

Meteorologie a klimatologie

Klimatologické indexy

Zadání:

Pro zadané stanice ze světa vypište roční chod teploty vzduchu a srážek a početně či graficky zpracujte 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:

Dané informace byli zjišťovány pro následující stanice:

- Horta – Portugalsko, Azory
- Uzhorod – Ukrajina
- Helsinky-Vantaa – Finsko

Meteorologická stanice Horta leží na jednom z Azorských ostrovů v Atlantickém oceánu. Nadmořská výška stanice je 41 m. n. m. a zeměpisná šířka 38° 31' s. š. Vzhledem k jejímu umístění je zde možné předpokládat spíše oceánské klima. To vyplývá i z tabulek 1 a 2. Rozdíl mezi nejchladnějším a nejteplejším měsícem je jen 8,6 °C a největší úhrny srážek jsou zaznamenány v zimním období.

Stanice Uzhorod leží na západním okraji Ukrajiny, poblíž hranic se Slovenskem. Nachází se na pomezí Východoslovenské nížiny a pohoří Karpat. Její nadmořská výška činí 117 m. n. m. a zeměpisná šířka 48° 37' s. š. Z tabulek vyplývá, že největší úhrny srážek byly zaznamenány v letních měsících a rozdíl mezi nejchladnějším a nejteplejším měsícem činí 22,2 °C. Z toho lze odvodit, že se pravděpodobně jedná o stanici v kontinentálním klimatu.

Stanice Helsinky-Vantaa se nachází na jihu Finska, nedaleko pobřeží Finského zálivu. Leží v nadmořské výšce 56 m. n. m. a zeměpisné šířce 60° 19' s. š. Její kontinentalita a oceanita není zcela jasná. V tabulkách můžeme vidět, že rozdíl mezi nejchladnějším a nejteplejším měsícem je 23,5 °C, což ukazuje spíše na kontinentální klima. Poloha na pobřeží moře tomu ale příliš nenasvědčuje. Maximální úhrny srážek je možné pozorovat v podzimních měsících, což není typické ani pro oceánské ani pro kontinentální klima.

Nadmořské výšky stanic se příliš neliší, nemají tedy pravděpodobně na rozdílné klima v okolí stanic velký vliv. Velmi významnou roli ale hrají zeměpisné šířky. Stanice jsou od sebe vzdáleny zhruba 10° a nejlépe jde tento rozdíl pozorovat na rozdílu průměrných ročních teplot. Čím vyšší je zeměpisná šířka, tím nižší je průměrná roční teplota.

Tabulka 1 – Průměrné měsíční a roční teploty [°C] ve vybraných stanicích za období 1961 – 1990

Stanice	Měsíce												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Horta (P)	14,2	13,6	14,2	14,9	16,4	18,6	21,1	22,2	21,3	18,9	16,8	15,2	17,3
Uzhorod (UA)	-2,8	-0,2	4,7	10,7	15,6	18,4	19,9	19,4	15,6	10,2	4,6	-0,4	9,6
Helsinki-Vantaa (FIN)	-6,9	-6,8	-2,9	2,9	9,9	14,9	16,6	15,0	10,0	5,4	0,1	-4,1	4,5

Zdroj: WMO 1996

Tabulka 2 – Průměrný úhrn srážek za jednotlivé měsíce a rok [mm] ve vybraných stanicích za období 1961 – 1990

Stanice	Měsíce												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Horta (P)	112	98	81	65	49	35	54	90	100	115	120	975	
Uzhorod (UA)	57	46	48	45	70	88	85	71	53	50	58	69	740
Helsinki-Vantaa (FIN)	41	31	34	37	35	44	73	80	73	73	72	58	651

Zdroj: WMO 1996

Pluvimetrický index:

Tento index slouží k posouzení srážkové vydatnosti jednotlivých měsíců. Je vyjádřen podílem skutečného úhrnu srážek za měsíc a průměrného měsíčního úhrnu srážek vypočteného z ročního úhrnu. Pokud je pluvimetrický index větší než 1 je měsíc nadprůměrně srážkově vydatný, pokud je index menší než 1 je měsíc podprůměrně srážkově vydatný.

Vzorec:
$$K_p = \frac{r_i}{\frac{1}{12}R}$$

K_p ...pluvimetrický koeficient

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

R ...roční úhrn srážek [mm]

Ve stanici Horta jsou srážkově nadprůměrné zimní měsíce, což ukazuje na oceanitu. Ve stanici Uzhorod ukazují pluvimetrické koeficienty na kontinentalitu díky srážkově vydatným letním měsícům. Zajímavé je, že srážkově nadprůměrný je také měsíc prosinec. Je možné předpokládat, že na to má vliv umístění v podhůří Karpat. Uzhorod leží na západní straně pohoří. Vzhledem k tomu že vlhký vzduch proudí do Evropy zpravidla ze západu, je pravděpodobné, že Karpaty na své západní straně orograficky zesilují srážky. Stanice Helsinki-Vantaa neodpovídá ani kontinentálnímu ani oceánickému klimatu, neboť srážkově nadprůměrnými měsíci jsou červenec, srpen, září, říjen, listopad, prosinec.

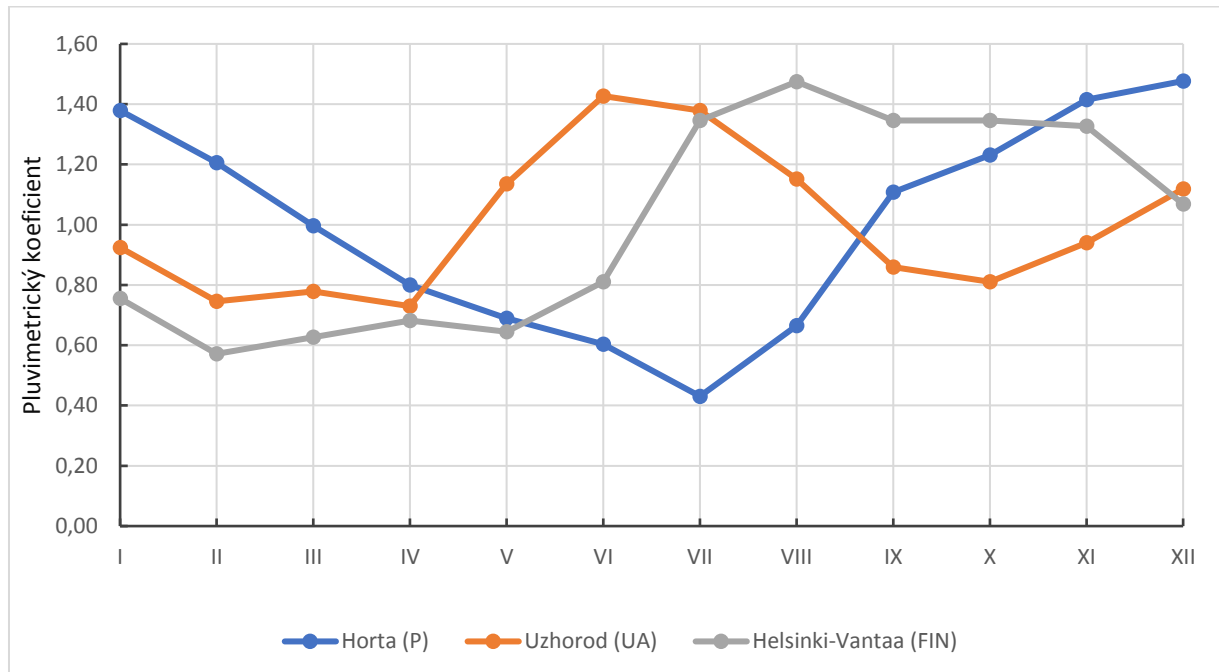
Tabulka 3 – Pluvimetrické koeficienty jednotlivých měsíců ve vybraných stanicích za období 1961 – 1990

Stanice	Měsíce											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Horta (P)	1,38	1,21	1,00	0,80	0,69	0,60	0,43	0,66	1,11	1,23	1,42	1,48
Uzhorod (UA)	0,92	0,75	0,78	0,73	1,14	1,43	1,38	1,15	0,86	0,81	0,94	1,12
Helsinki-Vantaa (FIN)	0,76	0,57	0,63	0,68	0,65	0,81	1,35	1,47	1,35	1,35	1,33	1,07

Zdroj: tabulka 2

Příklad výpočtu:
$$K_p = \frac{r_i}{\frac{1}{12}R} = \frac{112}{\frac{975}{12}} = 1,38$$

Na obr. 1 můžeme vidět, že největší amplitudu vydatnosti srážek má stanice Horta, nejmenší amplitudy má stanice Uzhorod. Toto není příliš typické, neboť největší amplitudu vydatnosti mají většinou kontinentální stanice. Stanice Horta má maximum v prosinci, minimum v červenci. Uzhorod dosahuje maximum v červnu, minimum v dubnu. Druhý, menší vrchol křivky této stanice se nachází v prosinci. Stanice Helsinki-Vantaa dosahuje maxima v srpnu a minima v únoru.



Obr. 1 – Roční chod pluviometrických indexů na vybraných stanicích v období 1961 – 1990
Zdroj: tabulka 3

Indexy termické kontinentality:

Index termické kontinentality určuje na základě měsíčních teplot a zeměpisné šířky úroveň kontinentality. Ta je vyjádřena v procentech. Maximum indexu se pohybuje kolem 40 %, což vyjadřuje silnou kontinentalitu. Pokud je index nízký, či dokonce záporný, znamená to, že stanice leží v silně oceanické oblasti. Pro výpočet jsou potřeba hodnoty zeměpisné šířky a průměrné roční amplitudy teplot.

Tabulka 4 – Hodnoty nutné pro výpočet indexu termické kontinentality vybraných stanic za období 1961 – 1990

Stanice	Zeměpisná šířka	Průměrná roční amplituda teploty [°C]
Horta (P)	38° 31'	8,6
Uzhorod (UA)	48° 37'	22,2
Helsinki-Vantaa (FIN)	60° 19'	23,5

Zdroj: IS MUNI 2018, vlastní výpočet

Průměrná roční amplituda teploty (A) byla vypočtena rozdílem mezi nejteplejším a nejchladnějším měsícem.

Příklad výpočtu: $A = t_{max} - t_{min} = 22,2 - 13,6 = 8,6$

A...průměrná roční amplituda teploty [°C]

t_{max} ...maximální měsíční průměrná teplota [°C]

t_{min} ...minimální měsíční průměrná teplota [°C]

Tyto hodnoty byly dosazeny do rovnice indexu termické kontinentality.

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

K...index termické kontinentality [%]

A...průměrná roční amplituda teploty [°C]

φ ...zeměpisná šířka

Z výsledků tabulky 5 vyplývá, že stanice Horta se nachází v silně oceanické oblasti. Stanice Uzhorod dosahuje hodnot mírné kontinentality. Středně silnou kontinentalitu můžeme pozorovat na stanici Helsinki-Vantaa.

Tabulka 5 – Indexy termické kontinentality vybraných stanic za období 1961 – 1990

Stanice	Indexy termické kontinentality [%]
Horta (P)	3,08
Uzhorod (UA)	16,83
Helsinki-Vantaa (FIN)	25,58

Zdroj: vlastní výpočet

Příklad výpočtu:
$$K = \frac{1,7}{\sin\varphi} (A - 12 \cdot \sin\varphi) = \frac{1,7}{\sin 38^\circ 31'} (8,6 - 12 \cdot \sin 38^\circ 31') = 3,08$$

Indexy ombrické kontinentality:

Index ombrické kontinentality vyjadřuje na srážek úroveň kontinentality. Ta je vyjádřena v procentech. Podobně jako u indexu termické kontinentality, maximum indexu se pohybuje kolem 40 %. Pokud je index nízký, či záporný, znamená to, že stanice leží v silně oceanické oblasti. Pro výpočet je potřeba vypočítat procentuální hodnoty srážek teplého pololetí a absolutní množství srážek chladného pololetí.

Tabulka 6 – Hodnoty potřebné pro výpočet indexu ombrické kontinentality vybraných stanic za období 1961 – 1990

Stanice	Srážky teplého období [%]	Srážky chladného období [mm]
Horta (P)	35,79	626,00
Uzhorod (UA)	55,68	328,00
Helsinki-Vantaa (FIN)	52,53	309,00

Zdroj: vlastní výpočet

Procentuální hodnoty srážek teplého pololetí (l) byly vypočteny podílem součtu srážek v teplém období a celkového ročního úhrnu srážek. Následně byly hodnoty vynásobeny 100 pro převedení na procenta.

Příklad výpočtu:
$$l = \frac{\sum s_{(IV-IX)}}{s_r} \cdot 100 = \frac{65+56+49+35+54+90}{975} \cdot 100 = 35,79\%$$

l...procentuální hodnoty srážek teplého pololetí [%]

s...průměrné měsíční úhrny srážek [mm]

s_r...roční úhrn srážek [mm]

Tyto hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet indexu ombrické kontinentality.

Vzorec:
$$k = \frac{12 \cdot (l - 35)}{\sqrt{s_z}}$$

k...index ombrické kontinentality [%]

l... procentuální hodnoty srážek teplého pololetí [%]

s_z...absolutní množství srážek chladného období [mm]

Hodnoty indexů ombrické kontinentality v tabulce 7 ukazují mírně odlišné výsledky než indexy termické kontinentality v tabulce 5. Jejich hodnoty jsou celkově nižší. S přihlédnutím k tomu, lze říct, že u stanic Horta a Uzhorod lze dojít ke stejným závěrům. Tedy v případě Horty výrazně oceanické klima, v případě Uzhorodu slabě kontinentální. Hodnoty stanice Helsinki-Vantaa jsou však výrazně odlišné oproti předchozí metodě. Zde bychom o stani mohli říct, že leží v přechodném až mírně kontinentálním klimatu. Jedním z možných důvodů této atypčnosti je poměrně vysoká zeměpisná šířka, která vytváří specické podmínky, jež nemohou indexy přesně vyjádřit.

Tabulka 7 – Indexy ombrické kontinentality vybraných stanic za období 1961 – 1990

Stanice	Indexy ombrické kontinentality [%]
Horta (P)	0,38
Uzhorod (UA)	13,72
Helsinki-Vantaa (FIN)	11,95

Zdroj: vlastní výpočet

Příklad výpočtu:
$$k = \frac{12 \cdot (l - 35)}{\sqrt{s_z}} = \frac{12 \cdot (35,79 - 35)}{\sqrt{626}} = 0,38\%$$

Doba polovičních srážek:

Tento ukazatel určuje dobu, za kterou spadne polovina ročního úhrnu, přičemž je počítáno s měsíčními srážkami od 1. 4. Lze jím identifikovat kontinentalitu, neboť oblasti s oceanickým klimatem mají největší úhrny srážek až na konci řady používané v této metodě. Tím pádem pro ně bude charakteristická vysoká hodnota doby polovičních srážek. Naopak stanice v kontinentálním klimatu, které mají největší úhrny v létě, budou u této charakteristiky dosahovat nižších hodnot. Hodnoty doby polivičních srážek se pohybují zhruba mezi 3 a 7 měsíci.

Hodnoty tohoto indexu získáme tak, že postupně sčítáme srážkové úhrny za jednotlivé měsíce, dokud nedostaneme hodnotu poloviny ročního srážkového úhrnu. Pokud hodnota nevychází na celé měsíce je nutné zbytek vydělit průměrnou denní hodnotu srážek následujícího měsíce. Tím zjistíme kolik dnů chybí do doby polovičních srážek. Když tento počet vidělíme počtem dnů v měsíci, dostaneme požadovanou desetinou hodnotu.

Vzorec:
$$\frac{s_r}{2} = \sum_{III}^n s$$

s_r... roční úhrn srážek [mm]

n...počet měsíců

s... průměrné měsíční úhrny srážek [mm]

V tabulce 8 je možné vidět výsledné doby polovičních srážek. Jejich interpretace ve velké míře koresponduje s výsledky indexu ombrické kontinentality. Stanice Horta opět vykazuje silnou oceanitu, zatímco výsledky stanic Uzhorod a Helsinki-Vantaa nasvědčují spíše přechodnému klimatu, přičemž z této dvojice je více kontinentální Uzhorod.

Tabulka 8 – Doby polovičních srážek na vybraných stanicích za období 1961 – 1990

Stanice	Polovina ročního úhrnu srážek [mm]	Doba polovičních srážek [měsíce]
Horta (P)	487,5	7,33
Uzhorod (UA)	370,0	5,21
Helsinki-Vantaa (FIN)	325,5	5,77

Zdroj: vlastní výpočet

Výpočet Horta:

$$\frac{s_r}{2} = 487,5$$

$$s_{IV} + s_V + s_{VI} + s_{VII} + s_{VIII} + s_{IX} + s_X =$$

$$65 + 56 + 49 + 35 + 54 + 90 + 100 = 449$$

$$487,5 - 449 = 38,5$$

$$s_{XI} = 115; \frac{115}{30} = 3,83; \frac{38,5}{3,83} = 10,04 \text{ dní}$$

$$\frac{10,04}{30} = 0,33$$

$$n = 7,33 \text{ měsíců}$$

Výpočet Uzhorod:

$$\frac{s_r}{2} = 370$$

$$s_{IV} + s_V + s_{VI} + s_{VII} + s_{VIII} =$$

$$37 + 35 + 44 + 73 + 80 = 359$$

$$370 - 359 = 11$$

$$s_{IX} = 53; \frac{53}{30} = 1,77; \frac{11}{1,77} = 6,23 \text{ dní}$$

$$\frac{6,23}{30} = 0,21$$

$$n = 5,21 \text{ měsíců}$$

Výpočet Helsinky:

$$\frac{s_r}{2} = 325,5$$

$$s_{IV} + s_V + s_{VI} + s_{VII} + s_{VIII} =$$

$$45 + 70 + 88 + 85 + 71 = 269$$


$$325,5 - 269 = 56,5$$

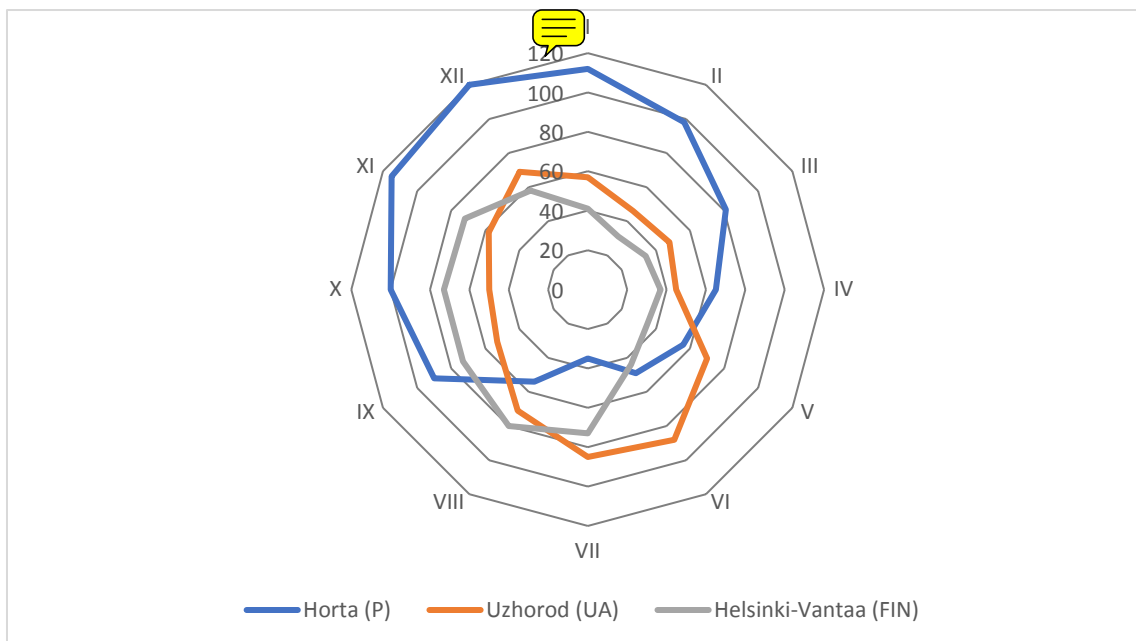
$$s_{IX} = 73; \frac{73}{30} = 2,43; \frac{56,5}{2,43} = 23,2 \text{ dní}$$

$$\frac{23,2}{30} = 0,77$$

$$n = 5,77 \text{ měsíců}$$

Poloha těžiště srážek:

Tuto charakteristiku je možné vypočítat pomocí průměrných měsíčních úhrnů srážek a průměrného ročního úhrnu srážek. Výsledkem jsou souřadnice x a y, díky kterým je možné bod zapsat do kartézského souřadnicového systému. Podle toho  kým kvadrantu bod leží, je určena jeho ocenita/kontinentalita. Tento bod je těžištěm útvaru vytvořeného zakreslením ročního chodu srážek do paprskového grafu.



Obr. 2 – Rozložení ročního chodu srážek vybraných stanic v období 1961 – 1990
Zdroj: tabulka 2

Tabulka 9 – Souřadnice polohy těžiště vybraných stanic v období 1961 – 1990

Stanice	Souřadnice	
	x	y
Horta	-0,1101	0,1991
Uzhorod	-0,0026	-0,1062
Helsinki-Vantaa	-0,2048	-0,0965

Zdroj: vlastní výpočet

Vzorce:

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

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

x, y...souřadnice těžiště

I, II...XII...průměrné měsíční úhrny srážek [mm]

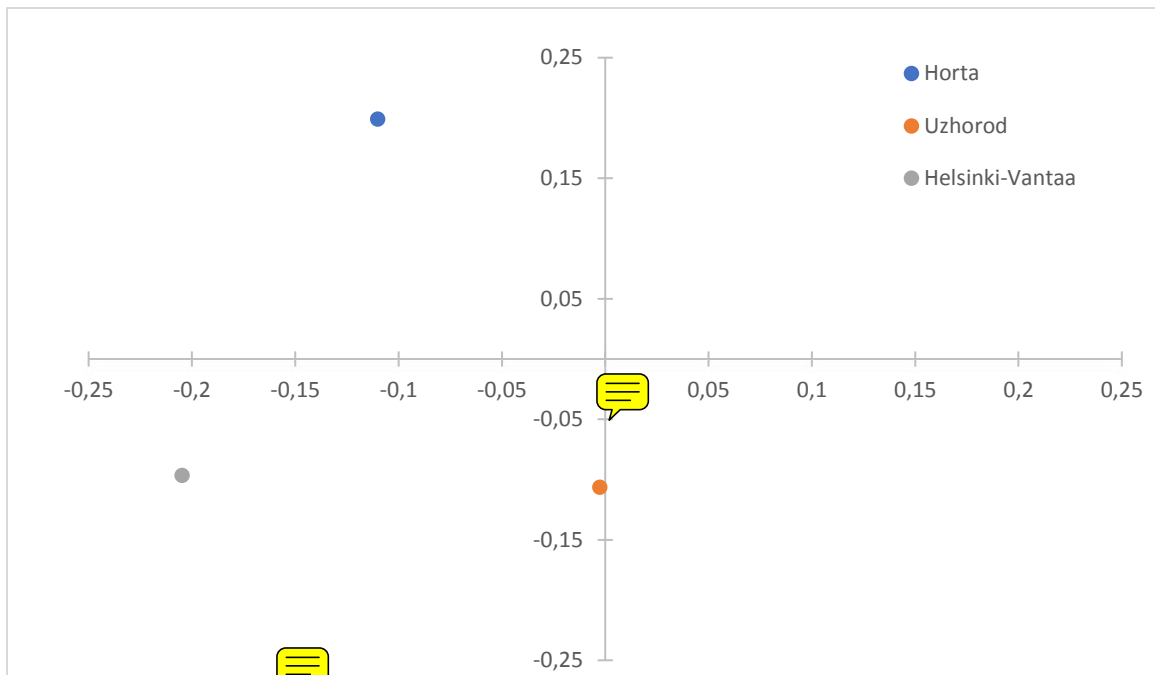
s_r ...celkový roční úhrn srážek [mm]

Příklad výpočtu:

$$x = \frac{0,5(98+49-54-120)+0,866(81+56-90-115)+65-100}{975} = -0,1101$$

$$y = \frac{0,5(81-56-90+115)+0,866(98-49-54+120)+112-35}{975} = 0,1991$$

Každý kvadrant charakterizuje určitý typ klimatu. Poloha v I. kvadrantu není příliš častá, může se objevit ve vysokých horách a ve středomořských oblastech. Těžiště srážek v II. kvadrantu vyjadřuje oceanické klima. Poloha ve III. kvadrantu značí stanice s chladným kontinentálním a přechodným typem. Ve IV. kvadrantu se nacházejí stanice s teplým kontinentálním typem.



Obr. 3 – Poloha těžiště srážek vybraných stanic v období 1961 – 1990
Zdroj: tabulka 9

Tabulka 10 – Výsledné hodnoty daných charakteristik na vybraných stanicích za období 1961 – 1990

Stanice	Zeměpisná šířka [°]	Nadmořská výška [m. n. m.]	Index termické kontinentality [%]	Index ombrické kontinentality [%]	Doba polovičních srážek [měsíc]	Poloha těžiště srážek	Klima
Horta (P)	38° 31' s. š	41	3,08	0,38	7,33	II. kvadrant	oceanické
Uzhorod (UA)	48° 37' s. š	117	16,83	13,72	5,21	III. kvadrant	mírně kontinentální
Helsinki-Vantaa (FIN)	60° 19' s. š	56	25,58	11,95	5,77	III. kvadrant	přechodné

Zdroj: vlastní výpočet

Závěr:

Z vypočtených charakteristik je možné odvodit kontinentalitu nebo oceanitu jednotlivých stanic. U stanice Horta byla už předem očekávána silná oceanita vzhledem k jejímu umístění na ostrovech v Atlantiku. Všechny spočtené charakteristiky tuto skutečnost jen dokazují. Indexy termické a ombrické kontinentality dosahují nízkých hodnot, doba polovičních srážek je vysoká a těžiště srážek leží jasně ve II. kvadrantu. Stanice leží přímo v oblasti azorské tlakové níže, díky které do Evropy proudí teplý, vlhký vzduch.

Hodnoty o stanici Uzhorod už tolik jednoznačné nejsou. Byla zde předpokládána výrazná kontinentalita, na to jsou však indexy termické a ombrické kontinentality příliš nízké. Doba polovičních srážek je naopak relativně vysoká a těžiště srážek leží blízko hranice III. a IV. kvadrantem. Vzhledem k tomu tedy bylo její klima označeno za mírně kontinentální. Pravděpodobně jedním z nejvýznamnějších vlivů mají na klima v okolí této stanice nedaleké Karpaty. Sibiřská tlaková výše tady nebude mít díky této bariéře takový vliv, navíc srážky na stanici jsou nejspíš orograficky zesíleny.

V případě stanice Helsinki-Vantaa je situace, ještě komplikovanější. Vzhledem k přímořské poloze by šlo očekávat oceanické klima, ale rozložení srážek bylo atypické a velká teplotní amplituda nasvědčovala spíše kontinentálnímu klimatu. Index termické kontinentality ukazoval velmi silnou

kontinentalitu, avšak index ombrické kontinentality ukazoval spíše na přechodnou oblast. Dobou polovičních srážek se stanice blíží spíše oceanickým stanicím. Těžiště je srážek se nachází ve III. kvadrantu. Toto klima tedy bylo označeno za přechodné. Oblast se nachází v relativní blízkosti sibiřské anticyklony, která zvyšuje kontinentální charakter, ale umístění na pobřeží tento vliv snižuje. Vlhý vzduch z islandské cyklony je nejspíš částečně ovlivňován Skandinávským pohořím. Nepřináší dostatek srážek, aby oblast byla oceanická.

Zdroje:

FREEMETEO (2018): Meteorologické stanice,

<https://freemeteo.cz/pocasi/?language=czech&country=czech-republic> (9. 10. 2018)

IS MUNI (2018): Studijní materiály Meteorologie a klimatologie,

<https://is.muni.cz/auth/el/sci/podzim2018/Z0076> (9. 10. 2018)

WMO (1996): Climatological normals (CLINO) for the period 1961 - 1990. Geneva: autor neznámý