

METEOROLOGIE A KLIMATOLOGIE

Klimatické indexy

ZADÁNÍ

Popsat polohu zadaných stanic a vypsát roční chod teploty vzduchu a srážek pro každou z nich. Z těchto ročních chodů teplot vzduchu a srážek početně i graficky vyjádřit následující charakteristiky:

1. Pluviometrický koeficient (hodnocení ročního rozdělení srážek)
2. Hodnocení kontinentality/oceanity klimatu
 - Index termické kontinentality
 - Index ombrické kontinentality
 - Doba polovičních srážek (srážkový poločas)
 - Poloha těžiště srážek

VYPRACOVÁNÍ

Meteorologická stanice *Zugspitze* leží na vrcholu stejnojmenné hory. Ta se rozkládá na hranicích mezi německým Bavorskem a rakouským Tyrolskem. Samotná stanice však leží na německé straně této hraniční hory. Vrchol *Zugspitze* je nejvyšším v Německu a jeho nadmořská výška činí 2 962 m. n. m. (nadmořská výška stanice je 2 937 m. n. m.). Vrchol pokrývá již pouhý 30-ti hektarový ledovec *Schneeferner*. (Bavorsko; 2009).

Na jednom z ostrovů na severu Norska, za Severním polárním kruhem, se nachází další ze stanic, a to *Tromsø – Langnes*. Tato meteorologická stanice leží v nadmořské výšce pouhých 10 metrů nad hladinou moře a je součástí tamního letiště (WeatherOnline; 2016).

Podobně jako předešlá meteorologická stanice, i stanice ve městě *Cork*, rozkládající se na jihu Irska, je součástí letiště. Stanice *Cork Airport* se jako jediná z daných meteorologických stanic nachází na západní polokouli a v nadmořské výšce 154 m. n. m. (WeatherOnline; 2016).

Tab. 1: Průměrné měsíční hodnoty teploty vzduchu [°C] na daných stanicích mezi roky 1961 - 1990

| Stanice | Měsíc | | | | | | | | | | | | I-XII |
|-------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| <i>Zugspitze</i> | -11,2 | -11,4 | -10,2 | -7,5 | -3,1 | -0,1 | 2,2 | 2,2 | 0,5 | -2,1 | -7,1 | -9,7 | -4,8 |
| <i>Tromsø - Langnes</i> | -3,8 | -3,7 | -2,3 | 0,7 | 5,1 | 9,2 | 11,8 | 10,9 | 6,9 | 3,2 | -0,6 | -2,7 | 2,9 |
| <i>Cork Airport</i> | 5,3 | 5,1 | 6,2 | 7,6 | 10,0 | 12,8 | 14,6 | 14,3 | 12,6 | 10,3 | 7,3 | 6,2 | 9,4 |

Zdroj: Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990. WMO, Geneva, 1996, 768 s.

Tab. 2: Průměrné měsíční množství srážek [mm] na daných stanicích mezi roky 1961 - 1990

| Stanice | Měsíc | | | | | | | | | | | | Σ | | |
|-------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I-XII | IV-IX | X-III |
| Zugspitze | 189 | 154 | 186 | 199 | 172 | 185 | 183 | 170 | 115 | 109 | 158 | 184 | 2004 | 1024 | 980 |
| Tromsø - Langnes | 92 | 86 | 69 | 61 | 46 | 55 | 73 | 79 | 100 | 129 | 105 | 105 | 1000 | 414 | 586 |
| Cork Airport | 148 | 115 | 97 | 70 | 84 | 68 | 65 | 90 | 97 | 126 | 109 | 136 | 1205 | 474 | 731 |

Zdroj: Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990. WMO, Geneva, 1996, 768 s.

1. PLUVIOMETRICKÝ KOEFICIENT

Pomocí pluviometrického koeficientu lze posoudit vydatnost srážek srovnáním skutečného úhrnu srážek za daný měsíc s rovnoměrným rozložením srážek. Znění vzorce je:

$$K_p = \frac{r_i}{\frac{R}{12}}, \text{ kde}$$

K_p – pluviometrický koeficient

r_i – měsíční úhrn srážek i -tého měsíce v roce [mm]

R – roční úhrn srážek [mm] - Σ s (I – XII)

Příklady výpočtů pluviometrických koeficientů pro I. měsíc:

Zugspitze:
$$K_p = \frac{189}{\frac{2004}{12}} = \frac{189}{167} = 1,13173653 \doteq \underline{1,13}$$

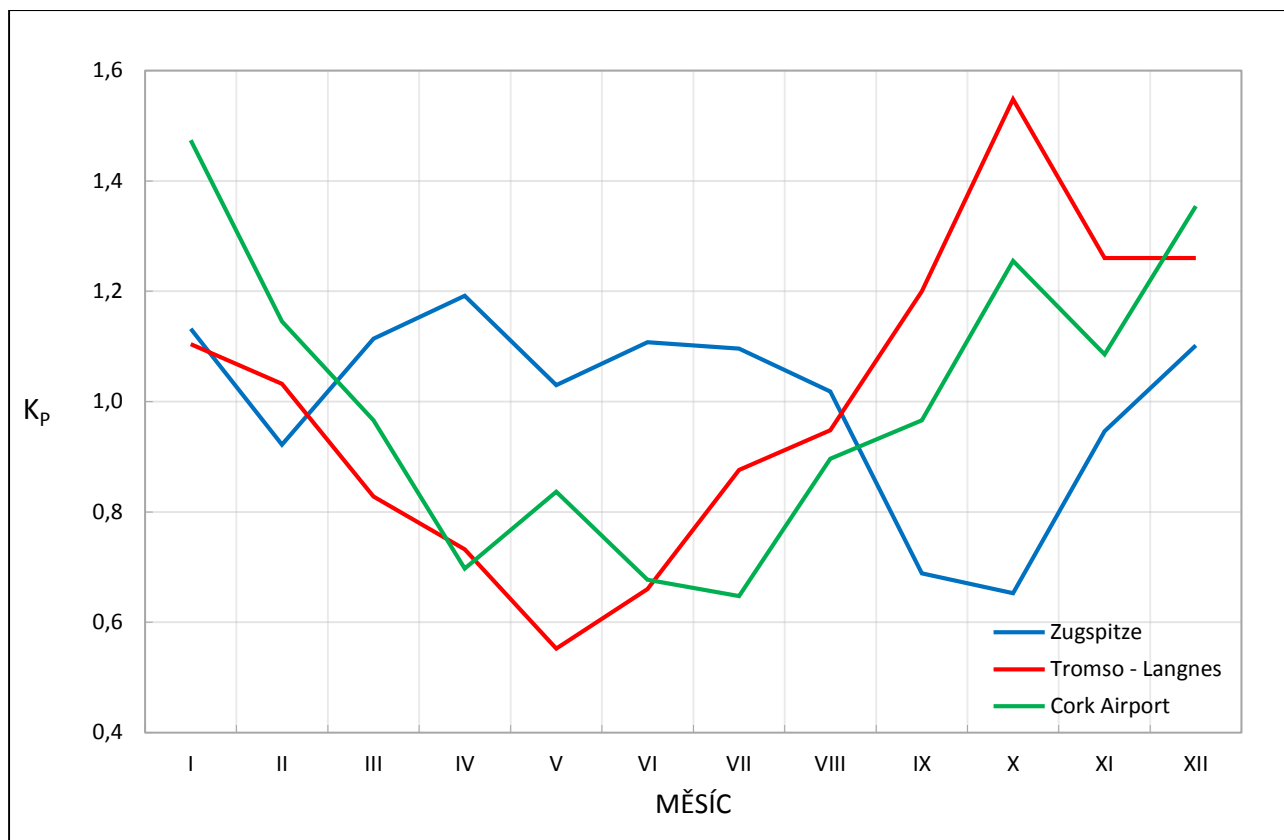
Tromsø – Langnes:
$$K_p = \frac{92}{\frac{1000}{12}} = \frac{92}{83,34} = 1,103911687 \doteq \underline{1,10}$$

Cork Airport:
$$K_p = \frac{148}{\frac{1205}{12}} = \frac{148}{100,42} = 1,473809998 \doteq \underline{1,47}$$

Tab. 3: Hodnoty pluviometrického koeficientu daných stanic mezi roky 1961 - 1990

| Stanice | Měsíc | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Zugspitze | 1,13 | 0,92 | 1,11 | 1,19 | 1,03 | 1,11 | 1,10 | 1,02 | 0,69 | 0,65 | 0,95 | 1,10 |
| Tromsø - Langnes | 1,10 | 1,03 | 0,83 | 0,73 | 0,55 | 0,66 | 0,88 | 0,95 | 1,20 | 1,55 | 1,26 | 1,26 |
| Cork Airport | 1,47 | 1,15 | 0,97 | 0,70 | 0,84 | 0,68 | 0,65 | 0,90 | 0,97 | 1,25 | 1,09 | 1,35 |

Zdroj: Vlastní zpracování hodnot z Tab. 2



Obr. 1: Grafické znázornění hodnot pluviometrického koeficientu daných stanic mezi roky 1961 - 1990

Zdroj: Vlastní zpracování hodnot z Tab. 2

V případě, že je hodnota pluviometrického koeficientu menší nežli jedna ($K_p < 1$), jedná se o srážkově podprůměrný měsíc. Pokud je měsíc nadprůměrně srážkově vydatný, je hodnota tohoto koeficientu větší nežli jedna ($K_p > 1$).

Na meteorologické stanici Zugspitze jsou srážkově podprůměrnými podzimní měsíce (září, říjen, listopad) a měsíc únor. Naopak nejvíce nadprůměrným je měsíc duben, jehož pluviometrický koeficient činí 1,19.

Největší amplituda pluviometrického koeficientu je na stanici Tromsø – Langnes. Měsícem s největší hodnotou daného koeficientu je říjen ($K_p = 1,55$), s nejmenší potom květen ($K_p = 0,55$).

Nejnižší pluviometrický koeficient na stanici Cork Airport mají měsíce červen a červenec ($K_p \leq 0,70$). Nejvyšší hodnoty potom daný koeficient nabývá v měsících leden a prosinec ($K_p \geq 1,35$).

Z výše uvedených výpočtů (viz Tab. 3) a grafu (viz Obr. 1) lze vidět, že stanice Tromsø – Langnes a Cork Airport mají téměř podobné hodnoty daného koeficientu. Jarní a letní měsíce jsou z hlediska vydatnosti srážek podprůměrné a měsíce podzimní a zimní naopak nadprůměrné. Stanice Zugspitze se od předešlých dvou zmíněných stanic liší zejména v tom, že měsíce s největší srážkovou vydatností jsou právě od března do srpna.

2. HODNOCENÍ KONTINENTALITY / OCEANITY KLIMATU

2.1. Index termické kontinuality

Pomocí indexu termické kontinuality, který vychází ze zeměpisné šířky [$^{\circ}$] a průměrné roční amplitudy teploty vzduchu [$^{\circ}\text{C}$] na konkrétních stanicích, lze určit sílu kontinuality, tedy jak silný vliv má na danou oblast oceán či pevnina. Průměrná roční amplituda teploty vzduchu je rozdíl mezi teplotou nejteplejšího a nejchladnějšího měsíce v daném období. Index termické kontinuality, jinak také Gorczyńského vzorec, je vyjádřen:

$$K = \frac{1,7}{\sin \varphi} \cdot (A - 12 \cdot \sin \varphi), \text{ kde}$$

K – termická kontinualita [%]

φ - zeměpisná šířka [$^{\circ}$]

A – průměrná roční amplituda teploty [$^{\circ}\text{C}$]

Příklady výpočtů indexů termické kontinuality pro dané stanice:

Zugspitze: $A = \text{VII}/\text{VIII} - \text{II} = 2,2 - (-11,4) = 13,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned} K &= \frac{1,7}{\sin 47^{\circ}25'} \cdot (13,6 - 12 \cdot \sin 47^{\circ}25') = \frac{1,7}{0,7363} \cdot (13,6 - 12 \cdot \\ 0,7363) &= \frac{1,7}{0,7363} \cdot (13,6 - 8,8356) = \frac{1,7}{0,7363} \cdot 4,7644 = \\ 11,0002447 &\doteq \underline{11,0 \%} \end{aligned}$$

Tromsø – Langnes: $A = \text{VII} - \text{I} = 11,8 - (-3,8) = 15,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned} K &= \frac{1,7}{\sin 69^{\circ}41'} \cdot (15,6 - 12 \cdot \sin 69^{\circ}41') = \frac{1,7}{0,9378} \cdot (15,6 - 12 \cdot \\ 0,9378) &= \frac{1,7}{0,9378} \cdot (15,6 - 11,2536) = \frac{1,7}{0,9378} \cdot 4,3464 = \\ 7,878950736 &\doteq \underline{7,9 \%} \end{aligned}$$

Cork Airport: $A = \text{VII} - \text{II} = 14,6 - 5,1 = 9,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned} K &= \frac{1,7}{\sin 51^{\circ}51'} \cdot (9,5 - 12 \cdot \sin 51^{\circ}51') = \frac{1,7}{0,7864} \cdot (9,5 - 12 \cdot 0,7864) \\ &= \frac{1,7}{0,7864} \cdot (9,5 - 9,4368) = \frac{1,7}{0,9378} \cdot 0,0632 = 0,1366225839 \doteq \underline{0,1 \%} \end{aligned}$$

Tab. 4: Hodnoty zeměpisných šířek [°], průměrných ročních amplitud teploty vzduchu [°C] a z nich vyplývající indexy termické kontinentality [%] pro dané stanice mezi roky 1961 - 1990

| Stanice | φ | A | K |
|-------------------------|--------------|------|------|
| Zugspitze | 47°25' s. š. | 13,6 | 11,0 |
| Tromsø - Langnes | 69°41' s. š. | 15,6 | 7,9 |
| Cork Airport | 51°51' s. š. | 9,5 | 0,1 |

Zdroj: Vlastní zpracování hodnot z Tab. 1

Podle výpočtů indexů termické kontinentality je klima na všech daných stanicích oceánického typu, jelikož se hodnota indexů pohybuje mezi 0 – 11 %.

2.2 Index ombrické kontinentality

Druhý z indexů kontinentality, index ombrické kontinentality, určuje taktéž ovlivnění klimatu oceánem či pevninou, na rozdíl však od předešlého koeficientu, z hlediska srážek. K výpočtu tohoto koeficientu byl použit vzorec podle Hruďičky, a to:

$$k = \frac{12 \cdot (l - 35)}{\sqrt{s_z}}, \text{ kde}$$

k – ombrická kontinentalita [%]

l – srážky teplého pololetí (IV – IX) v % ročního úhrnu

s_z – absolutní množství srážek chladného pololetí (X – III) [mm]

Vzorec pro výpočet množství srážek teplého pololetí (IV – IX) v % ročního úhrnu:

$$l = \frac{\sum s (IV - IX)}{s_r} \cdot 100, \text{ kde}$$

s_r – roční úhrn srážek [mm]

Příklady výpočtů indexů ombrické kontinentality pro dané stanice:

Zugspitze: $l = \frac{1024}{2004} \cdot 100 = 51,09780439 \doteq \underline{51,1 \%}$

$$k = \frac{12 \cdot (51,1 - 35)}{\sqrt{980}} = \frac{12 \cdot 16,1}{31,30495168} = \frac{193,2}{31,30495168} = 6,171547619 \doteq \underline{6,17 \%}$$

$$\text{Tromsø - Langnes: } l = \frac{414}{1000} \cdot 100 \doteq \underline{41,4 \%}$$

$$k = \frac{12 \cdot (41,4 - 35)}{\sqrt{586}} = \frac{12 \cdot 6,4}{24,20743687} = \frac{76,8}{24,20743687} = 3,172578758 \doteq \underline{3,17 \%}$$

$$\text{Cork Airport: } l = \frac{474}{1205} \cdot 100 = 39,33609959 \doteq \underline{39,3 \%}$$

$$k = \frac{12 \cdot (39,3 - 35)}{\sqrt{731}} = \frac{12 \cdot 4,3}{27,03701167} = \frac{51,6}{27,03701167} = 1,908494941 \doteq \underline{1,91 \%}$$

Tab. 5: Sumy měsíčních hodnot množství srážek [mm] a z nich vyplývající indexy ombrické kontinentality [%] pro dané stanice mezi roky 1961 - 1990

| Stanice | Sr [mm] | ΣS (IV - IX) | Sz [mm] | l [%] | k [%] |
|-------------------------|---------|--------------|---------|-------|-------|
| Zugspitze | 2004 | 1024 | 980 | 51,10 | 6,17 |
| Tromsø - Langnes | 1000 | 414 | 586 | 41,40 | 3,17 |
| Cork Airport | 1205 | 474 | 731 | 39,34 | 1,91 |

Zdroj: Vlastní zpracování hodnot z Tab. 2

Hodnoty indexů ombrické kontinentality se pohybují taktéž pouze v rozmezí 0 – 10 %, což svědčí o oceánském typu klimatu na všech daných stanicích.

2.2. Doba polovičních srážek (srážkový poločas)

Doba polovičních srážek neboli srážkový poločas je doba (v měsících), za kterou na daném území spadne právě polovina srážek ročního úhrnu.

Příklady výpočtů doby polovičních srážek pro dané stanice:

Zugspitze:

$$s_r = 2004 \text{ mm } (s_r/2 = 1002 \text{ mm})$$

$$IV + V + VI + VII + VIII = 199 + 172 + 185 + 183 + 170 = 909 \text{ mm}$$

$$1002 - 909 = 93 \text{ mm}$$

$$VII = 115 \text{ mm}$$

$$\frac{93}{115} \cdot 100 = \frac{9300}{115} = 80,87 \% \doteq \underline{81 \%}$$

Doba polovičních srážek: 5,81 měsíce

Tromsø – Langnes:

$$s_r = 1000 \text{ mm } (s_r/2 = 500 \text{ mm})$$

$$\text{IV} + \text{V} + \text{VI} + \text{VII} + \text{VIII} + \text{IX} = 61 + 46 + 55 + 73 + 79 + 100 = 414 \text{ mm}$$

$$500 - 414 = 86 \text{ mm}$$

$$X = 129 \text{ mm}$$

$$\frac{86}{129} \cdot 100 = \frac{8600}{129} = 66,67 \% \doteq \underline{67 \%}$$

Doba polovičních srážek: 6,67 měsíce

Cork Airport:

$$s_r = 1205 \text{ mm } (s_r/2 = 602,5 \text{ mm})$$

$$\text{IV} + \text{V} + \text{VI} + \text{VII} + \text{VIII} + \text{IX} + \text{X} = 70 + 84 + 68 + 65 + 90 + 97 + 126 = 600 \text{ mm}$$

$$602,5 - 600 = 2,5 \text{ mm}$$

$$\text{XI} = 109 \text{ mm}$$

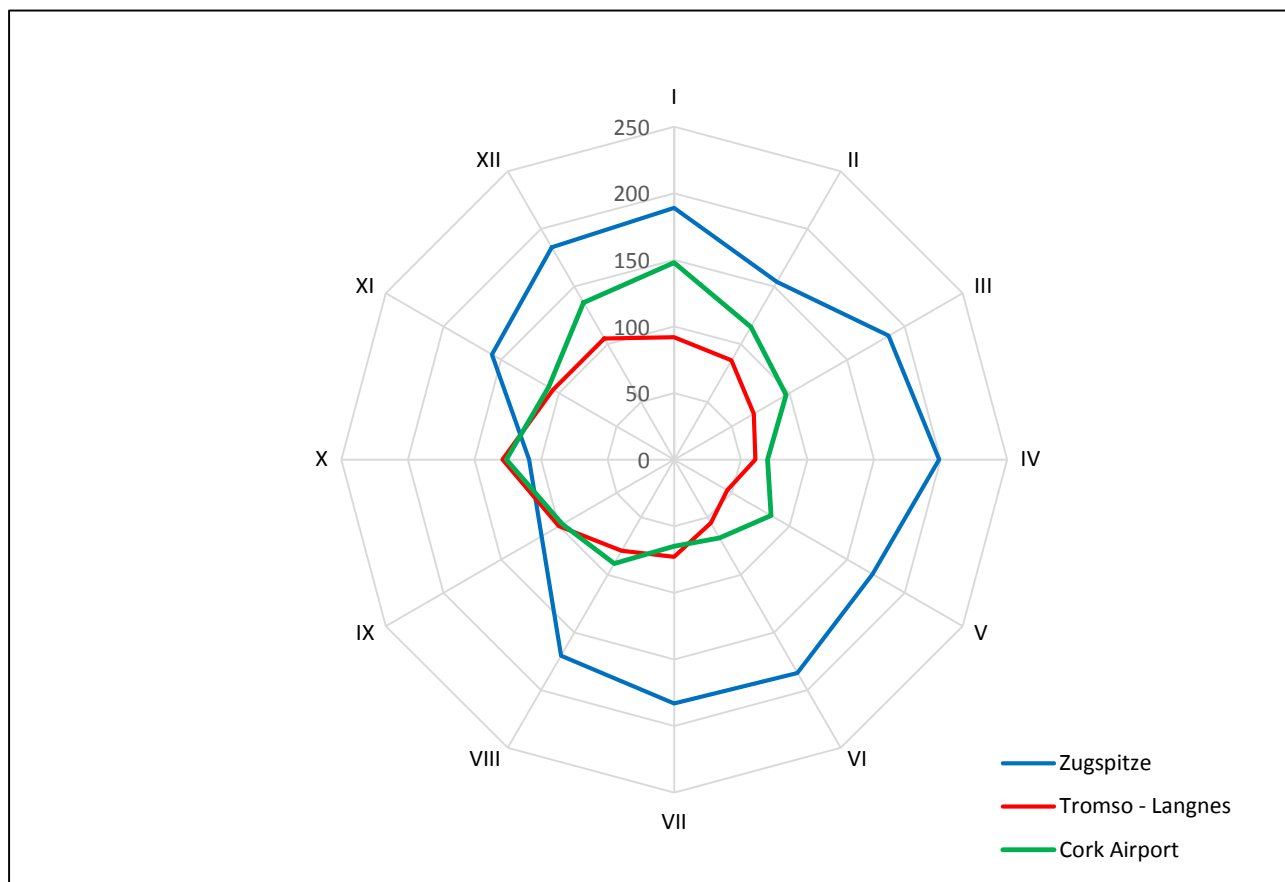
$$\frac{2,5}{109} \cdot 100 = \frac{250}{109} = 2,29 \% \doteq \underline{2 \%}$$

Doba polovičních srážek: 7,02 měsíce

Při srovnání indexů ombrické kontinentality s dobou polovičních srážek jednotlivých meteorologických stanic lze tvrdit, že se tato doba s rostoucím indexem ombrické kontinentality snižuje. Přímořská stanice Tromsø – Langnes má nejvyšší dobu polovičních srážek z daných stanic, a to 7,02 měsíce. Stanice Cork Airport, která se nachází již ve vyšší nadmořské výšce nežli stanice Tromsø – Langnes, má dobu polovičních srážek o něco menší (6,67 měsíce). Vysokohorská stanice Zugspitze, která je zcela specifická svoji polohou, má nejmenší dobu polovičních srážek (5,81 měsíce). Žádná z uvedených stanic nemá typické kontinentální klima.

2.3. Poloha těžiště srážek

Měsíční srážkové úhrny jsou rozděleny souměrně po obvodu kružnice v jednotkovém poloměru, což ukazuje paprskový graf níže (viz Obr. 2).



Obr. 2: Paprskový graf rozložení ročních chodů srážek na daných stanic mezi roky 1961 -1990

Zdroj: Vlastní zpracování hodnot z Tab. 2

Vzorec pro výpočet souřadnic těžiště srážek:

$$x = \frac{0,5 \cdot (II + VI - VIII - XII) + 0,866 \cdot (III + V - IX - XI) + IV - X}{s}$$

$$y = \frac{0,5 \cdot (III - V - IX + XI) + 0,866 \cdot (II - VI - VIII + XII) + I - VII}{s}, \text{ kde}$$

x, y – souřadnice těžiště srážek

s – roční úhrn srážek [mm]

I, II, \dots, XII – úhrny srážek v jednotlivých měsících

Příklad výpočtu souřadnic těžiště srážek pro stanici Zugspitze:

$$x = \frac{0,5 \cdot (154 + 185 - 170 - 184) + 0,866 \cdot (186 + 172 - 115 - 158) + 199 - 109}{2004} =$$

$$\frac{0,5 \cdot (-15) + 0,866 \cdot 85 + 90}{2004} = \frac{-7,5 + 73,61 + 90}{2004} = \frac{156,11}{2004} \doteq \underline{0,07790}$$

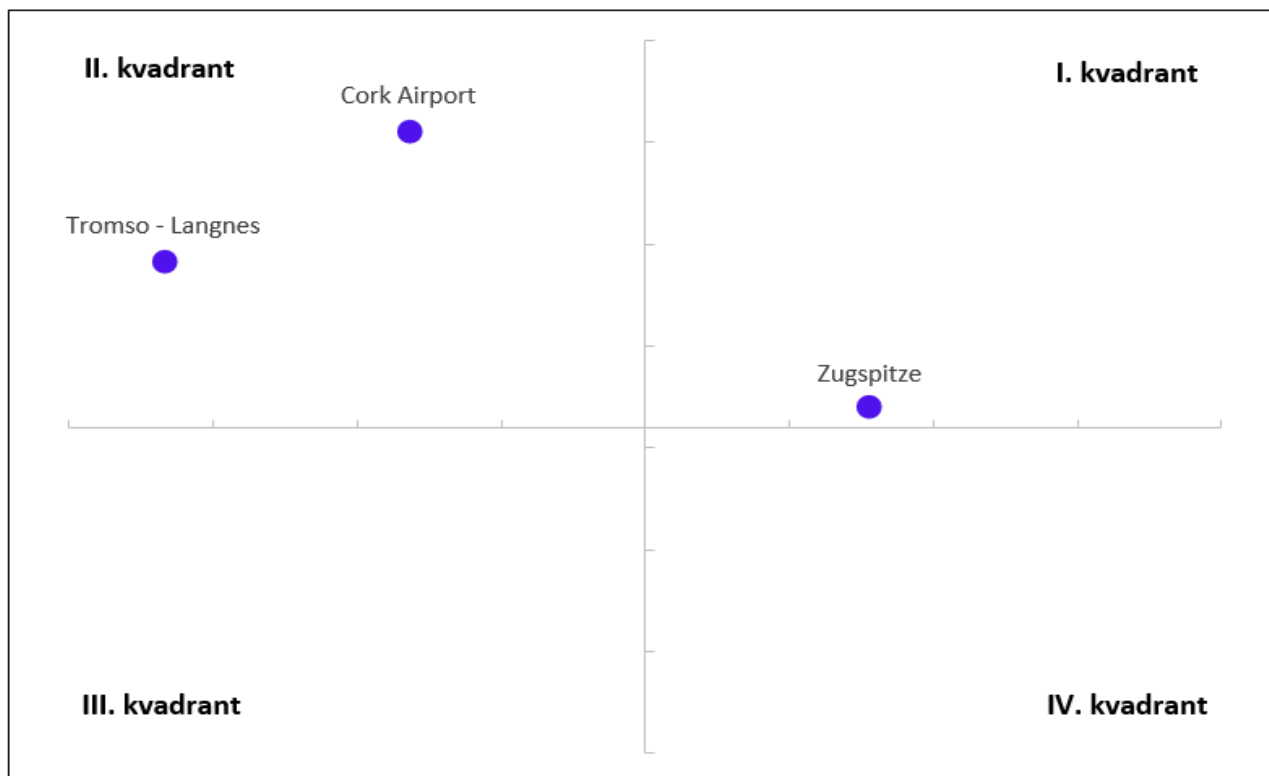
$$y = \frac{0,5 \cdot (186 - 172 - 115 + 158) + 0,866 \cdot (154 - 185 - 170 + 184) + 189 - 183}{2004} =$$

$$\frac{0,5 \cdot 57 + 0,866 \cdot (-17) + 6}{2004} = \frac{28,5 - 14,722 + 6}{2004} = \frac{19,778}{2004} \doteq \underline{0,00987}$$

Tab. 6: Hodnoty souřadnic těžiště srážek daných stanic mezi roky 1961 - 1990

| Stanice | x | y |
|------------------------|----------|---------|
| <i>Zugspitze</i> | 0,07790 | 0,00987 |
| <i>Tromø - Langnes</i> | -0,16744 | 0,08236 |
| <i>Cork Airport</i> | -0,08228 | 0,14609 |

Zdroj: Vlastní zpracování hodnot z Tab. 2



Obr. 4: Grafické znázornění polohy těžiště srážek daných stanic mezi roky 1961 - 1990

Zdroj: Vlastní zpracování hodnot z Tab. 2

Podle rozložení stanic v grafu (viz Obr. 3) lze určit typ klimatu. I. kvadrant symbolizuje středomořský a vysokohorský typ klimatu, což odpovídá stanici Zugspitze. Ve druhém kvadrantu se nachází stanice, jejichž podnebí má oceánický typ. Těmito stanicemi jsou Tromsø – Langnes a Cork Airport. III. kvadrant by odpovídal kontinentálnímu a přechodnému klimatu. Poslední IV. kvadrant by potom zahrnoval stanice s teplým kontinentálním klimatem. Do těchto dvou zbylých kvadrantů nepatří žádná ze stanic, proto se zcela vylučuje, že by některá z nich ležela v kontinentálním typu klimatu.

Tab. 7: Hodnocení kontinentality klimatu

| Stanice | Index termické kontinentality [%] | Index ombrické kontinentality [%] | Doba polovičních srážek [měsíc] | Poloha těžiště srážek | Klima |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------|
| <i>Zugspitze</i> | 11,0 | 6,17 | 5,81 | I. kvadrant | vysokohorské |
| <i>Tromsø - Langnes</i> | 7,9 | 3,17 | 6,67 | II. kvadrant | oceánské |
| <i>Cork Airport</i> | 0,1 | 1,92 | 7,02 | II. kvadrant | oceánské |

Zdroj: Zhodnocení výsledků z Tab. 1 - 6

ZÁVĚR

Po výše provedených výpočtech je možné provést srovnání daných stanic, kterými jsou Zugspitze (Německo), Tromsø – Langnes (Norsko) a Cork Airport (Irsko). Při prvotním popisu polohy stanic bylo zjištěno, že norská stanice Tromsø – Langnes leží bezprostředně u moře. Podobná situace je i v irském městě Cork, kde se meteorologická stanice nachází 154 m. n. m. avšak na ústí řeky Lough Mahon do Keltského moře (Atlantského oceánu). Obě dvě výše zmíněné stanice leží v oblastech silně ovlivňovaných teplými mořskými proudy. Na podnebí Irska má vliv teplý Severoatlantský proud a na Norsko zase teplý Norský proud. Poslední z daných stanic, a to Zugspitze, je specifická svojí vysokohorskou polohou v německých Alpách.

Výpočty pluviometrických koeficientů upozorňují na jistou podobnost přímořských stanic Tromsø – Langnes a Cork Airport, kde jsou nejvíce srážkově vydatnými zimní měsíce. Stanice Zugspitze má opačný režim ročního chodu srážek. V zimě na území Alp míří západní cyklonální situace s jižní dráhou, ta se nasouvá na horskou překážku, tedy Alpy, vzduch se ochlazuje a kondenzuje, což přispívá k tvorbě srážek (sněhu).

Při hodnocení kontinentality byly využity indexy kontinentality. Dle výpočtů by u všech daných meteorologických stanic měl převládat oceánický typ klimatu, ačkoliv německá stanice Zugspitze má zcela vnitrozemskou polohu. Pro další ověření byly vypočteny doby polovičních srážek a souřadnice těžiště srážek. Doba polovičních srážek neboli srážkový poločas je nepřímo úměrná indexu ombrické kontinentality, tedy čím menší doba polovičních srážek, tím větší index ombrické kontinentality. Nejvyšší hodnotu srážkového poločasu má stanice Cork Airport. Nejmenší naopak Zugspitze. Podle této charakteristiky by byla jediná stanice s typickým oceánickým podnebím právě Cork Airport.

Vypočtením souřadnic těžiště srážek bylo možné zakreslit stanice do grafu (viz Obr.3). Z tohoto grafu vyplývá, že stanice nacházející se ve II. kvadrantu mají ryze oceánický typ klimatu a jsou jimi Tromsø – Langnes a Cork Airport. Oproti tomu stanice nacházející se v I. kvadrantu jsou buď středomořského, nebo vysokohorského typu klimatu, což odpovídá stanici Zugspitze.

ZDROJE

WMO (1996): Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990. Geneva, 768 s.

Bavorsko [online]. [cit. 2016-10-2]. Dostupný z: <http://bavorsko.i kn.cz/>

WeatherOnline: Tromso – Langnes [online]. [cit. 2016-10-2]. Dostupný z: <http://www.weatheronline.co.uk/weather/maps/current?LANG=sk&WMO=01025&TIME=all&CONT=euro&R=310&LEVEL=140®ION=0004&LAND=NO&NOREGION=1>

WeatherOnline: Cork [online]. [cit. 2016-10-2]. Dostupný z: <http://www.weatheronline.co.uk/weather/maps/city?LANG=en&CEL=C&SI=mph&MAPS=over&CONT=euro&LAND=IE®ION=0003&WMO=03955&UP=0&R=0&LEVEL=180&NOREGION=1>