

# Cvičení z 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,
2. hodnocení kontinentality / oceanity
  - a. index termické kontinentality
  - b. index ombrické kontinentality
  - c. doba polovičních srážek
  - d. poloha těžiště srážek

### Vypracování

Přiděleny mí byly stanice **Jerez Aero** (36° 45' s. š.; 43 m n. m.), **Yalta** (44° 29' s. š.; 68 m n. m.) a **Jyväskylä** (62° 24' s. š.; 106 m n. m.). (WEATHER UNDERGROUND, 2018)

Jerez Aero je letiště v jižním Španělsku v blízkosti Atlantského oceánu. Teploty zde nemají příliš velkou amplitudu – minima jsou v lednu s hodnotou 10,9 °C, maxima v červenci s hodnotou 25,6 °C. I měsíční úhrny srážek napovídají k oceánskému klimatu – maxima jsou v zimě, tj. v listopadu, prosinci a lednu přesahují hodnot 100 mm, zato měsíc s minimem 2 mm je měsíc červenec.

Yalta je město na Krymu, tedy na pobřeží Černého moře. I zde jsou malé teplotní amplitudy – minimum 3,9 °C v lednu, maximum 23,2 °C v červenci. Srážky jsou zde nižší než v Jerez Aero, maximum je v prosinci s 95 mm, poté v lednu s 83 mm, minimum je 35 mm, které se vyskytuje v několika měsících – v dubnu, květnu, srpnu, v červenci poté 36 mm.

Poslední stanice, Jyväskylä leží v jižní části Finska, avšak ve vnitrozemí. Teplotní amplituda je zde větší než v předešlých dvou stanicích – pět měsíců je pod nulou, nejnižší teplota je -10 °C v lednu, nejvyšší teplota je v červenci s 15,7 °C. Srážky zde mají odlišný chod – nejvyšší úhrny jsou v létě, konkrétně 91 mm v srpnu, 78 mm v červenci, naopak měsíc s nejnižším úhrnem srážek je únor s 30 mm.

**Tab 1** – Průměrné měsíční teploty [°C] v daných stanicích v období 1961–1990

Stanice	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Jerez Aero	10,9	12,0	13,6	15,4	18,4	21,8	25,1	25,6	23,5	19,7	15,5	12,7	17,7
Yalta	3,9	4,2	6,0	10,8	15,6	20,2	23,2	23,0	19,0	15,6	9,5	6,3	12,9
Jyväskylä	-10,0	-9,5	-4,7	1,3	8,7	14,1	15,7	13,6	8,3	3,4	-2,2	-7,2	2,6

Zdroj: WMO, 1996

**Tab 2** – Průměrné měsíční úhrny srážek [mm] v daných stanicích v období 1961–1990

Stanice	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Jerez Aero	101	78	53	54	38	19	2	5	20	61	109	106	646
Yalta	83	64	45	35	35	45	36	35	43	38	68	95	622
Jyväskylä	43	30	35	37	41	56	78	91	67	56	59	47	640

Zdroj: WMO, 1996

**Pluviometrický koeficient** udává, jaký je poměr úhrnu srážek v určitém měsíci a dvanáctiny ročního úhrnu srážek. Každý měsíc by „ideálně“ měl být právě dvanáctinou ročního úhrnu srážek, avšak roční chod srážek se v praxi liší, není během roku rovnoměrný. Díky pluviometrickému indexu zjistíme vydatnost srážek v každém měsíci, tj. zdali je měsíc srážkově podprůměrný či nadprůměrný.

Hodnoty budu dosazovat do následujícího vzorce:

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

$K_p$  je pluviometrický koeficient,

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

$R$  je roční úhrn srážek [mm].

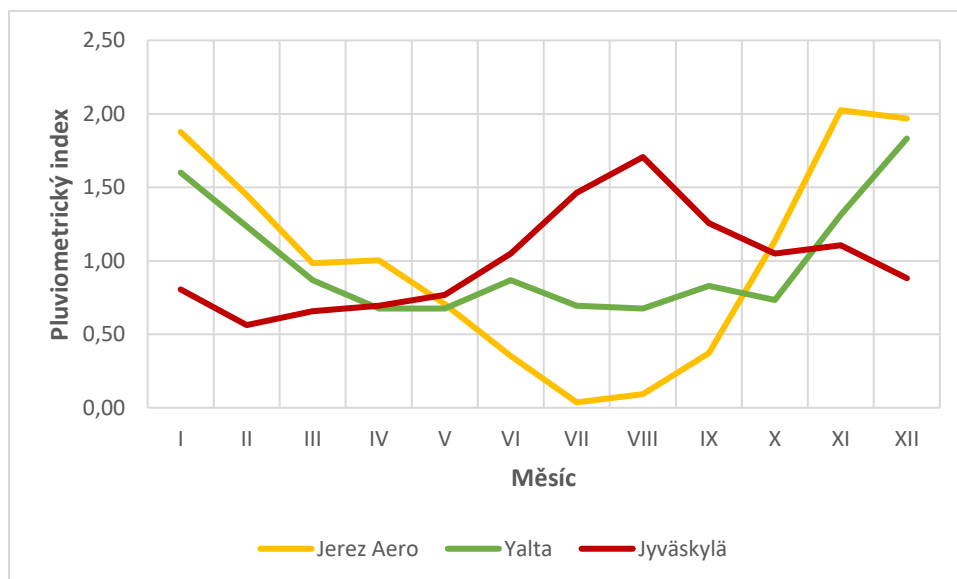
Zde uvádím příklad dosazení měsíce ledna na stanici Jerez Alto:

$$K_p = \frac{101}{\frac{646}{12}}$$

**Tab 3** – Hodnoty pluviometrického koeficientu pro dané stanice

Stanice	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Jerez Aero	1,88	1,45	0,98	1,00	0,71	0,35	0,04	0,09	0,37	1,13	2,02	1,97	646
Yalta	1,60	1,23	0,87	0,68	0,68	0,87	0,69	0,68	0,83	0,73	1,31	1,83	622
Jyvaskylä	0,81	0,56	0,66	0,69	0,77	1,05	1,46	1,71	1,26	1,05	1,11	0,88	640

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočet)



**Obr 1** – Roční průběh pluviometrického koeficientu v daných stanicích

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočet, vlastní zpracování)

V Tab 3 jsou vypočítané pluviometrické koeficienty – hodnota větší než 1 znamená srážkově nadprůměrně vydatný měsíc, naopak hodnota menší než 1 měsíc srážkově podprůměrný. Tyto hodnoty jsou zaneseny do grafu (Obr 1), kde chod i rozdíly vidíme přehledněji.

Stanice Jerez Aero má tři měsíce, které se blíží dvanáctině ročního srážkového úhrnu, tedy měsíc duben je mu zcela roven, měsíc říjen má hodnotu pluviometrického koeficientu 1,13 a měsíc březen hodnotu 0,98. Nejvíce podprůměrné měsíce jsou v létě, především červenec a srpen, naopak velmi nadprůměrné jsou měsíce listopad, prosinec a leden. Tedy srážkově vydatné měsíce jsou v měsících od října do února.

Na stanici Yalta je roční chod pluviometrického koeficientu podobný, ale ne tolik extrémní. Optimu se nejvíce blíží měsíc březen s hodnotou 0,87. Březen až říjen jsou v tomto případě srážkově podprůměrně vydatné měsíce se zvýšením v měsíci červnu na březnovou hodnotu 0,87. Nadprůměrně vydatné měsíce jsou listopadu do února. Rozdíl minim a maxim je výrazně menší než v případě stanice Jerez Aero.

Stanice Jyväskylä má opačný roční chod pluviometrického koeficientu než předchozí stanice. Nejblíže hodnotě 1 mají měsíce červen a říjen s hodnotou 1,05. Maximum 1,77 v srpnu je stále menší maximum než předchozích stanic. Minimum je poté v měsíci únoru s hodnotou 0,56. Nadprůměrné měsíce zde jsou od června do listopadu.

Podle pluviometrického koeficientu bychom mohli první dvě stanice určit podle rozložení srážek za stanice oceánického klimatu, finskou stanici Jyväskylä naopak za stanici kontinentálního klimatu. Dále budu zjišťovat kontinentalitu či oceanitu vybraných stanic čtyřmi různými způsoby – index termické kontinentality, index ombrické kontinentality, doba polovičních srážek a poloha těžiště srážek.

Index termické kontinentality podle vzorce Gorczyńského zkoumá kontinentalitu / oceanitu podle teploty na daném místě. Hodnoty budu dosazovat do následujícího vzorce:

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

- $K$  je termická kontinentalita [%],
- $\varphi$  je zeměpisná šířka,
- $A$  je průměrná roční amplituda teploty [°C].

Zde uvádím příklad dosazení pro stanici Jerez Aero:

$$K = \frac{1,7}{\sin(36,75^\circ)} (14,7 - 12 \times \sin(36,75^\circ))$$

**Tab 4** – Výsledky indexu termické kontinentality pro dané stanice

Stanice	$K$ [%]
Jerez Aero	21,37
Yalta	26,42
Jyväskylä	28,90

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočet)

Index termické kontinentality se tedy dívá na stanici na základě zeměpisné šířky a rozdílu teplot nejchladnějšího a nejteplejšího měsíce. Zde mi vycházely podivné výsledky, vzhledem k tomu, že silná kontinentalita je již u 40 %. Podle srážek jsem usuzovala, že Jerez Aero ležící v blízkosti pobřeží a Yalta

ležící přímo u moře budou oceánické stanice, ale Yalta má jen o 2,5 % nižší index termické kontinentality než finská, vnitrozemní stanice Jyväskylä. Je možné, že je tento nepatrný rozdíl zapříčiněn malou nadmořskou výškou stanice Jyväskylä a blízkostí vodních ploch, popř. tím, že Yalta leží u „vnitrozemního“ Černého moře. Můžeme tedy usuzovat, že podle indexu termické kontinentality je stanice Jerez Aero spíše oceánická, zatímco zbylé dvě spíše kontinentální.

**Index ombrické kontinentality** podle vzorce Hruďičky je obdobným indexem jako index termické kontinentality, jen se zaobírá srážkami v daných stanicích. Hodnoty budu dosazovat do následujícího vzorce:

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

$k$  je ombrická kontinentalita [%],

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

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

Zde uvádím příklad dosazení pro stanici Jerez Aero:

$$l = \frac{54 + 38 + 19 + 2 + 5 + 20}{646} \times 100$$

$$s_z = 61 + 109 + 106 + 101 + 78 + 53$$

$$k = \frac{12(21,36 - 35)}{\sqrt{508}}$$

**Tab 5** – Výsledky indexu ombrické kontinentality pro dané stanice

Stanice	$k$ [%]
Jerez Aero	-7,26
Yalta	1,10
Jyväskylä	16,66

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočet)

V Tab 5 vidíme výsledky indexu ombrické kontinentality. Udávají, jak moc je klima dané stanice kontinentální či oceánické, přičemž čím větší číslo, tím větší kontinentalita. Jerez Aero je tak silně oceánická stanice, že výsledek vyšel v záporném čísle. Vzpomeneme-li si na graf Obr 1, byl zde největší rozdíl mezi pluviometrickým koeficientem během roku. Yalta, ležící přímo u moře, je také velmi oceánická stanice. Poslední stanice, Jyväskylä, má hodnotou indexu ombrické kontinentality nejvyšší, tedy je z těchto stanic nejvíce kontinentální. Tím se potvrzuje předpoklad podle rozložení srážek, že první dvě stanice jsou oceánické a poslední je kontinentální.

Dalším výpočtem bude **dobu polovičních srážek**, která udává, za kolik měsíců od dubna vypadne polovina ročních srážek. Čím více měsíců poločas zahrnuje, tím je klima více oceánické (vzpomeňme, že většina srážek ve stanicích Jerez Aero a Yalta vypadne právě v zimním půlroce, my však počítáme přes letní půlrok).

Výpočet pro stanici Jerez Aero je následující: Za rok vypadne 646 mm srážek, polovina z toho je 323 mm. Nyní sčítáme od dubna srážky za každý měsíc: 54 (duben) + 38 (květen) + 19 (červen) + 2 (červenec) + 5 (srpen) + 20 (září) + 61 (říjen) + 109 (listopad) + 15 (14 % měsíce prosinec). Doba

polovičních srážek je ve stanici Jerez Aero 8,14. Je to poměrně vysoké číslo, polovina ročních srážek vypadne za téměř tři čtvrtě roku od měsíce dubna, tedy těžiště srážek je v době mezi prosincem a březnem. To značí velkou oceanitu klimatu.

Výpočet pro stanici Yalta je následující: Za rok vypadne 622 mm srážek, polovina z toho je 311 mm. Nyní sčítáme od dubna srážky za každý měsíc: 35 (duben) + 35 (květen) + 45 (červen) + 36 (červenec) + 35 (srpen) + 43 (září) + 38 (říjen) + 44 (65 % měsíce listopad). Doba polovičních srážek je ve stanici Yalta 7,65. Zde vidíme také silnou oceanitu, která je však mírnější než ve stanici Jerez Aero.

Výpočet pro stanici Jyväskylä je následující: Za rok vypadne 640 mm srážek, polovina z toho je 320 mm. Nyní sčítáme od dubna srážky za každý měsíc: 37 (duben) + 41 (květen) + 56 (červen) + 78 (červenec) + 91 (srpen) + 17 (25 % měsíce září). Doba polovičních srážek je ve stanici Jyväskylä 5,25. Rozdíl oproti předchozím dvěma stanicím je výrazný – klima je zde kontinentálnějšího rázu. Není to však extrémní, což může být zapříčiněno malou nadmořskou výškou (106 m n. m.) či faktem, že kolem stanice je množství vodních ploch (jezer).

Poslední charakteristikou, která nám pomůže k rozklíčování, zdali se jedná o kontinentální či oceánické klima, je **poloha těžiště srážek**. Znovu hodnotí srážky v daných stanicích, tentokrát se jedná o výpočet souřadnic podle úhrnů srážek v jednotlivých měsících a konstant. Podle toho se stanice octne v jednom ze čtyř kvadrantů, podle čeho lze zjistit oceanita či kontinentalita klimatu.

Hodnoty budu dosazovat do následujícího vzorce:

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

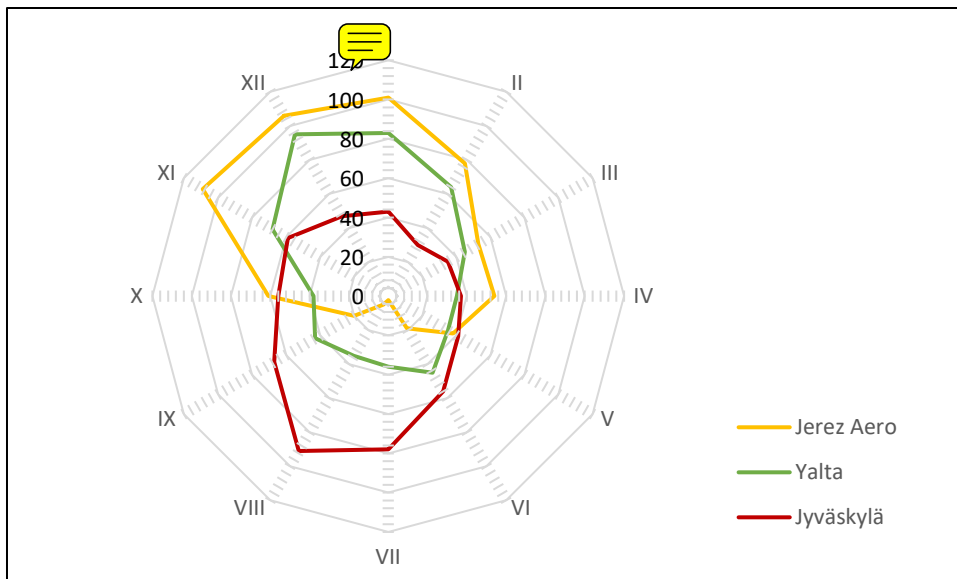
$$y = \frac{0,5(III-V-IX+XI)+0,866(II-VI-VIII+XII)+I-VII}{S}, \text{ kde}$$

$I, II, \dots, XII$  jsou úhrny srážek jednotlivých měsíců,  
 $S$  je roční úhrn srážek.

Zde uvádím příklad dosazení pro stanici Jerez Aero:

$$x = \frac{0,5(78 + 19 - 5 - 106) + 0,866(53 + 38 - 20 - 109) + 54 - 61}{646}$$

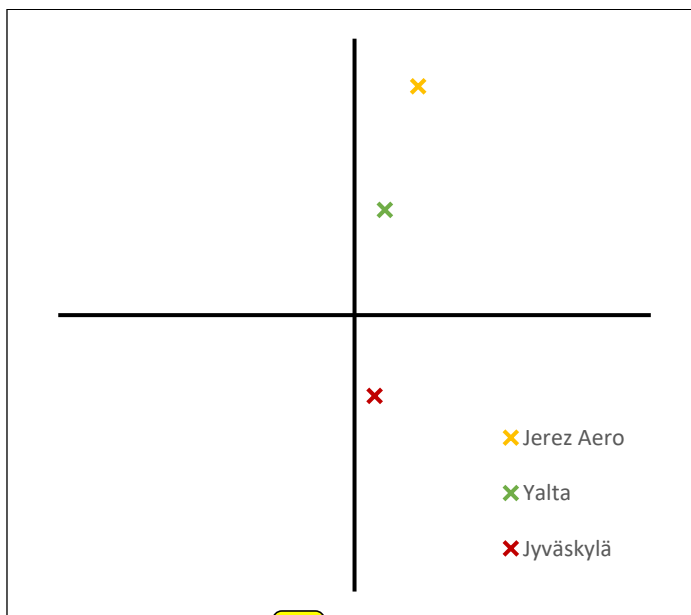
$$y = \frac{0,5(53 - 38 - 20 + 109) + 0,866(78 - 19 - 5 + 106) + 101 - 2}{646}$$



**Obr 2** – Rozložení srážek během roku v daných stanicích  
Zdroj: WMO, 1996 (vlastní zpracování)

Obr 2 zachycuje roční chod srážek. Zde vidíme, že na stanicích Jerez Aero a Yalta jsou srážky přítomny především v zimních měsících od listopadu do ledna až února, zatímco ve stanici Jyväskylä jsou v těchto měsících srážky menší a maxima dosahují v letních měsících, od července do srpna, popř. do září. Stanice Jerez Aero v měsících červenci a srpnu nezaznamenává srážky téměř žádné, zatímco na stanici Yalta jsou srážky více vyrovnané, tzn. „nevytrácejí se“ v letních měsících. Podobně je na tom stanice Jyväskylä, jen s pootočenými hodnotami.

Na Obr 3 již jsou zachyceny stanice v kvadrantech podle výpočtu uvedeného výše. Vidíme, že stanice Jerez Aero a Yalta jsou v prvním kvadrantu, což značí buď horské klima nebo středomořské klima. Zde můžeme usuzovat, že se jedná skutečně o klima středomořské – španělská stanice leží v blízkosti Gibraltarů na Atlantské straně a Yalta při Černém moři. Záludnější to je s finskou stanicí Jyväskylä, která skončila ve čtvrtém kvadrantu, tedy v kvadrantu s teplým kontinentálním klimatem. Podle předchozích charakteristik se skutečně domnívám, že se jedná o kontinentální klima, avšak s minimum  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a maximum  $15,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  o nějakém teplém klimatu nemůže být vůbec řeč.



**Obr 3** – Poloha těžiště srážek na daných stanicích  
Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočet, vlastní zpracování)

## Závěr

Vypočetla jsem celkem čtyři různé charakteristiky, které napovídají, zdali je klima kontinentální či oceánické, přičemž tři z nich se zabíraly srážkami. K tomu jsem vypočetla i pluviometrický koeficient, který má ke sporu kontinentalita / oceanita také co říci, a dívá se taktéž na srážky a jejich vydatnost v průběhu roku.

**Tab 6** – Shrnutí všech výsledků vypočtených v tomto cvičení k daným stanicím

Stanice	Pluviometrický koeficient	Index termické kontinentality	Index ombrické kontinentality	Doba polovičních srážek	Poloha těžiště srážek	Klima
Jerez Aero	v létě podprůměrný	21,37 %	-7,26 %	8,14 měsíce	I. kvadrant	oceánické
Yalta	v létě podprůměrný	26,42 %	1,10 %	7,65 měsíce	I. kvadrant	oceánické
Jyväskylä	v létě nadprůměrný	28,90 %	16,66 %	5,25 měsíce	IV. kvadrant	kontinentální

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočet, vlastní zpracování)

Pluviometrický koeficient určil, zdali jsou srážky vydatnější v letním či zimním půlroce – výsledkem bylo, že stanice Jerez Aero a Yalta mají více srážek v zimním období od měsíce listopadu do měsíce ledna či února, zatímco Jyväskylä má těžiště srážek v létě, především v srpnu. To značí, že Jerez Aero a Yalta budou oceánické stanice, zatímco Jyväskylä kontinentální.

Index termické kontinentality se vyslovil pro spíše oceánickou stanici Jerez Aero a spíše kontinentální stanice Yalta a Jyväskylä. Výsledek stanice Yalty byl poměrně překvapivý, protože se nachází přímo na pobřeží Černého moře. Kromě Černého moře je však město široko daleko obklopeno pevninou, Černé moře je zde spíše takovým „jezerem“ (ve smyslu uzavřenosti v pevnině), což může být důvod tohoto výsledku.

Index ombrické kontinentality již potvrzuje domněnku získanou na základě pluviometrického koeficientu, tedy že Jerez Aero je se záporným výsledkem indexu extrémně oceánický, Yalta je také v oceánickém klimatu a stanici Jyväskylä můžeme řadit v porovnání s předchozími výsledky do kontinentálního klimatu, avšak výsledek není příliš radikální.

Doba polovičních srážek ukázala, počítáme-li od měsíce dubna, že ve stanici Jerez Aero trvá více než osm měsíců, než naprší polovina ročního úhrnu srážek, tedy také že polovina ročního úhrnu srážek vypadne v zimním období za o něco více než čtvrt roku. Podobně je na tom stanice Yalta, která se také blíží k osmi měsícům. Naopak ve stanici Jyväskylä vypadne polovina ročních srážek za (jen o něco málo) méně než šest měsíců, což se kloní zase spíše ke kontinentálnímu klimatu, ale ne s takovou extremitou, jak koneckonců ukázaly již indexy termické i ombrické kontinentality. Doba polovičních srážek popisuje podobnou charakteristiku jako pluviometrický index, tedy hodnocení kontinentality či oceanity je i zde obdobné.

Jako poslední výpočet byla poloha těžiště srážek, kdy jsem vypočetla podle vzorce souřadnice, které umístily stanice do určitých kvadrantů. Jerez Aero a Yalta se umístily v kvadrantu prvním, které značí středomořské klima. Jerez Aero skutečně může být ve středomořském klimatu, jelikož leží na jihu Španělska při Gibraltaru a má poměrně vysoké letní teploty. Stanice Yalta neleží při Středomořím moři, ale u Černého moře, maximální teploty jsou také poměrně vysoké, téměř srovnatelné s teplotami v Jerez Aero, minima jdou níže, tedy amplituda ročních teplot je zde větší. Středomořské klima tedy naznačuje klima oceánické – přímo se odvíjí od moře. Jyväskylä se umístila ve čtvrtém kvadrantu, který znamená teplé kontinentální klima. Jak jsem již psala výše, o teplém klimatu nemůže být řeč, avšak kontinentální klima by odpovídalo předchozím výsledkům.

Na základě těchto indicií jsem určila, že stanice Jerez Aero a Yalta leží v oceánickém klimatu a stanice Jyväskylä v klimatu kontinentálním.

## Zdroje

WEATHER UNDERGROUND (2018): Weather Underground, <https://www.wunderground.com>, 30. 9. 2018

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