

Meteorologie a klimatologie

cvičení č. 1

KLIMATOLOGICKÉ INDEXY

1. ZADÁNÍ

Vypočtete pro vámi vybrané 3 meteorologické stanice následující klimatologické indexy (dále jen klimateindexy): Pluviometrický koeficient, Index termické kontinentality, Index omrbrické kontinentality, Dobu polovičních srážek a Roční těžiště srážek. Všechny klimateindexy krátce popište. Dále zhodnoťte jejich výsledky a pro každou stanici rozhodněte, zda leží v oceánickém či kontinentálním klimatu. Vstupní hodnoty čerpejte ze zdroje: *Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990. WMO, Geneva, 1996, 768 s.*, který je nahrán ve studijních materiálech.

2. VYPRACOVÁNÍ

2.1. Úvod

V tomto cvičení byly vypočítávány klimatické indexy pro tyto stanice: Kasprowy Wierch, Tíree a Zhytomyr. Stanice Kasprowy Wierch je umístěná na stejnojmenném vrchu v Západních Tatrách v Polsku (Tatry Zachodnie) ve výšce téměř 2 km nad mořem (přesněji 1985 m n. m.⁴). Spolu s okolními vrchy tvoří významnou překážku pro proudící vzduch. Bude se zde tedy pravděpodobně uplatňovat poměrně silný návětrný efekt. A to i přesto, že se Kasprowy Wierch nachází ve východní části Západních Tater (při hranicích s Vysokými Tatrami), kde by mohl být návětrný efekt zákonitě slabší (při převládajícím západním proudění). Je však nutné si uvědomit, že hora Kasprowy Wierch leží na severní výspě Tater, která takto „vybíhá“ z hlavního hřebene Tater, jenž se táhne západovýchodním směrem a je tak plně vystavena tomuto efektu. Bude tedy docela těžké rozhodnout, o jaký typ klimatu se zde jedná.

Stanice Tíree, nacházející se na stejnojmenném ostrově patřící k souostroví Vnitřní Hebridy, leží pouhých 9 m n. m.² Ostrov je plně vystaven působení Atlantského oceánu, jež bude zabezpečovat poměrně stále vlhké klima zejména v zimním období. I díky poměrně stálé tlakové níže nad Islandem. Ačkoliv v létě zde bude působit vysouvající se Azorská tlaková výše, je zde předpoklad, že výsledky všech koeficientů budou jednoznačně ukazovat na oceánické klima.

Poslední zkoumanou stanicí je ukrajinský Zhytomyr ležící asi 150 km západně od Kyjeva v nadmořské výšce 224 m³. Oproti stanici Tíree zde již budu předpokládat kontinentální klima. V zimních měsících zde bude patrný vliv Sibiřské tlakové výše. V létě zde ale naopak bude vyznívat vliv Íránské tlakové níže tlumený výběžky vysokého tlaku vzduchu Azorské případně polární tlakové výše. Základní teplotní a srážková charakteristika všech tří stanic je uvedena v tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1 – Průměrné měsíční teploty [°C] na vybraných stanicích v období 1961–1990

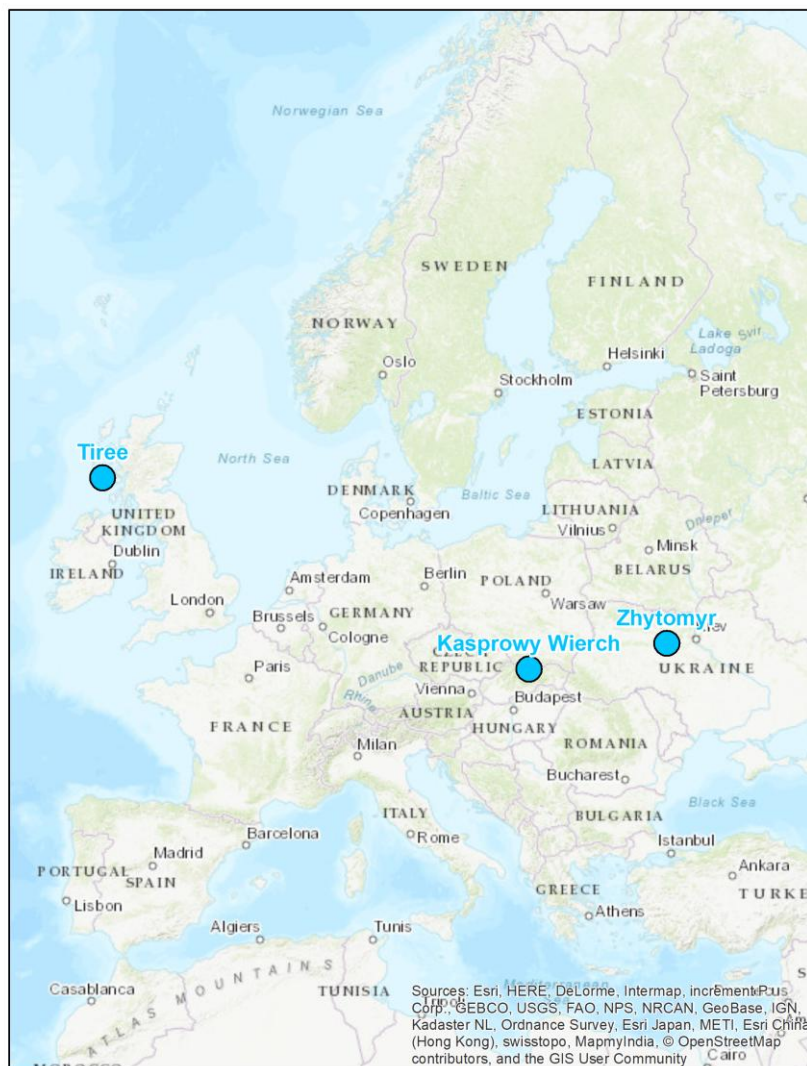
stanice	měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Kasprowy Wierch	-8,4	-8,4	-6,4	-2,6	2,2	5,1	6,8	6,9	4,3	1,3	-3,8	-7,0
Tiree	5,1	4,8	5,8	7,2	9,6	11,9	13,3	13,4	12,1	10,3	7,1	5,9
Zhytomyr	-6,0	-4,6	0,0	7,7	13,9	17,0	18,0	17,4	13,0	7,3	1,7	-2,7

zdroj: CLINO, 1996¹

Tabulka 2 – Průměrné měsíční srážky [mm] na vybraných stanicích v období 1961–1990

stanice	měsíc												celkem
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Kasprowy Wierch	124	110	118	141	173	223	208	195	131	111	127	140	1801
Tiree	128	79	96	59	59	61	79	95	130	142	123	121	1172
Zhytomyr	33	28	31	43	59	76	94	75	51	34	44	38	606

zdroj: CLINO, 1996¹



Obrázek 1 – Poloha vybraných stanic

zdroj: podkladová mapa (World Topo Map, ESRI), upraveno v ArcMap 10.5

2.2. Pluviometrický koeficient

Prvním uvedeným klimaindexem je pluviometrický koeficient. Jedná se o jednoduše vypočítanou charakteristiku, která zachycuje rovnoměrnost rozdělení chodu srážek během roku. Vypočítá se pro každý měsíc jako podíl měsíčního úhrnu srážek daného měsíce a jedné dvanáctiny ročního úhrnu srážek, která představuje teoreticky nejrovnoměrnější chod srážek. Jde o bezrozměrné číslo.

$$K_i = \frac{r_i}{\frac{1}{12}R}$$

kde:

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

R roční úhrn srážek [mm]

$K_i > 1$ srážkově nadprůměrně vydatný i-tý měsíc

$K_i < 1$ srážkově podprůměrně vydatný i-tý měsíc

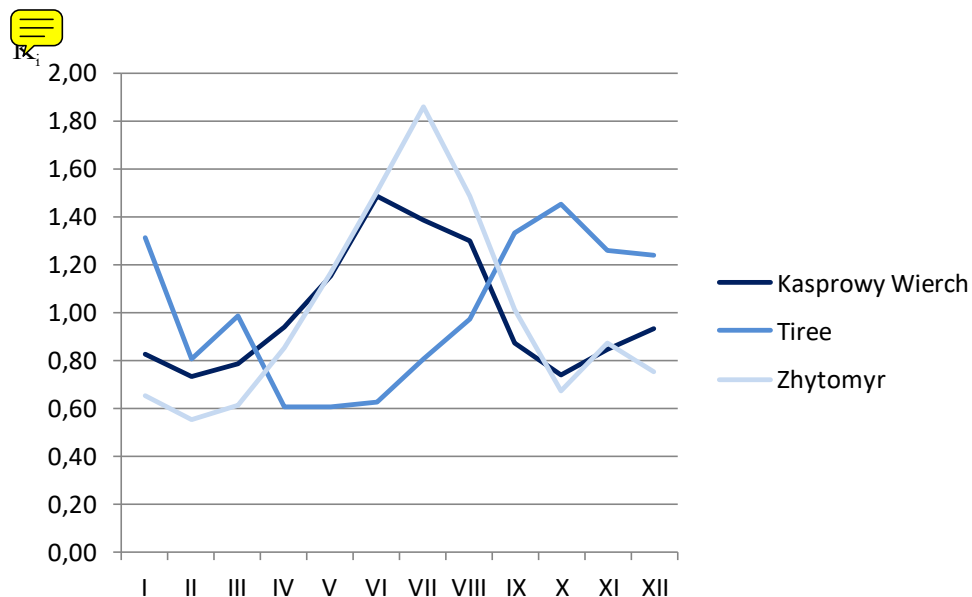
příklad výpočtu (leden, Kasprowy Wierch):

$$K_i = \frac{r_i}{\frac{1}{12}R} = \frac{124}{\frac{1}{12}1801} = \underline{0,83}$$

Tabulka 3 – Hodnoty pluviometrického koeficientu vybraných stanic v období 1961–1990

stanice	měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Kasprowy Wierch	0,83	0,73	0,79	0,94	1,15	1,49	1,39	1,30	0,87	0,74	0,85	0,93
Tiree	1,31	0,81	0,98	0,60	0,60	0,62	0,81	0,97	1,33	1,45	1,26	1,24
Zhytomyr	0,65	0,55	0,61	0,85	1,17	1,50	1,86	1,49	1,01	0,67	0,87	0,75

zdroj: CLINO, 1996¹; vlastní zpracování



Obrázek 2 – Hodnoty pluviometrického koeficientu vybraných stanic v období 1961–1990

zdroj: CLINO, 1996¹; vlastní zpracování



V tabulce 3 a obrázku 2 jsou uvedeny a zobrazeny výsledky pluviometrického koeficientu pro vybrané stanice. U stanice Tiree si lze povšimnout zejména v grafu, že v zimních měsících spadne relativně více srážek než v letních. Tento rozdílný chod srážek (oproti ostatním dvěma stanicím) bude zapříčiněn střídajícím se působením islandské tlakové níže (zejména v zimě) a azorské tlakové výše (zejména v létě). Kasprovy Wierch a Zhytomyr jsou v zimě pod vlivem sibiřské tlakové výše, která blokuje příliv vlhkého a teplejšího vzduchu z Atlantiku.

V létě se ale na stanici Kasprovy Wierch vyskytuje daleko větší množství srážek než v zimě, neboť se zde projevují ve větší míře orograficky zesílené srážky a bouřková činnost.

Pokud si roční chod srážek představíme jako vlnění, tak Tiree i Kasprovy Wierch mají stejnou amplitudu i vlnovou délku, avšak je patrný posun maxima asi o 4 až 5 měsíců. Stanice Zhytomyr má amplitudu poměrně velkou, roční chod srážek je tedy nerovnoměrný.

2.3. Index termické kontinuality

Dalšími uvedenými klimaindexy jsou index termické a ombrické kontinuality. Oba svým způsobem vypočítají totéž. Avšak jak už z názvu vyplývá, každý pracuje s jinými vstupními parametry. Index termické kontinuality bere v úvahu zeměpisnou šířku stanice a průměrnou roční amplitudu teplot – odtud termický. Nejčastěji se uvádí verze Gorczyńského:

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

kde:

K termická kontinualita [%]

φ zeměpisná šířka [°]

A průměrná roční amplituda teploty [°C] (absolutní rozdíl nejvyšší a nejnižší průměrné měsíční teploty)

příklad výpočtu (Kasprovy Wierch):

$$K = \frac{1,7}{\sin \varphi} (A - 12 \sin \varphi) = \frac{1,7}{\sin 49^{\circ}14'} (15,3 - 12 \sin 49^{\circ}14') = \underline{13,94 \%}$$

příklad výpočtu (Tiree):

$$K = \frac{1,7}{\sin 56^{\circ}30'} (8,6 - 12 \sin 56^{\circ}30') = \underline{-2,87 \%}$$

příklad výpočtu (Zhytomyr):

$$K = \frac{1,7}{\sin 50^{\circ}14'} (24 - 12 \sin 50^{\circ}14') = \underline{32,68 \%}$$

Tabulka 4 – Index termické kontinentality (K) na vybraných stanicích v období 1961–1990 (včetně vstupních údajů do vzorce)

stanice	K [%]	A [°C]	φ [°]
Kasprowy Wierch	13,94	15,3	49° 14' s. š.
Tiree	-2,87	8,6	56° 30' s. š.
Zhytomyr	32,68	24,0	50° 14' s. š.

zdroj: CLINO, 1996¹; vlastní zpracování

Pro výsledky tohoto indexu platí, že čím vyšší hodnota, tím více kontinentální klima v dané lokalitě panuje. Hodnota okolo 40 % značí kontinentální klima. K této hodnotě se blíží stanice Zhytomyr. Opakem je stanice Tiree, u níž hodnota indexu dosahuje dokonce záporných hodnot – typicky oceánické klima. Není divu, jedná se o malý ostrov ničím nechráněný před vlivy obrovské masy Atlantského oceánu. Kasprowy Wierch s hodnotou 13,94 pak spadá na pomezí oceánického a kontinentálního klimatu.

2.4. Index ombrické kontinentality

Jak už bylo řečeno, podobným klimaindexem jako je termický je ten ombrický. Opět z názvu tušíme, že jeho vstupní parametry budou sestávat zejména z informací o srážkách. Vzorec je již poměrně složitý. Jeho princip spočívá v porovnání množství úhrnu srážek teplého a chladného půlroku. Výsledky tohoto indexu pak mají velmi podobné vysvětlení.

$$k = \frac{12(1-35)}{\sqrt{s_z}}$$

kde:

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

$$s_z = \sum s(X-III)$$

a kde:

- k ombrická kontinentalita [%]
- l srážky teplého pololetí (duben-září) v procentech ročního úhrnu
- s_z absolutní množství srážek chladného pololetí (říjen-březen) [mm]
- s_r roční úhrn srážek [mm]

příklad výpočtu (Kasprowy Wierch):

$$k = \frac{12(1-35)}{\sqrt{s_z}} = \frac{12 \left[\left(\frac{\sum s(IV-IX)}{s_r} \cdot 100 \right) - 35 \right]}{\sqrt{\sum s(X-III)}} = \frac{12 \left[\left(\frac{1071}{1801} \cdot 100 \right) - 35 \right]}{\sqrt{730}} = \underline{10,87 \%}$$

příklad výpočtu (Tiree):

$$k = \frac{12 \left[\left(\frac{483}{1172} \cdot 100 \right) - 35 \right]}{\sqrt{689}} = \underline{2,84 \%}$$

příklad výpočtu (Zhytomyr):

$$k = \frac{12 \left[\left(\frac{398}{606} \cdot 100 \right) - 35 \right]}{\sqrt{208}} = \underline{\underline{25,52 \%}}$$

Tabulka 5 – Index ombrické kontinentality (k) na vybraných stanicích v období 1961–1990 (včetně vstupních údajů do vzorce)

stanice	k [%]	l [%]	s _z [mm]	s (IV - IX) [mm]	s _r [mm]
Kasprowy Wierch	10,87	59	730	1071	1801
Tiree	2,84	41	689	483	1172
Zhytomyr	25,52	66	208	398	606

zdroj: CLINO, 1996¹; vlastní zpracování

Pokud porovnáme výsledky indexů ombrické a termické kontinentality (uvedených v tabulce 5 respektive 4) poměrově jsou prakticky totožné. Stanice Zhytomyr je však podle ombrického indexu méně kontinentální. Srážky zde totiž padají častěji než je tomu dále na východ. Stanice Kasprowy Wierch je opět na hraně ryze oceánického a kontinentálního klimatu, jednak díky vzdálenosti od oceánu a jednak díky relativní nadmořské výšce, která způsobuje oceáničtější klima než by tomu bylo na stejném místě v rovinném terénu. Ostrov Tiree podle tohoto indexu vychází znovu jako místo se zcela oceánickým klimatem.

2.5. Doba polovičních srážek

Dalším principiálně jednoduchým klimaindexem je doba polovičních srážek či chcete-li srážkový poločas. Tato charakteristika nám říká, za jak dlouho od 1. dubna daného roku spadne polovina ročního úhrnu srážek. Čím je klima více kontinentální, tím spadne polovina celoročních srážek rychleji. Pro silně kontinentální klima spadne polovina srážek do 3 měsíců, kdežto u silně oceánických přesahuje doba 7 měsíců. Spadne-li v měsíci více srážek, než nám dle rovnoměrného rozdělení zbývá, je nutné tyto srážky rozpočítat. Vychází se přitom z jednoduché trojčlenky:

množství srážek spadlé v daném měsíci.....představují 1 měsíc
množství zbývajících srážek při rozdělení pro daný měsíc.....x
 $x = \frac{\text{množství zbývajících srážek při rozdělení pro daný měsíc}}{\text{množství srážek spadlé v daném měsíci}}$

výpočty:

KASPROWY WIERCH

polovina ročního úhrnu srážek: 901 mm
srážkové úhrny od 1. dubna: 141 + 173 + 223 + 208 = 745 mm – 4 měsíce
zbývající srážkový úhrn: 156 mm v měsíci se srážkovým úhrnem: 195 mm
 $\Rightarrow 4 + \left(\frac{156}{195}\right) = \underline{4,8 \text{ měsíce}}$

TIREE

polovina ročního úhrnu srážek: 586 mm
srážkové úhrny od 1. dubna: 59 + 59 + 61 + 79 + 95 + 130 = 483 mm – 6 měsíců
zbývající srážkový úhrn: 103 mm v měsíci se srážkovým úhrnem: 142 mm
 $\Rightarrow 6 + \left(\frac{103}{142}\right) = \underline{6,7 \text{ měsíce}}$

ZHYTOMYR

polovina ročního úhrnu srážek: 303 mm
srážkové úhrny od 1. dubna: 43 + 59 + 76 + 94 = 272 mm – 4 měsíce
zbývající srážkový úhrn: 31 mm v měsíci se srážkovým úhrnem: 75 mm
 $\Rightarrow 4 + \left(\frac{31}{75}\right) = \underline{4,4 \text{ měsíce}}$

Tabulka 6 – Doba polovičních srážek na vybraných stanicích v období 1961-1990 (včetně ročních s_r a poloviny $s_{0,5}$ ročních srážek)

stanice	srážkový poločas	s_r [mm]	$s_{0,5}$ [mm]
Kasprowy Wierch	4,8	1801	901
Tiree	6,7	1172	586
Zhytomyr	4,4	606	303

zdroj: CLINO, 1996¹; vlastní zpracování

Podle této charakteristiky je Kasprowy Wierch poměrně stejně kontinentální stanicí jako Zhytomyr. Spíše se ale hodí označení přechodné klima. Hodnota totiž spočívá uprostřed mezi hraničními hodnotami 3 a 7. Stanice Tiree ta už se hraniční hodnotě 7 blíží. Můžeme ji dle tohoto indexu zhodnotit jako místo se silně oceánickým klimatem.

2.6. Roční těžiště srážek

Poslední zpracovaná charakteristika vychází také z předpokladu rovnoměrného chodu srážek během roku. Pokud jsou srážky rovnoměrné rozděleny, jejich hodnoty spočívají na myšlené jednotkové kružnici. Čím více je chod srážek nerovnoměrný, tím více je daná myšlená kružnice deformovaná. Těžiště této myšlené kružnice (více či méně deformované) vypočítané podle níže uvedeného vzorce nám říká, v jakém typu klimatu stanice leží. A to podle polohy v kartézském souřadnicovém systému.

Každý ze čtyř kvadrantů označuje jiný typ klimatu. I. kvadrant je málo běžný a spadají do něj stanice ve velehorách a ty ve středomořském klimatu. Do II. kvadrantu spadají oblasti s ryze oceánickým klimatem, do třetího s kontinentálním a přechodným klimatem a čtvrtý kvadrant představuje teplé kontinentální klima.

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

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

kde:

I, II, ..., XII úhrny srážek jednotlivých měsíců

S roční úhrn srážek

příklad výpočtu (Kasprowy Wierch):

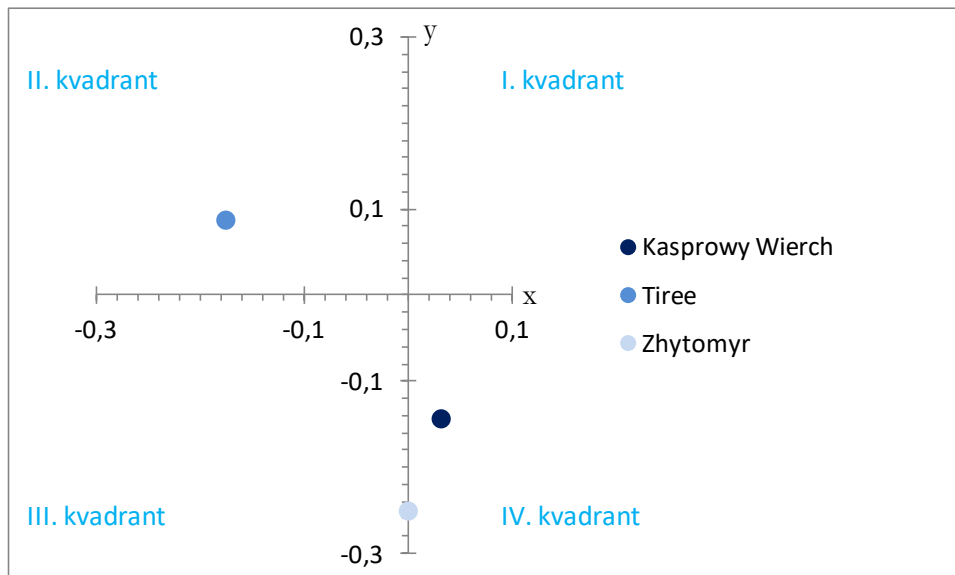
$$x = \frac{0,5(II + VI - VIII - XII) + 0,866(III + V - IX - XI) + IV - X}{S} = \frac{0,5(110 + 223 - 195 - 140) + 0,866(118 + 173 - 131 - 127) + 141 - 111}{1801} = \underline{0,0320}$$

$$y = \frac{0,5(III - V - IX + XI) + 0,866(II - VI - VIII + XII) + I - VII}{S} = \frac{0,5(118 - 173 - 131 + 127) + 0,866(110 - 223 - 195 + 140) + 124 - 195}{1801} = \underline{-0,1438}$$

Tabulka 7 – Souřadnice polohy těžiště srážek na vybraných stanicích

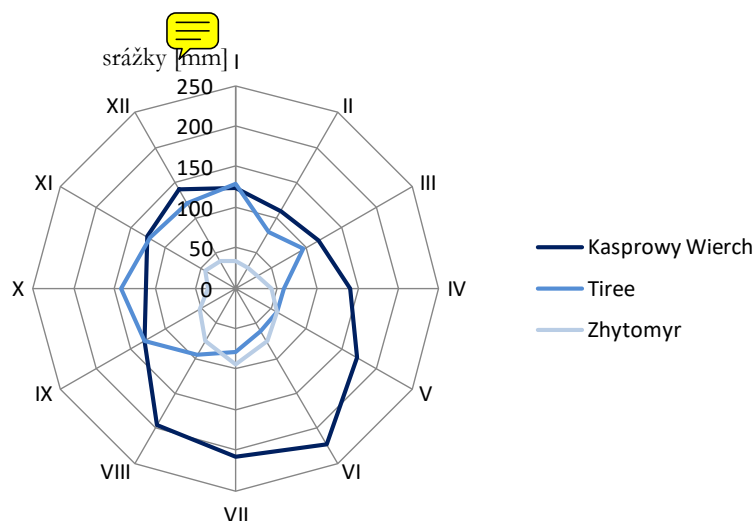
stanice	x	y
Kasprowy Wierch	0,0320	-0,1438
Tiree	-0,1757	0,0871
Zhytomyr	0,0003	-0,2510

zdroj: CLINO,1996¹; vlastní zpracování



Obrázek 3 – Souřadnice polohy těžiště srážek na vybraných stanic v období 1961–1990

zdroj: CLINO, 1996¹; vlastní zpracování



Obrázek 4 – Rozložení ročního chodu srážek v paprskovém grafu na vybraných stanic v období 1961–1990
zdroj: CLINO¹, vlastní zpracování

Každá stanice spadla do jiného kvadrantu (viz obrázek 3). Z obrázku 4 vidíme, že největší poloměr myšlené kružnice má Kasprowy Wierch, což odpovídá absolutně největšímu úhrnu ročních srážek. Pokud se podíváme na polohu těžiště srážek této stanice, objevíme ji ve IV. kvadrantu, což by mělo odpovídat teplému kontinentálnímu klimatu. Tento renonc pramení z toho, že při výpočtu těžiště nejsou brány v potaz teploty a záleží také spíše na relativních poměrech srážkových úhrnů jednotlivých měsíců než jejich absolutních hodnot.

Pokud se podíváme zpátky na obrázek 2, zjistíme, že Kasprowy Wierch má poměrně malou amplitudu rozdělení ročního úhrnu srážek s maximem v letních měsících, což odpovídá kontinentálnímu klimatu. Jakmile vezmeme v potaz absolutní množství srážek a teplotu, nemůžeme již tvrdit, že se nacházíme v teplém kontinentálním klimatu, nýbrž v přechodném.

Stanice Tiree již bez žádných pochybností spadá do oceánického klimatu – leží ve druhém kvadrantu. Zhytomyr však leží prakticky přesně na hraně mezi třetím a čtvrtým kvadrantem. Oba kvadranty značí kontinentální klima. Čtvrtý kvadrant však navíc poukazuje na teplejší typ kontinentálního klimatu této stanice. Mohlo by to být dáno poněkud mírnější zimou, než je tomu na stanicích dál na východě.

2.7. Shrnutí

Tabulka 8 – Souhrn vypočítaných klimaindexů

stanice	index termické kontinentality [%]	index ombrické kontinentality [%]	srážkový poločas [měsíc]	poloha těžiště srážek	výsledné klima
Kasprowy Wierch	13,94	10,87	4,8	IV. kvadrant	kontinentální
Tiree	-2,87	2,84	6,7	II. kvadrant	oceánské
Zhytomyr	32,68	25,52	4,4	IV. kvadrant	kontinentální

zdroj: CLINO, 1996¹; vlastní zpracování

Z vybraných stanic bych do kontinentálního klimatu dle všech výše popsaných klimaindexů zařadil stanici Kasprowy Wierch a Zhytomyr, kdežto do oceánického stanici Tíree.

Kasprowy Wierch je horskou stanicí, a proto na úpatí této stejnojmenné hory můžeme pozorovat změny klimatu ve vertikálním směru – možná by bylo vhodnější použít i změnu mikroklimatu. To však může značně ztížit zařazení této lokality do klimatické oblasti určené na základě klimaindexů, jež primárně rozřazují místa na Zemi do klimatických oblastí v horizontálním směru. Nejvíce se mi v mém případě rozcházel s ostatními klimaindexy roční těžiště srážek. Dá se však říci, že se zde uplatňují prvky jak kontinentálního (dáno polohou vůči oceánům) tak oceánického (dáno převýšením) klimatu.

Stanice Tíree leží bezesporu v oceánickém klimatu. Je to způsobeno přítomností Atlantského oceánu a hlavně teplého Severoatlantského proudu, který otepluje zdejší vody po celý rok. To přináší zákonitě teplejší vzduch, který se ohřívá a stoupá. Při zemi pak vzniká oblast nízkého tlaku a množství oblačnosti, z níž vypadávají srážky prakticky po celý rok. Jen v létě je tento efekt oslaben výběžkem Azorské tlakové výše.

Poslední zkoumanou stanicí byl Zhytomyr. Dle všech klimaindexů reprezentoval kontinentální stanici. Sice zde ještě proniká vlhčí vzduch z Baltského moře díky převládajícímu severozápadnímu proudění, a to zejména v letních měsících, kdy je zde také docela teplo (ohřívání kontinentu). Avšak v zimě zde spadne minimum srážek a teploty padají pod bod mrazu. A právě velká amplituda teplot jednoznačně zařazuje tuto stanici mezi ty s kontinentálním klimatem.

3. ZÁVĚR

V tomto cvičení jsem si vyzkoušel vypočítat základní klimatologické charakteristiky vybraných stanic označované jako klimaindexy. Ačkoliv hodnoty klimaindexů jsou matematicky podložené a tím i objektivní, vždy je nutné subjektivní zhodnocení člověka. Příkladem je roční těžiště srážek, které obtížně zpracovává horské stanice.

Dle mého názoru je vždy vhodné vypočítat pro každé zpracované místo více klimaindexů a poté výsledky patřičně syntetizovat. Při nejasných případech asi nejvíce pomůže graf pluviometrických koeficientů, kde je přehledně vyneseno roční chod srážek.

4. ZDROJE

1. WMO. (1996): Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990. Ženeva, 768 s.
2. Met Office (2017): Tíree [online]. Citováno dne 30. 9. 2017. Dostupné z WWW: <<https://www.metoffice.gov.uk/public/weather/observation/gf517kcnc>>
3. weather.gladstonefamily.cz (2017): Synop Information for 33325 Zhytomyr [online]. Citováno dne 30. 9. 2017. Dostupné z WWW: <<http://weather.gladstonefamily.net/site/33325>>
4. Seznam.cz (2017): *Mapy.cz* [online]. Citováno dne 30. 9. 2017. Dostupné z www: <<https://mapy.cz/>>.
5. Studijní materiály IS (2017): Klimaindexy [online]. Citováno dne 17. 10. 2017. Dostupné z WWW: <<https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2017/Z0076/cviceni/klimaindexy/>>