

# Klimatologické indexy

## Cvičení 1

### Zadání:

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

1. pluviometrický koeficient
2. hodnocení kontinentality / oceanity a. index termické kontinentality b. index ombrické kontinentality c. doba polovičních srážek d. poloha těžiště srážek

### Vypracování

Ke zpracování mi byly zadány tři stanice. Jsou to následující:

#### Santander

Jedná se o město ležící na severním pobřeží Španělska u Atlantského oceánu v oblasti Biskajského zálivu. Jak již poloha místa napovídá, pravděpodobně se bude jednat o místo s oceánským klimatem. Tomu napovídají i výsledky jednotlivých dílčích úkolů. Prvním z indikátorů oceánského klimatu je tabulka průměrných měsíčních teplot (Tab. č. 1), kde je velmi nízká amplituda teplot během roku. Podobný výsledek pak plyne i z tabulky průměrných měsíčních úhrnů srážek (Tab. č. 2). Oceánickému klimatu napovídají i výsledky dalších metod, popsané níže.

#### Chernivtsi

Chernivtsi je město v jihozápadní části Ukrajiny. Svou polohou hluboko v evropském kontinentu tak splňuje podmínky pro kontinentální klima. Svou nižší zeměpisnou šířkou však odpovídá středomoří, z čehož plyne, že i když se nachází daleko od pobřeží, bude klima spíše teplé. To plyne z tabulky průměrných měsíčních teplot (Tab. č. 1), kde je amplituda teplot značně vyšší než v předchozím případě. V průměrných měsíčních úhrnech srážek (Tab. č. 2) zaostává oproti předchozí stanici téměř o polovinu. Další metody kontinentalitu pouze potvrzují.

#### Joensuu

Joensuu je v porovnání s dvěma předchozími stanicemi unikátní. Jedná se o stanici, na které není na první pohled jasné, který typ klimatu bude převažovat. Díky své vyšší zeměpisné šířce se teploty pohybují v nižších hodnotách, celkově pak i průměrná roční teplota je nižší. Amplituda je však vyšší (Tab. č. 1). Celkový roční úhrn srážek je pak ze všech tří stanic nejnižší, s úhrnem pouhých 612 mm za rok (Tab. č. 2). Vzdálenost od moře je však poměrně malá, přibližně 250 km, klima však bude ovlivněno i vysokým počtem jezer v oblasti.

Tab. č. 1: Průměrné měsíční teploty (°C) na vybraných stanicích za období 1961 až 1990.

| Stanice/měsíc | I     | II    | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | I-XII |
|---------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Santander     | 9,7   | 10,3  | 10,8 | 11,9 | 14,3 | 17,0 | 19,3 | 19,6 | 18,6 | 16,1 | 12,5 | 10,5 | 14,2  |
| Chernivtsi    | -4,9  | -7,7  | 1,7  | 8,8  | 14,3 | 17,3 | 18,7 | 18,0 | 14,3 | 8,6  | 2,9  | -1,9 | 7,9   |
| Joensuu       | -11,6 | -10,7 | -5,4 | 0,7  | 8,3  | 14,2 | 16,4 | 14,0 | 8,6  | 3,2  | -2,7 | -8,2 | 2,2   |

Zdroj: WMO, 1996.

Tab. č. 2: Průměrné měsíční úhrny srážek (mm) na vybraných stanicích za období 1961 až 1990.

| Stanice/měsíc | I   | II | III | IV  | V  | VI  | VII | VIII | IX | X   | XI  | XII | I-XII |
|---------------|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|------|----|-----|-----|-----|-------|
| Santander     | 127 | 99 | 104 | 120 | 92 | 65  | 51  | 84   | 93 | 128 | 165 | 142 | 1270  |
| Chernivtsi    | 32  | 32 | 36  | 58  | 77 | 105 | 103 | 61   | 51 | 33  | 36  | 37  | 661   |
| Joensuu       | 37  | 29 | 32  | 35  | 36 | 61  | 75  | 84   | 65 | 59  | 54  | 45  | 612   |

Zdroj: WMO, 1996.

### Pluviometrický koeficient

Jedná se o koeficient, který udává podíl srážek v jednotlivých měsících na dvanáctině celkových ročních srážek. Pokud by byl koeficient roven jedné, jednalo by se o průměrný měsíc. Pokud pluviometrický koeficient nabývá hodnot nižších než jedna, jedná se o měsíc srážkově podprůměrný. Naopak pokud koeficient nabývá hodnot vyšších než jedna, jedná se o srážkově nadprůměrný měsíc. Pokud nabývá nižších hodnot během letních měsíců a vyšších během měsíců zimních, jedná se o klima oceánické. Pokud je tomu naopak, jedná se o klima kontinentální, kdy nejvíce srážek spadne během letních měsíců. Výpočet tohoto koeficientu je velmi jednoduchý a má následující podobu:

$$K_p = \frac{r_i}{\frac{R}{12}}$$

K<sub>p</sub>... Pluviometrický koeficient

R... Souhrnný roční úhrn srážek

r<sub>i</sub>... Srážkový úhrn pro i-tý měsíc



Pro jednotlivé stanice plynou následující výsledky (Tab. č. 3). Na první stanici, Santander, nabývá pluviometrický index nejvyšší hodnoty v měsíci listopadu, konkrétně hodnoty 1,56. Vysokých hodnot nabývá pak i v dalších zimních měsících. Naopak v letních měsících pak tento koeficient nabývá hodnot nižších než jedna, nejméně pak v červenci, kdy nabývá hodnoty pouhých 0,48.

Na druhé stanici, v Chernivtsku, je situace opačná. Nejnižší hodnoty nabývá koeficient v měsíci lednu (0,58), další je pak měsíc říjen (0,60). Nízkých hodnot pak nabývá koeficient i v dalších zimních měsících. Nejvyšších hodnot nabývá pluviometrický koeficient v letních měsících.

Konkrétně se jedná o měsíce červen a červenec (1,91, resp. 1,87). Pravděpodobně se jedná z velké většiny o srážky konvektivní.

Podobné výsledky koeficientu jako na stanici v Chernivtsku vykazuje i stanice v Joensuu. Maximální srážky jsou však více „posunuté“ do podzimu, kdy nejvyšší hodnoty pluviometrický koeficient nabývá v měsíci srpnu (1,65), nejnižší pak v měsíci únoru (0,57). Toto může být způsobeno opět vyšší zeměpisnou šířkou místa, což pak způsobuje i pomalejší nástup léta, se kterým jsou právě spojeny vyšší úhrny srážek v kontinentálním typu klimatu.

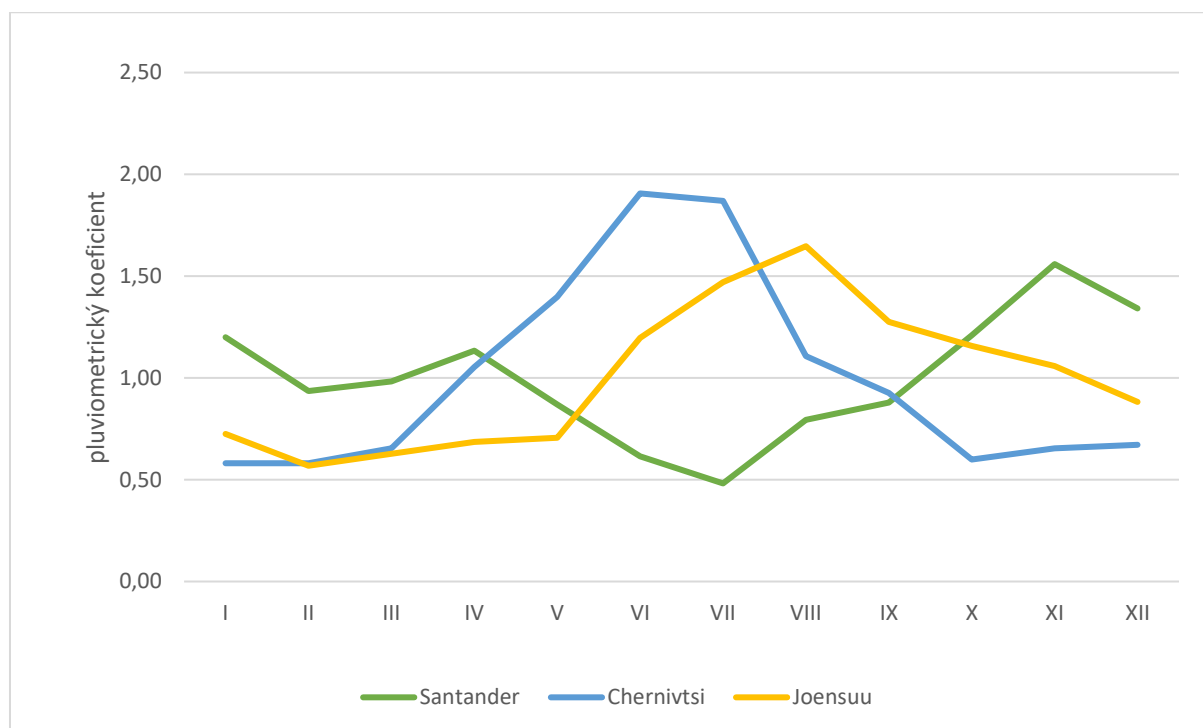
Příklad výpočtu, stanice Santander:

$$K_P = \frac{127}{\frac{1270}{12}}$$

Tab. č. 3: Vypočtené hodnoty pluviometrického koeficientu pro vybrané stanice za období 1961 až 1990.

| Stanice/měsíc | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Santander     | 1,20 | 0,94 | 0,98 | 1,13 | 0,87 | 0,61 | 0,48 | 0,79 | 0,88 | 1,21 | 1,56 | 1,34 |
| Chernivtsi    | 0,58 | 0,58 | 0,65 | 1,05 | 1,40 | 1,91 | 1,87 | 1,11 | 0,93 | 0,60 | 0,65 | 0,67 |
| Joensuu       | 0,73 | 0,57 | 0,63 | 0,69 | 0,71 | 1,20 | 1,47 | 1,65 | 1,27 | 1,16 | 1,06 | 0,88 |

Zdroj: WMO, 1996.



Obr. č. 1: Průběh pluviometrického koeficientu pro vybrané stanice za období 1961 až 1990.

Zdroj: WMO, 1996.

## Index termické kontinentality

Jako další možný přístup pro určování kontinentality jsou termické a ombrické indexy. První s nich je index termický, a jak již název napovídá, jedná se o index, který bere v potaz teplotu, konkrétně průměrná roční amplituda teploty (A). Navíc bere v potaz i zeměpisnou šířku zkoumané stanice. Jedná se o vzorec podle Gorczyňského.

Pro výpočet se používá následující vzorec:

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

K... Termická kontinentalita (%)

$\varphi$ ... Zeměpisná šířka

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

Index termické kontinentality/oceanity pak nabývá hodnot uvedených v procentech. Nejvyšší hodnoty pak dosahují 40 %, kdy se jedná o velice silnou kontinentalitu. S klesající hodnotou kontinentalita klesá a stoupá oceanita. V případě extrémní oceanity pak může tento koeficient nabývat i záporných hodnot. To se ovšem na žádné ze zkoumaných stanic nestalo. Níže jsou pak uvedeny i zeměpisné šířky jednotlivých stanic (Tab. č. 4).

Tab. č. 4: Zeměpisné šířky vybraných stanic.

| Stanice    | zem. šířka (s. š.) |
|------------|--------------------|
| Santander  | 43° 28'            |
| Chernivtsi | 48° 22'            |
| Joensuu    | 62° 40'            |

Na první stanici, Santander, nabývá termický koeficient nejnižší hodnoty ze všech tří stanic. S hodnotou pouhých 4,06 % (Tab. č. 5) spadá do silně oceánického klimatu. To je způsobeno jak nižší zeměpisnou šířkou, tak i velmi malou amplitudou ročních teplot (9,9 °C). Naopak na stanici Chernivtsi nabývá hodnota termického indexu nejvyšší hodnoty. Se svou hodnotou 33,28 % se jedná o stanici s velmi silným kontinentálním klimatem. Amplituda ročních teplot nabývá hodnoty 23,6 °C, což též napovídá kontinentálnímu klimatu. Jen nepatrně nižší hodnotu (33,18 %) nabývá termický index kontinentality u stanice v Joensuu. Naopak je na této stanici nejvyšší roční amplituda teplot (28 °C). Index je ovšem nižší než na stanici v Chernivtsku, jelikož má stanice v Joensuu značně vyšší zeměpisnou šířku.

Výpočty termického indexu kontinentality/oceanity jsou pro vybrané stanice následující:

$$\text{Santander: } K = \frac{1,7}{\sin(43,47^\circ)} (9,9 - 12\sin 43,47^\circ)$$

$$\text{Chernivtsi: } K = \frac{1,7}{\sin(48,37^\circ)} (23,6 - 12\sin 48,37^\circ)$$

$$\text{Joensuu: } K = \frac{1,7}{\sin(62,67^\circ)} (28 - 12\sin 62,67^\circ)$$

Tab. č. 5: Index termické kontinentality na vybraných stanicích za období 1961 až 1990.

| Stanice    | K (%) |
|------------|-------|
| Santander  | 4,06  |
| Chernivtsi | 33,28 |
| Joensuu    | 33,18 |

### Index ombrické kontinentality

Index ombrické kontinentality je další metodou pro určování kontinentality nebo oceanity. Na rozdíl od předchozí metody, indexu termické kontinentality/oceanity, počítá ombrický index s úhrny srážek na jednotlivých stanicích. Bere v potaz procento úhrnu srážek teplého pololetí (IV – IX) na ročním úhrnu srážek a absolutní hodnotu srážek v chladném pololetí měsíce (X – III).

Vztah pro výpočet indexu ombrické kontinentality/oceanity je následující:

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

k...Ombrická kontinentalita (%)

I... srážky teplého pololetí (IV-IX) v % ročního úhrnu

s<sub>z</sub> ... absolutní množství srážek chladného pololetí (X-III, mm)

Vztah pro výpočet I, tedy úhrnu srážek teplého pololetí (IV – IX) v % ročního úhrnu má následující podobu:

$$I = \frac{\sum_{IX}^{IV} S}{s_r}$$

$s_r$ ... roční úhrn srážek (mm)

Vztah pro výpočet absolutního množství srážek chladného období je následující:

$$s_z = \sum_{III}^x S$$

I výsledky této metody potvrzují výsledky předchozích metod (Tab. č. 6). Vyšší procento u ombrického indexu znamená i vyšší kontinentalitu, nižší číslo pak oceanitu. I v této metodě může index nabývat záporných hodnot, což se v mém případě ovšem nestalo. Nejnižší hodnotu indexu opět nabývá údaj u stanice Santander. Index ombrické kontinentality nabývá hodnoty pouhých 2,07 %, což je způsobeno zároveň velkým absolutním úhrnem srážek za chladnou polovinu roku, tak i malým procentem srážek z celkového ročního úhrnu během teplé poloviny roku. Výsledek pak vypovídá o silně oceánickém klimatu. U další stanice, v Chernivtsku, však index vyšel ve vysokých číslech, což dokazuje jeho kontinentalitu, která vyšla i v předchozích metodách. Hodnota indexu u stanice Joensuu již nepůsobí tak přesvědčivě, stále však říct, že se jedná o kontinentální klima, zdaleka ovšem ne tak jistě, jako dle předchozí metody indexu termické kontinentality/oceanity.

Příklad výpočtu ombrického indexu kontinentality/oceanity je pro stanici Santander následující:

$$I = \frac{120 + 92 + 65 + 51 + 84 + 93}{1270} \cdot 100 = 39,76 \%$$

$$s_z = 128 + 165 + 142 + 127 + 99 + 104 = 765$$

$$k = \frac{12(39,76 - 35)}{\sqrt{765}} = 2,07 \%$$

Tab. č. 6: Absolutní množství srážek za chladné období (mm), srážky teplého pololetí v % ročního úhrnu a index ombrické kontinentality (%) na vybraných stanicích za období 1961 až 1990.

| Stanice    | $s_z$ (mm) | I (%) | k (%) |
|------------|------------|-------|-------|
| Santander  | 765        | 39,76 | 2,07  |
| Chernivtsi | 206        | 68,84 | 28,29 |
| Joensuu    | 256        | 58,17 | 17,38 |

### Doba polovičních srážek (srážkový poločas)

Další z metod pro zjištění kontinentality nebo oceanity určité stanice lze použít i další způsob, který se nazývá doba polovičních srážek neboli srážkový poločas. Začíná se počítat od 1. IV. daného roku a počítá se do té doby, dokud není dosaženo právě poloviny úhrnu srážek. Pokud množství odpovídá celým měsícům, je tato metoda velmi jednoduchá. V případě, kdy neodpovídá, počítá se zbytek jako podíl celkových srážek za následující měsíc a počet dnů tohoto měsíce. Tato hodnota se pak podělí s chybějícím úhrnem a vyjde výsledná hodnota. Pokud dojde ke splnění srážkového poločasu za krátkou dobu, znamená to, že je stanice silně kontinentální, protože se velká část srážek nachází v teplém pololetí. Pokud trvá srážkový poločas přes šest měsíců, napovídá pak klimatu oceánickému.

Nejdelší srážkový poločas byl zjištěn u stanice Santander. Celkový roční úhrn srážek je 1 270 mm. Polovina tohoto úhrnu je pak 635 mm. Při sečtení prvních sedmi měsíců (120 + 92 + 65 + 51 + 84 + 93 + 128) chybí k naplnění ještě 0,01 měsíce. Výsledná hodnota srážkového poločasu pro stanici Santander vychází 7,01 měsíce. Vypovídá tak o oceanitě dané stanice. V případě stanice Chernivtsi došlo k naplnění srážkového poločasu nejrychleji. Při sečtení prvních tří měsíců (58 + 77 + 105) chybí k naplnění srážek ještě 0,88 následujícího měsíce. Výsledná hodnota srážkového poločasu pro stanici Chernivtsi je tak 3,88 měsíce. U stanice Joensuu, kde je vůbec nejmenší roční úhrn srážek (612 mm), byla délka srážkového poločasu průměrná. Pro jeho naplnění bylo třeba 306 mm srážek. K tomu došlo při sečtení prvních pěti měsíců (35 + 36 + 61 + 75 + 84), kdy k polovině chybělo ještě 0,23 následujícího měsíce, tedy měsíce září. Výsledná doba srážkového poločasu byla tak 5,23 měsíce, kdy se jedná o hodnotu, která je poměrně blízko střední hodnotě šest, tudíž se jedná o kontinentální klima, ne však nijak výrazně.

### Poloha těžiště srážek

Poloha těžiště srážek je poslední z použitých metod pro zjišťování kontinentality či oceanity zadaných stanic. K výpočtu tohoto těžiště se používá vzorec, ve kterém se vždy počítá s deseti vybranými měsíčními úhrny srážek, která je kombinována se dvěma konstantami. Vzorec pro výpočet souřadnice  $x$  a  $y$  se liší. Spočtené hodnoty pro konkrétní stanice jsou uvedeny v Tab. č. 7. Podle těchto souřadnic, které jsou zjištěny, pak dochází k zařazení do jednotlivých kvadrantů. Jejich vysvětlení je následující:

- těžiště srážek ve II. kvadrantu mají stanice s oceánickým typem ročního chodu;
- ve III. kvadrantu stanice s kontinentálním a přechodným typem;
- ve IV. kvadrantu stanice s teplým kontinentálním typem;
- poloha těžiště v I. kvadrantu není častá, objevuje se místy ve vysokých horách a v oblastech středomořského klimatu

Hodnoty pro neznámé  $x$  a  $y$  se počítají podle následujících vzorců:

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

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

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

S ... roční úhrn srážek

Pro vzorový výpočet je použita stanice Santander:

$$x = \frac{0,5(99 + 65 - 84 - 142) + 0,866(104 + 92 - 93 - 165) + 120 - 128}{1270} = -0,05$$

$$y = \frac{0,5(104 - 92 - 93 + 165) + 0,866(99 - 65 - 84 + 142) + 127 - 51}{1270} = 0,16$$

Tab. č. 7: Spočtené souřadnice  $x$  a  $y$  pro zařazení vybraných stanic do kvadrantů za období 1961 až 1990.

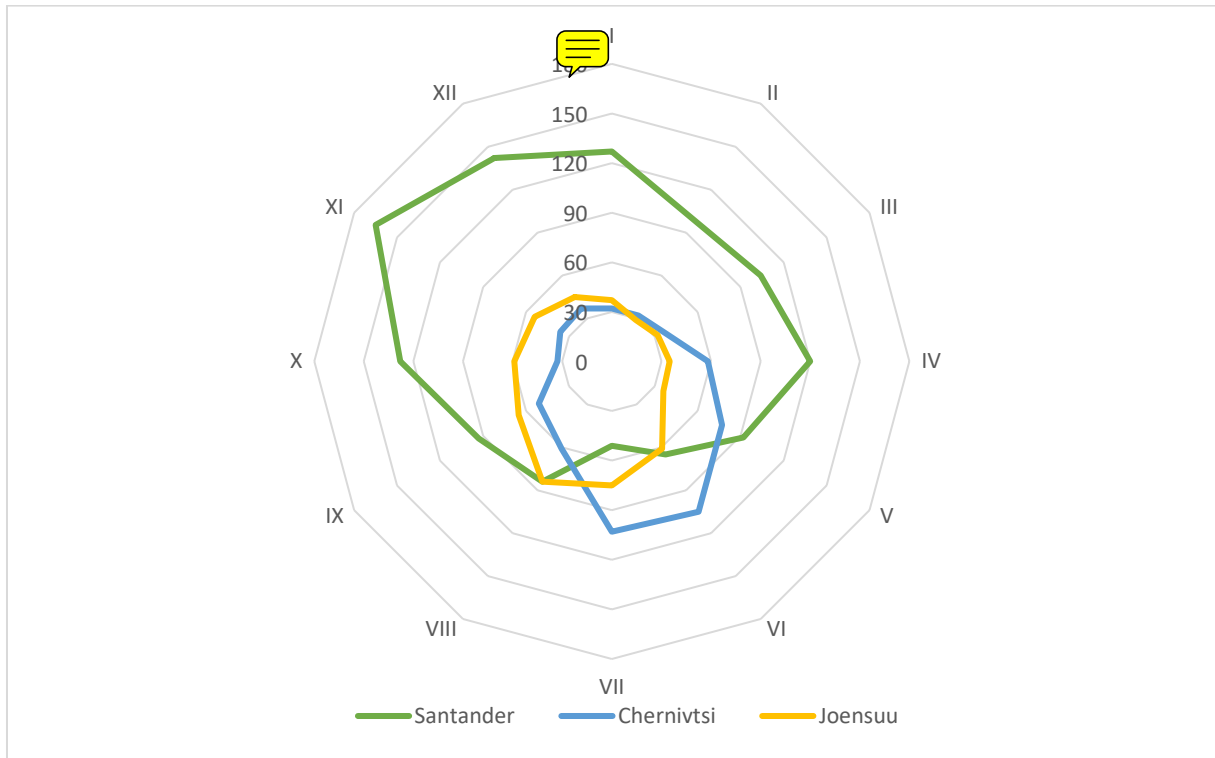
| Stanice    | x     | y     |
|------------|-------|-------|
| Santander  | -0,07 | 0,16  |
| Chernivtsi | 0,10  | -0,28 |
| Joensuu    | -0,14 | -0,17 |

Paprskový graf (Obr. č. 2) přehledně udává, ve kterých měsících, respektive ve které části roku, převažovaly srážky a umožňuje velmi snadné a přehledné porovnání všech tří stanic. Horní polovina grafu odpovídá chladné polovině roku, spodní polovina grafu pak odpovídá teplé polovině roku. Pokud srážky převažují v horní polovině paprskového grafu, jedná se o klima oceánické, pokud pak převažují ve spodní polovině grafu, jedná se o klima kontinentálního typu.

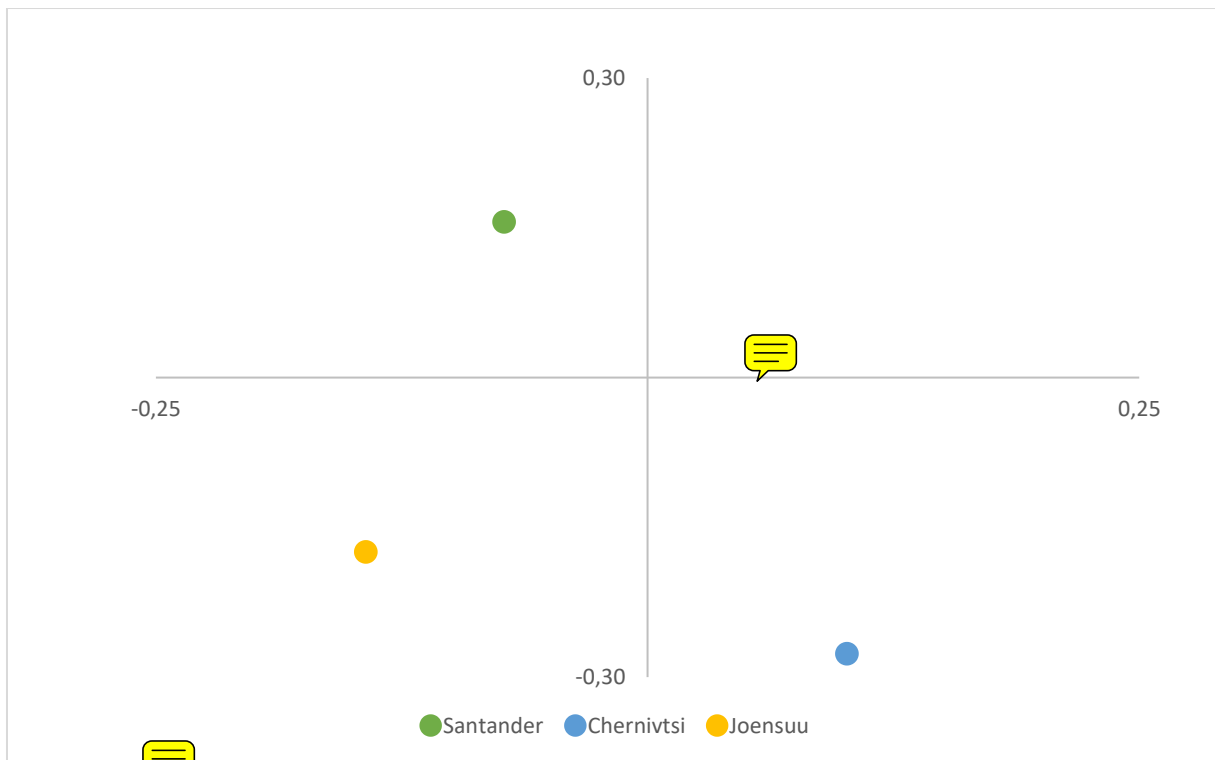
Jasnou převahu srážek v chladné polovině roku lze sledovat na stanici Santander. Nejvyšší hodnotu průměrných měsíčních srážek vykazuje měsíc listopad, kdy tento úhrn překračuje 150 mm. Celkově se většina srážek nachází v chladné polovině roku. Naopak u zbylých dvou stanic se většina srážek nachází v letní polovině roku, což vykazuje jejich kontinentalitu. Jediným rozdílem je to, že u stanice Joensuu jsou nejvyšší srážky dosaženy až později v této polovině roku, což je způsobeno vyšší zeměpisnou šířkou této stanice. U ukrajinské stanice Chernivtsi je



rozložení typické kontinentální. U obou stanic jsou úhrny značně menší než u první stanice s oceánickým typem klimatu.



Obr. č. 2: Roční chod srážek na vybraných stanicích za období 1961 až 1990.



Obr. č. 2: Roční chod srážek na vybraných stanicích za období 1961 až 1990.

## Závěr

K určování kontinentality nebo oceanity dané stanice bylo použito pět různých metod, ve kterých se počítalo jak se srážkami z daných stanic, tak s teplotami. Ve všech případech byly použity hodnoty z referenčního období 1961–1990. První metodou byl pluviometrický koeficient, který udává podíl skutečného úhrnu srážek za určitý měsíc a úhrnu, který by tento měsíc měl při rovnoměrném rozložení srážek během roku, tedy 1/12. Pokud koeficient nabývá hodnot vyšších než jedna v teplé polovině roku, jedná se o klima spíše kontinentální. Pokud koeficient nabývá hodnot vyšších než jedna spíše v chladné polovině roku, jedná se o klima spíše oceanické. Další použitá metoda je index termické kontinentality. Tato metoda počítá se dvěma informacemi na jednotlivých stanicích. První z nich je průměrná roční amplituda teploty, tedy absolutní rozdíl nejvyšší a nejnižší průměrné měsíční teploty. Druhou z proměnných, která se dosazuje do vzorce, je zeměpisná šířka stanice. Maximální hodnota, které může index nabývat, je 40 % a tato hodnota by odpovídala kontinentálnímu klimatu. S klesající hodnotou kontinentalita klesá. Třetí použitou metodou je index ombrické kontinentality. Ten počítá, na rozdíl od indexu termického, s úhrny srážek. Těž vychází v procentech a vyšší hodnota znamená vyšší kontinentalitu. Čtvrtou metodou pro hodnocení kontinentality či oceanity je doba polovičních srážek čili srážkový poločas. Počítá dobu, za kterou spadne polovina srážek na určité stanici. Začíná se počítat od 1. IV, tedy od začátku teplého půlroku. Rychlé naplnění srážkového poločasu signalizuje kontinentalitu. Poslední metodou je poloha těžiště srážek, kdy se pomocí dvou vzorců počítají souřadnice x a y pro zařazení stanice do kvadrantů, jak bylo vysvětleno výše.

Tab. č. 8: Výsledky jednotlivých metod na jednotlivých stanicích za období 1961 až 1990.

| Stanice    | index termické kontinentality | index ombrické kontinentality | doba polovičních srážek | poloha těžiště srážek | klima         |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|
| Santander  | 4,06 %                        | 2,07 %                        | 7,01                    | II. kvadrant          | oceánické     |
| Chernivtsi | 33,28 %                       | 28,29 %                       | 3,88                    | IV. kvadrant          | kontinentální |
| Joensuu    | 33,18 %                       | 17,38 %                       | 5,23                    | III. kvadrant         | kontinentální |

## Zdroje

WMO (1996): Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990. WMO, Geneva, 1996, 768 s. (cit. 9. 10. 2018)