou)	526	666	39,68	26 424,23
446	14	Kunštát	458	669	86,03	57 552,47
449	15	Kuřim	291	576	44,74	25 772,73
492	16	Lísek, Viliamov	700	744	92,68	68 951,25
504	17	Lomnice (okres Blansko)	378	596	49,03	29 219,99
513	18	Lubná (okres Svitavy)	560	807	15,34	12 379,00
528	19	Lysice	365	617	100,50	62 010,16
556	20	Milovy	630	832	73,74	61 355,46
591	21	Nedvědice (okres Žďár nad Sázavou)	331	630	20,95	13 196,10
617	22	Nové město na Moravě	614	726	53,27	38 673,19
629	23	Olešnice (okres Blansko)	564	677	64,88	43 926,32
663	24	Paseky (okres Chrudim)	650	766	88,30	67 640,56
699	25	Polička	555	705	49,11	34 624,12
804	26	Skřínářov, Na rohách	595	656	8,98	5 891,50
890	27	Štěpánov nad Svratkou	340	605	1,76	1 064,01
902	28	Telecí	532	768	47,51	36 488,87
907	29	Tišnov	274	579	12,22	7 075,66
955	30	Velká Bíteš	494	645	0,41	266,64
968	31	Veverská Bítýška, Veverčí	277	559	5,92	3 307,86
980	32	Vojnův Městec	670	862	18,22	15 708,79
985	33	Vranov (okres Brno-venkov)	450	635	121,04	76 863,05
1014	34	Zastávka	340	564	48,81	27 528,67
1033	35	Žďár nad Sázavou	580	736	104,46	76 882,61
Součet (plochy povodí a plochy povodí vynásobený s Hz)					1 729,24	1 141 587,78
Aritmetický průměr stanic v povodí				639,73	Srážkový úhrn	660,17

Pozn. **tučně** jsou označeny stanice lokalizované přímo ve sledovaném povodí; barevně jsou odlišené nejvyšší, resp. nejnižší hodnoty v povodí či ve všech relevantních srážkoměrných stanic.

Zkoumaná problematika je však v rámci cvičení stanovení objemu srážek zkoumaného území **již v období 1900–1950** (alespoň v rámci prvních dvou metod). V tabulce výše si lze povšimnout veškerých podstatných dat, ze kterých jsou dopočítány úhrny srážek ve sledovaném povodí třemi odlišnými způsoby.

První metodou je aritmetický průměr povodí, ve kterém řeka Svratka protéká necelými 99 kilometry. Spočítá se podle jednoduchého vzorce:

$$\bar{x} = \frac{Hz_1 + Hz_2 + \dots + Hz_n}{n}$$

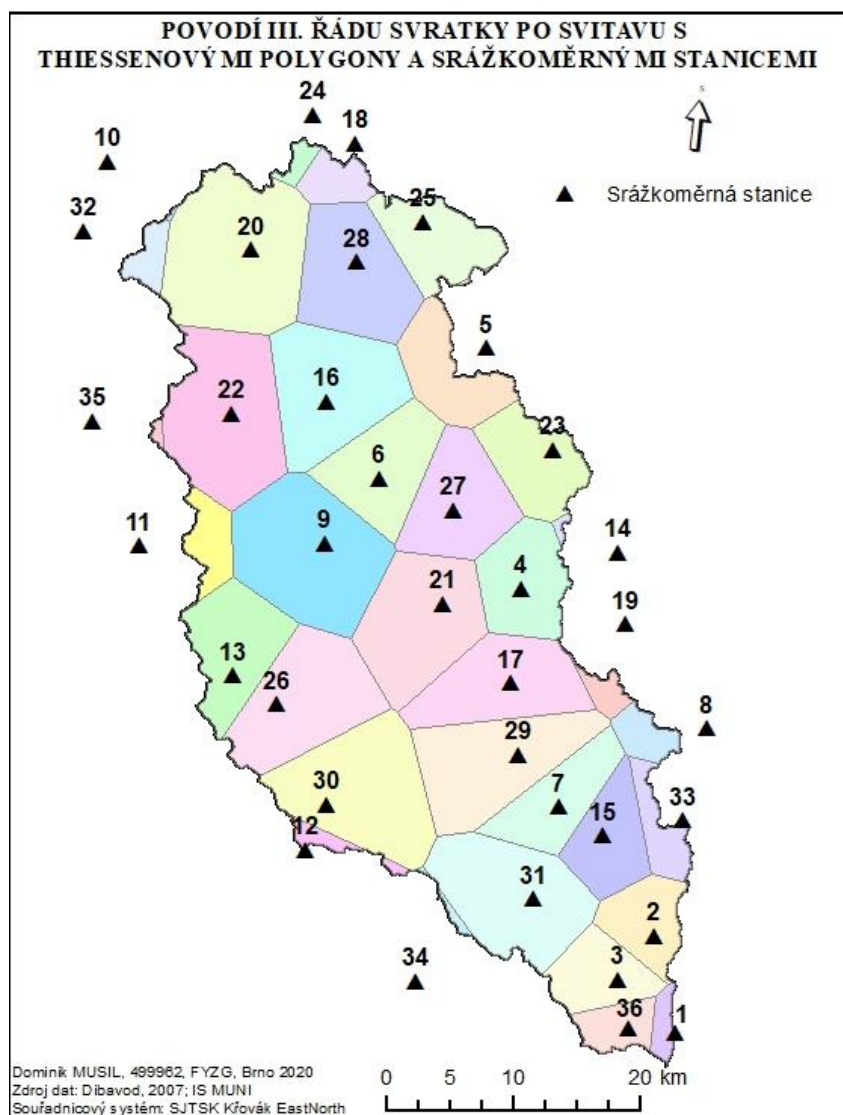
kde:

\bar{x} = aritmetický průměr srážkového úhrnu [mm]

Hz_1 až Hz_n = roční průměrný srážkový úhrn srážkoměrné stanice [mm]

n = počet srážkoměrných stanic v povodí

V případě povodí Svratky po Svitavu se nalézají 22 srážkoměrných stanic. Po dosazení vzorce vyjde nejprimitivnější metodou první výsledek průměrného ročního srážkového úhrnu, a to **639,73 mm** srážek za rok.



Obr. 4.: Povodí Svratky po Svitavu s Thiessenovými polygony a relevantními srážkoměrnými stanicemi

Propracovanější metoda Thiessenových polygonů, jejichž umístění v rámci povodí lze spatřit v obr. 4, se vypočítá následujícím vzorcem:

$$Hz = \frac{Hz_1 * F_1 + Hz_2 * F_2 + \dots + Hz_n * F_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}$$

kde:

Hz = vážený průměr srážkového úhrnu [mm]

Hz₁ až Hz_n = opět roční průměrný srážkový úhrn srážkoměrné stanice [mm]

F₁ až F_n = dílčí plochy povodí [km²]

n = počet srážkoměrných relevantních stanic

Po dosažení veškerých hodnot do vzorce již vychází druhý výsledek průměrného ročního srážkového úhrnu v povodí – **660,17 mm** srážek za rok. Tudíž značně více než v případě první metody. Ve výpočtu figuruje i 14 srážkoměrných stanic, které se nachází v těsné blízkosti zkoumaného povodí, pro zpřesnění výsledků.

Tab. 2.: Přehled ročních průměrných srážkových úhrnů na plochách mezi jednotlivými izohyetami v povodí Svratky po Svitavu

n	Hzi [mm]	Fi [km ²]	Hzi(n) * Fi(n)
1	875	0,08	73,96
2	825	107,58	88 754,01
3	775	176,02	136 412,04
4	675	39,44	26 624,44
5	575	4,44	2 553,89
6	675	357,55	241 347,47
7	575	85,81	49 339,96
8	625	494,63	309 145,84
9	575	330,17	189 846,58
10	725	133,52	96 800,80
Celková plocha povodí		1 729,25	1 140 898,99
Srážkový úhrn			659,77

V posledním řešeném způsobu, jak lze zjistit srážkový úhrn celého povodí, se využily izohyety. Jedná se o izolinie spojující místa se stejným úhrnem srážek. Přičemž vážený roční průměr srážkového úhrnu se vykreslí jako průměrná hodnota mezi dvěma izohyetami, které vymezují plochu (viz obr. 5.). Konkrétně:

$$Hz = \frac{Hz_{i1} * F_{i1} + Hz_{i2} * F_{i2} + \dots + Hz_{in} * F_{in}}{F_{i1} + F_{i2} + \dots + F_{in}}$$

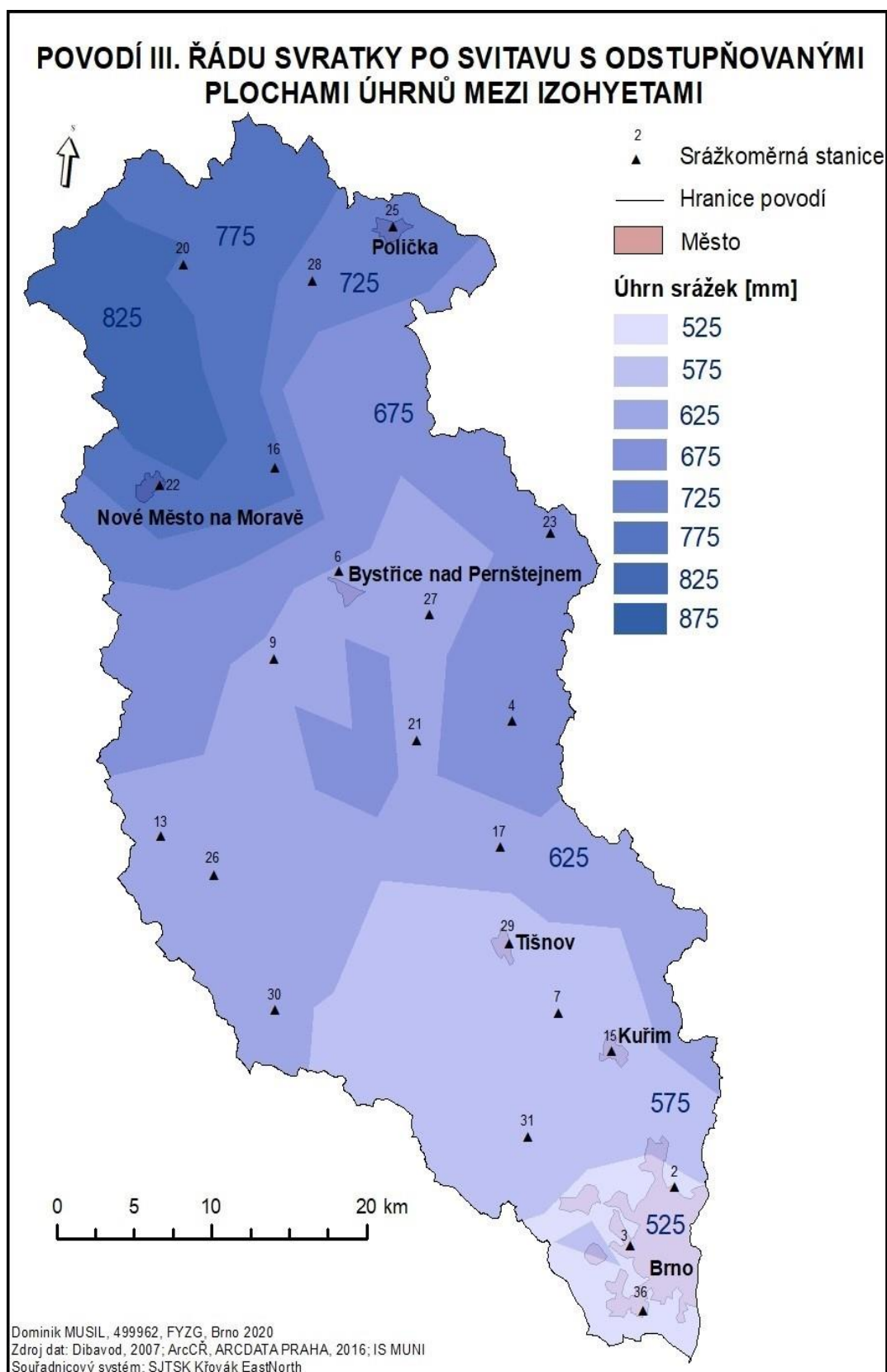
kde:

Hz = vážený průměr srážkového úhrnu [mm]

Hz_{i1} až Hz_{in} = roční průměrný srážkový úhrn na plochách mezi jednotlivými izohyetami [mm]

F_{i1} až F_{in} = plocha mezi izohyetami [km²]

n = počet ploch mezi izohyetami



Obr. 5.: Povodí Svatky po Svitavu na barevné škále jednotlivých ploch srážkových úhrnů mezi izohyetami

Na fakt, že se vkládají odlišné hodnoty, než v prvních dvou metodách (viz tab. 2) a nepracuje se v tomto případě s daty použité ze srážkoměrných stanic, je výsledek po dosazení do vzorce velice podobný tomu předchozímu, tedy **659,77 mm** srážek za rok. Nutné je ještě podotknout, že výsledná hodnota vychází pouze z vrstvy „izohyety“ (nahrané z IS MU), která obsahuje data pro blíže nespecifikované období.

Určil se průměrný srážkový úhrn povodí na **hodnotu 660 mm za rok** v rámci celého povodí. Dokazuje to i tabulka číslo 2, ze které lze zjistit úhrn srážek největších ploch – 625 a 675 mm/rok. Nejmenší území zahrnují nejextrémnější úhrny srážek. V celorepublikovém porovnání je hodnota spíše **podprůměrná**. Na hřebenech Krkonoš se hodnota pohybuje kolem 1 700 mm/rok, ve srážkovém stínu hor pouhých 450 mm/rok.⁸ Co to ale znamená? Jednoduše řečeno za celý rok na Přírodovědecké fakultě MUNI i v Novém Městě na Moravě spadne ročně právě tato hodnota. Výsledek 66 cm za celý rok se zdá málo, na každý den to vychází pouze kolem 1,8 mm. Ve skutečnosti ale neprší každý den. Za předpokladu, že zaprší jedenkrát týdně, by to dělalo již **12,6 mm za den**. To už by se mohlo řadit mezi déšť s vyšší intenzitou srážek.

Je potřeba zmínit, že kvůli značné variabilitě území povodí je také i **různá variabilita úhrnu srážek** a je nutné daný výsledek brát s nadhledem. Z obr. 5. je přehledně zaznačené, že větší úhrn srážek očekáváme v oblasti **vyšší nadmořské výšky** – pramene řeky Svratky na Vysočině či v Novém Městě na Moravě, kde se mimo jiné pravidelně konají biatlonové závody (předpokládá se tedy zdejší větší četnost sněhových srážek v zimním období). Na druhé straně v Brně ročně spadne nejméně srážek v celém povodí, a to až o 300 mm/rok (viz tab. č. 1), což je **o polovinu méně** v rámci jednoho povodí. Dá se předpokládat, že po proudu řeky Svratky jsou na území suché Jižní Moravy **ještě menší úhrny srážek**.

Velice zajímavé je sledování původních dat druhé a třetí metody. Například z obr. 5 je patrné, že na srážkoměrné stanici č. 20 napadne ročně kolem 775 mm. Z tabulky č. 1 zde ale napadne 832 mm (**rozdíl 57 mm**). Obdobně je tomu i u srážkoměrné stanici č. 22 v Novém Městě na Moravě (**rozdíl 49 mm**). Navíc s faktem, že data izohyet mohou pocházet z jiného období (nebylo blíže specifikováno), byl výsledek až překvapivě **podobný**. Důvodem může být **nízká variabilita srážek v dlouhodobém časovém měřítku** (na rozdíl od teplot vlivem globálního oteplování).

Závěr:

Ve vypracování se počítal průměrný roční srážkový úhrn povodí Svratky po Svitavu, které se rozprostírá dle administrativního členění na území Pardubického, Jihomoravského kraje a kraje Vysočina na 600 mm/rok. Přičemž výšková amplituda území je poměrně značných 581 metrů,⁹ což dokazuje i tvrzení, že se jedná o **povodí horního toku** řeky, kde obecně převažuje vydatnější sklon a **větší úhrn srážek**, aby mohl zásobovat rychleji proudící vodní tok.

Výsledek vyšel u metody aritmetického průměru o necelých 34 mm méně než u zbylých dvou metod. Je to z toho důvodu, že metoda **nezohledňuje** nadmořské výšky (**výškové**) či **prostorové umístění srážkoměrných stanic**. Hodnota značí průměrné hodnoty pouze 22 bodů, nikoliv 1 730 km². Pro hrubý odhad je dostačující, nikoliv však pro univerzitní účely.

U zbylých metod je poměrně složité určit, která je přesnější. Obě věrohodně zohledňují prostorovou variabilitu celého území. Důkazem jsou i podobné výsledky, které se lišily **pouze o 0,4 mm za rok**. U Thiessenových polygonů by mohla být nepřesná v případě menšího využití relevantních stanic v okolí. Na druhé straně u poslední použité metody se předpokládá konstantní přechod srážkových úhrnů mezi jednotlivými izohyetami. Nicméně i tento způsob je velice přesný, byť se v něm přímo nepracuje s daty ze srážkoměrných stanic.

Cvičení je důkazem, že i u relativně jednoduchého zjištění úhrnů srážek v povodí se nelze obejít bez programu ArcGIS.

⁸ MEZINÁRODNÍ KOMISE PRO OCHRANU LABE (2015): Labe, čtvrté největší povodí ve střední a západní Evropě, <https://www.ikse-mkol.org/cz/themen/labe/> (16. 10. 2020)

⁹ MARŠÁLKOVÁ, L. (2017): Klimatografie povodí Svratky a Svitavy. Seminární práce. MU PFF, Brno, s. 3. https://is.muni.cz/el/1431/podzim2017/Z0076/cviceni/seminarni-prace/opravene/Marsalkova_Lucie.pdf?lang=en (16. 10. 2020)

Přílohy:



Obr. 6.: Hráz Brněnské přehrady ze dne 16. 10. 2020 (zdroj: www.brnensky.denik.cz)



Obr. 7.: Vylité koryto řeky Svatky mezi Komárovem a Horními Heršpicemi ze dne 16. 10. 2020 (zdroj: www.brnensky.denik.cz)

Zdroje:

BÁRTA, J. (2015): Turisté jdou po historické zemské hranici. Urazí celkem 393 kilometrů, https://www.idnes.cz/jihlava/zpravy/turiste-jdou-po-historicke-zemske-hranici-mezi-cechami-a-moravou.A150617_165607_jihlava-zpravy_mv (16. 10. 2020)

ČHMÚ (2020): Detail stanice Brno–Poříčí, http://hydro.chmu.cz/hpps/hpps_prfdyn.php?seq=307205 (16. 10. 2020)

ČHMÚ (2020): Hlásná a předpovědní povodňová služba, http://hydro.chmu.cz/hpps/hpps_main.php (16. 10. 2020)

ČHMÚ (2020): Hydrologická povodí III. řádu, <http://hydro.chmi.cz/ismnozstvi/ciselnik.php?t=L&id=hlgp&ordrstr=NM&startpos=90&recnum=30> (16. 10. 2020)

HIRTOVÁ, K. (2015): Brněnská přehrada. Bakalářská práce. Mendelova univerzita, Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií, Brno, s. 21. https://theses.cz/id/yy76ye/zaverecna_prace.pdf (16. 10. 2020)

IS.MUNI (2020): Studijní materiály předmětu Z0059 Hydrologie, <https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2020/Z0059/um/> (14.10.2020)

MARŠÁLKOVÁ, L. (2017): Klimatografie povodí Svatky a Svitavy. Seminární práce. MU PřF, Brno, s. 3. https://is.muni.cz/el/1431/podzim2017/Z0076/cviceni/seminarni-prace/opravene/Marsalkova_Lucie.pdf?lang=en (16. 10. 2020)

MEZINÁRODNÍ KOMISE PRO OCHRANU LABE (2015): Labe, čtvrté největší povodí ve střední a západní Evropě, <https://www.ikse-mkol.org/cz/themen/labe/> (16. 10. 2020)

VÚV TGM (2007): Hydrologické členění – povodí III. řádu, <https://www.dibavod.cz/index.php?id=27> (14. 10. 2020)

WANDER BOOK (2020): CZ-792 Devět skal, <https://cs.wander-book.com/devet-skal-m675.htm> (16. 10. 2020)

Obrázkové zdroje:

Obr. 1.: MLADÍ OCHRÁNCI PŘÍRODY (2013): Pramen Svatky, <https://www.estudanky.eu/6768-pramen-svatky> (17. 10. 2020)

Obr. 2.: SAMUEL, P. (2019): Soutok Svatky a Svitavy, <https://www.turistika.cz/mista/soutok-svatky-a-svitavy/detail> (17. 10. 2020)

Obr. 3. a 4.: HRABAL, M. (2020): Svatka prýští z přehrady, Svitava se vylila. Podívejte se, jak Brnem valí voda, https://brnensky.denik.cz/zpravy_region/podivejte-se-jak-se-brnem-vali-voda-svitava-se-vylila-az-na-silnici-20201016.html (17. 10. 2020)