Petr LIŠKA 451093
2. ročník, B-GK GEOG
Tvarožná, 10. 10. 2018

METEOROLOGIE A KLIMATOLOGIE

Klimatologické indexy

Zadání:

Pro zadané stanice ze světa vypsat roční chod teploty vzduchu a srážek a početně či graficky zpracovat 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:

Cvičení bylo vypracováno pro následující klimatologické stanice:

- Lisabon (Portugalsko)
- Sarata (Ukrajina)
- Aberdeen/Dyce (Velká Británie)

Mezi základní faktory ovlivňující místní klima patří zeměpisná šířka, nadmořská výška a také ocenita/kontinentalita. Přesná zeměpisná šířka je uvedena níže (tabulka 4), přesto, nejjižněji je Lisabon, poté Sarata, a nakonec nejseverněji Aberdeen/Dyce. S rostoucí zeměpisnou šířkou by tedy teplota měla klesat. To, co platí pro zeměpisnou šířku, platí i pro nadmořskou výšku, jenže všechny stanice leží u pobřeží a maximálně do 150 m n. m. Protože jsou tyto stanice u pobřeží, mělo by to znamenat, že je u všech oceánské klima, musíme ovšem vzít v potaz, že Černé moře je téměř uzavřené a to samé platí i o Středozemním moři, které s Černým mořem vliv Atlantského oceánu na klima ve stanici Sarata eliminuje. Na ostatní dvě stanice již oceán působí přímo, proto zde můžeme očekávat malý rozptyl teplot během roku, Sarata ovlivňuje kontinentální klima, zde by měl být rozptyl větší.

Tyto odhady by nám měly pomoci zhodnotit tabulky 1 a 2, které ukazují průměrné měsíční teploty a průměrné měsíční množství srážek ve vybraných stanicích. Pokud uděláme průměr z měsíčních teplot, zjistíme, že nejjižnější stanice má průměr nejvyšší a naopak. Tedy od jihu: Lisabon (16,8 °C), Sarata (10,1 °C) a Aberdeen/Dyce (7,8 °C). Nadmořská výška zde tedy v podstatě nehraje roli, proto přejdeme na oceanitu/kontinentalitu. Zatímco teplotní amplituda u Lisabonu a Aberdeen/Dyce je poměrně nízká (11,4 °C, resp. 11,1 °C) u Saraty vidíme dokonce 23,7 °C. To nám tedy potvrzuje kontinentalitu pouze zde; můžeme se ještě podívat na rozložení srážek během roku. U míst s oceanickým klimatem je vyšší vydatnost na podzim a v zimě, což odpovídá pro Aberdeen/Dyce a zejména pro Lisabon. Pro pevninské klima je typický nejvyšší výskyt srážek v letních měsících, jak je tomu právě se stanicí Sarata.

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

Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Lisabon	11,4	12,3	13,7	15,1	17,4	20,2	22,4	22,8	21,7	18,5	14,5	11,8
Sarata	-2,2	-0,8	3,4	10	15,9	19,8	21,5	20,9	16,5	10,4	5,2	0,6
Aberdeen/Dyce	2,7	2,9	4,5	6,3	9	12,1	13,8	13,6	11,7	9	5	3,5

Zdroj: WMO, 1996

Tabulka 2: Průměrné měsíční množství srážek [mm] ve vybraných stanicích v období let 1961 – 1990

Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Lisabon	110	111	69	64	39	21	5	6	26	80	114	108
Sarata	32	33	26	32	48	63	61	42	43	25	34	38
Aberdeen/Dyce	82	51	58	53	59	53	60	75	68	77	75	73

Zdroj: WMO, 1996

Pluviometrický koeficient

Pluviometrický koeficient hodnotí vydatnost srážek v určitém měsíci při předpokladu rovnoměrného rozložení srážek během celého roku. Jde o poměr skutečného množství srážek a množství, jež předpokládá, že v každém měsíci spadne stejný díl celoročního srážkového úhrnu. Vzorcem lze tento podíl vyjádřit takto:

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

kde je k_i pluviometrický koeficient
r_i měsíční srážkový úhrn i-tého měsíce
R roční srážkový úhrn

Roční srážkový úhrn dostaneme jako sumu průměrných měsíčních množství srážek.

$$R = \sum_{I}^{XII} r_i$$

Příklad výpočtu:

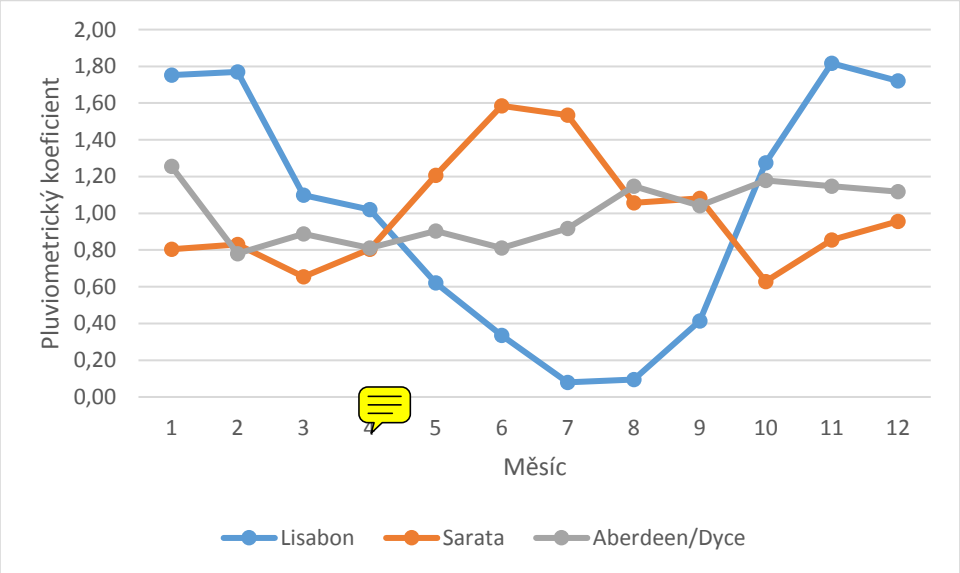
$$k_i = \frac{r_i}{\frac{R}{12}} = \frac{110}{\frac{753}{12}} \doteq 1{,}75$$

V tabulce 3 a zejména následujícím grafu (obrázek 1) můžeme vidět jasně, že **Lisabon** má typický průběh srážek pro oceanické klima. Maximum srážek během roku zde spadne od listopadu do února, tedy na podzim a v zimě. Naopak v létě a zejména v červenci a srpnu spadne opravdové minimum srážek, což je zřejmě dáno velmi suchými léty na Pyrenejském poloostrově. Naopak typicky kontinentální klima lze vidět na stanici **Sarata.** Zde spadne nejvíce srážek právě v létě, konkrétně v červnu a červenci. Zde je ale rozložení rovnoměrnější, žádný měsíc nespadne méně než polovina měsíčního průměru. Na poslední stanici, kterou je **Aberdeen/Dyce,** by mělo panovat podle předchozích úvah oceanické klima. To potvrzuje pouze extrémní úhrn srážek v lednu; i když na podzim a v zimě spadne více srážek, vyjma ledna je průběh měsíčních úhrnů během roku poměrně vyrovnaný. To je zřejmě dáno deštivým počasím, které panuje ve Velké Británii, proto je zde dostatek srážek po celý rok.

Tabulka 3: Pluviometrický koeficient vybraných stanic v období let 1961 – 1990

Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Lisabon	1,75	1,77	1,10	1,02	0,62	0,33	0,08	0,10	0,41	1,27	1,82	1,72
Sarata	0,81	0,83	0,65	0,81	1,21	1,58	1,53	1,06	1,08	0,63	0,86	0,96
Aberdeen/Dyce	1,26	0,78	0,89	0,81	0,90	0,81	0,92	1,15	1,04	1,18	1,15	1,12

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)



Obrázek 1: Pluviometrický koeficient vybraných stanic v období let 1961 – 1990
Zdroj: WMO, 1996 (vlastní úprava)

Index termické a ombrické kontinentality

K hodnocení kontinentality, resp. oceanity klimatu však kromě ročního rozložení srážek a teplotních amplitud slouží indexy termické a ombrické kontinentality. První z nich pracuje s hodnotami průměrných měsíčních teplot, resp. s rozdílem maximální a minimální průměrné měsíční teploty v určitém období. Index byl vypočítán podle vzorce Gorczyńského, v němž se bere v úvahu i zeměpisná šířka stanice (viz tabulka 4). Samotný vzorec pak vypadá takto:

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

kde je *K* index termické kontinentality [%]
A průměrná roční amplituda [°C]
φ zeměpisná šířka [°]

Tabulka 4: Zeměpisné šířky [°] zpracovávaných stanic

Stanice	Zeměpisná šířka
Lisabon	38° 43' s. š.
Sarata	45° 57' s. š.
Aberdeen/Dyce	57° 12' s. š.

Zdroj: IS MUNI, 2018

Pro výsledná procenta dále platí, že malé hodnoty odpovídají klimatu více oceánickému, kdežto naopak s rostoucí hodnotou je klima více kontinentální. Na našich vybraných stanicích tedy můžeme pozorovat, že Aberdeen/Dyce má jednoznačné oceanické klima, kdežto Lisabon má překvapivě klima až téměř mírně kontinentální. Nicméně pro poslední stanici Sarata vidíme jednoznačný výsledek pro klima kontinentální.

Tabulka 5: Index termické kontinentality ve vybraných stanicích v období let 1961 – 1990

Stanice	A [°C]	K [%]
Lisabon	11,4	10,58
Sarata	23,7	35,66
Aberdeen/Dyce	11,1	2,05

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)

Výpočty indexů termické kontinentality:

Lisabon:

$$K = \frac{1{,}7}{sin\varphi}(A - 12sin\varphi) = \frac{1{,}7}{sin38°43'}(11{,}4 - 12sin38°43') \doteq 10{,}58\ \%$$

Sarata:

$$K = \frac{1{,}7}{sin\varphi}(A - 12sin\varphi) = \frac{1{,}7}{sin45°57'}(23{,}7 - 12sin45°57') \doteq 35{,}66\ \%$$

Aberdeen/Dyce:

$$K = \frac{1{,}7}{sin\varphi}(A - 12sin\varphi) = \frac{1{,}7}{sin57°12'}(11{,}1 - 12sin57°12') \doteq 2{,}05\ \%$$

Index ombrické kontinentality pracuje zejména se srážkovými úhrny za určitá období, a to za zimní, roční a v případě letního období jde o vyjádření v procentech ročního úhrnu. Celý vztah pro výpočet podle Hrudičky je následují:

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

kde je *k* index ombrické kontinentality
l množství srážek v teplém období (IV – IX) v procentech ročního srážkového úhrnu
s_z množství srážek v zimním období (X – III)

Vztah pro *l* má tento tvar:

$$l = \frac{\sum_{IV}^{XI} s}{s_r}$$

po vyjádření s_r pak platí:

$$l = \frac{\sum_{IV}^{XI} s}{\sum_{X}^{XII} s} 100$$

a po dosazení a vyjádření s_z platí vztah:

$$k = \frac{12(\left(\frac{\sum_{IV}^{XI} s}{\sum_{X}^{XII} s} 100\right) - 35)}{\sqrt{\sum_{X}^{III} s}}$$

Stejně jako u indexu termické kontinentality platí, že čím je hodnota indexu vyšší, tím považujeme zdejší klima za více kontinentální. Index ombrické kontinentality nám prohodil role Lisabonu a Aberdeen/Dyce. Zde je to právě Lisabon, co má jednoznačně nejnižší hodnotu jako jasný znak oceanity; Aberdeen/Dyce má sice hodnotu vyšší, ale jde také o oceanické klima. Naopak Sarata zde má opět hodnotu, která poukazuje jednoznačně na kontinentální podnebí.

Tabulka 6: Index ombrické kontinentality [%] a sumy srážkových úhrnů [mm] ve vybraných stanicích v období let 1961 – 1990

Stanice	$\Sigma s_{(IV-IX)}$ [mm]	s_r [mm]	l [%]	s_z [mm]	k [%]
Lisabon	161	753	21,38	592	-6,72
Sarata	289	477	60,59	188	22,39
Aberdeen/Dyce	368	784	46,94	416	7,02

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)

Výpočty indexů termické kontinentality:

Lisabon:

$$k = \frac{12(\left(\frac{\sum_{IV}^{XI} s}{\sum_{X}^{XII} s} 100\right) - 35)}{\sqrt{\sum_{X}^{III} s}} = \frac{12(\left(\frac{161}{753} 100\right) - 35)}{\sqrt{592}} \doteq -6{,}72\ \%$$

Sarata:

$$k = \frac{12(\left(\frac{\sum_{IV}^{XI} s}{\sum_{X}^{XII} s} 100\right) - 35)}{\sqrt{\sum_{X}^{III} s}} = \frac{12(\left(\frac{289}{477} 100\right) - 35)}{\sqrt{188}} \doteq 22{,}39\ \%$$

Aberdeen/Dyce:

$$k = \frac{12(\left(\frac{\sum_{IV}^{XI} s}{\sum_{X}^{XII} s} 100\right) - 35)}{\sqrt{\sum_{X}^{III} s}} = \frac{12(\left(\frac{368}{784} 100\right) - 35)}{\sqrt{416}} \doteq 7{,}02\ \%$$

Doba polovičních srážek

S indexem ombrické kontinentality souvisí další charakteristika pracující s množstvím srážek, a to tzv. doba polovičních srážek (srážkový poločas). Jde o dobu, vyjádřenou v měsících, za níž spadne polovina ročního srážkového úhrnu, počínaje 1. dubnem. V kontinentálním klimatu se tato doba zkracuje, naopak v oceánickém se čas požadovaného úhrnu prodlužuje. Vycházíme tedy opět z tabulky 2., tedy průměrného měsíčního množství srážek, odkud určíme požadovanou hodnotu a následně podle vzorce

$$\sum_{IV}^{x} s_i = s_n$$

kde je s_i průměrný měsíční úhrn srážek i-tého měsíce
s_n počet celých měsíců
x poslední celý měsíc, jehož srážkové množství přičítáme

zjistíme počet celých měsíců a následným dopočtem získáme část měsíce, za niž spadne zbytek srážkového úhrnu potřebného k doplnění poloviny ročního množství.

Na obrázku 1 můžeme vidět u každé stanice rozdílné rozložení srážek během roku, což se projevuje ve výsledcích dob polovičních srážek. Nejprve zde máme sucho během léta v Lisabonu, to tedy znamená, že by doba polovičních srážek měla od dubna trvat nejdéle a více než 6 měsíců. Ve výsledku vidíme, že jde opravdu dokonce o více než 8 měsíců s naplněním poloviny ročních srážek až v prosinci. Naopak ve stanici Sarata je přes léto největší úhrn srážek a doba polovičních srážek by měla být nejkratší z vybraných stanic a pod půl roku. Po výpočtu zjišťujeme, že je to pouze necelých 5 měsíců. Poslední stanicí je Aberdeen/Dyce s poměrně rovnoměrným rozložením srážek během roku. Výsledná doba polovičních srážek by se tedy mohla pohybovat kolem 6 měsíců. Výsledek nám potvrzuje, že tato stanice má dobu polovičních srážek nejblíže hodnotě půl roku, a to konkrétně v necelé třetině 7. měsíce (říjen).

Tabulka 7: Hodnoty ročních srážek, polovičních ročních srážek a doba jejich naplnění od 1. dubna na vybraných stanicích v období let 1961 – 1990

Stanice	s_r [mm]	s_n [mm]	počet měsíců
Lisabon	753	376,5	8,20
Sarata	477	238,5	4,82
Aberdeen/Dyce	784	392	6,31

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)

Příklad výpočtu:

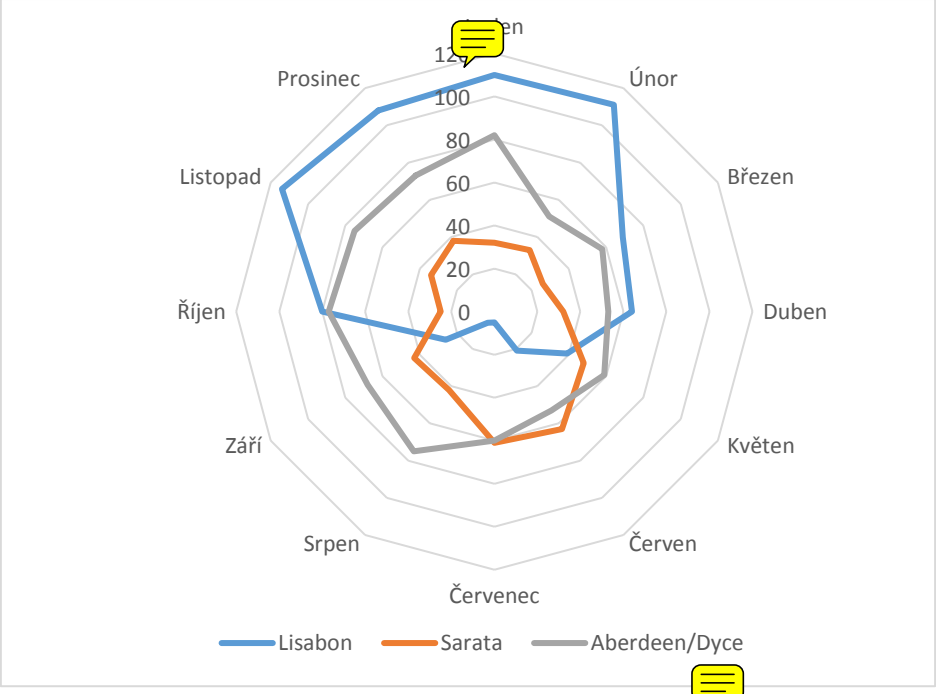
$$\sum_{III}^{x} s_i = 64 + 39 + 21 + 5 + 6 + 26 + 80 + 114 = 355\ mm$$

Chybí tedy 376,5-355=21,5 mm. Předpokládáme rovnoměrné rozložení srážek v následujícím měsíci (prosinec se 108 mm):

$$\frac{21{,}5}{108} \doteq 0{,}20\ měsíce$$

Poloha těžiště srážek

Tuto charakteristiku spočítáme pomocí jednotlivých průměrných měsíčních úhrnů a celkového ročního úhrnu. Výsledkem jsou hodnoty kartézského souřadnicového systému, které v grafickém vyjádření poukazují na charakter klimatu stanice, a to náležitostí bodu o získaných souřadnicích v určitém kvadrantu souřadnicového systému.



Obrázek 2: Rozložení ročního chodu srážek v paprskovém grafu
Zdroj: WMO, 1996 (vlastní úprava)

Výpočet souřadnic polohy těžiště srážek:

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

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

Příklad pro Aberdeen/Dyce

$$x = \frac{0{,}5(51 + 53 - 75 - 73) + 0{,}866(58 + 59 - 68 - 75) + 53 - 77}{784} \doteq -0{,}08739$$

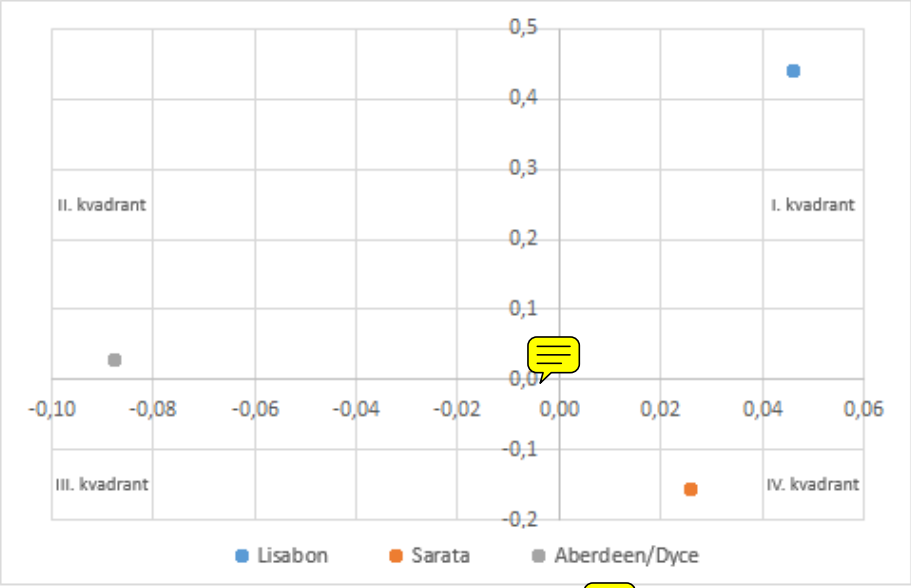
$$y = \frac{0{,}5(58 - 59 - 68 + 75) + 0{,}866(51 - 53 - 75 + 73) + 82 - 60}{784} \doteq 0{,}02747$$

Tabulka 8: Souřadnice polohy těžiště srážek vybraných stanic v období let 1961 – 1990

Stanice	x	y
Lisabon	0,04600	0,43861
Sarata	0,026	-0,15502
Aberdeen/Dyce	-0,08739	0,02747

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)

Každý kvadrant tedy charakterizuje jiný typ klimatu. V **I. kvadrantu** vysokohorské stanice a stanice středomořského klimatu. Zde nalezneme zástupce středomořského klimatu **Lisabon**. V **II. kvadrantu** se nachází stanice oceánského typu chodu srážek, kde můžeme vidět vybranou stanici **Aberdeen/Dyce**. **III. kvadrant** náleží stanicím s kontinentálním a přechodným typem chodu srážek. Zde žádnou z vybraných stanic nenalezneme. Ve **IV. kvadrantu** pak najdeme stanice s chodem srážek odpovídající teplému kontinentálnímu typu. Zde najdeme stanici **Sarata**, která je jednak kontinentálního klimatu, zároveň je dostatečně na jihu a až na pobřeží Černého moře, kde je poměrně teplé klima.



Obrázek 3: Poloha těžiště srážek vybraných stanic v období let 1961 – 1990
Zdroj: WMO, 1996 (úprava)

Tabulka 9: Výsledné hodnoty vybraných charakteristik na sledovaných stanicích za období let 1961 – 1990

Stanice	Zeměpisná šířka [°]	Index termické kontinentality [%]	Index ombrické kontinentality [%]	Doba polovičních srážek [měsíc]	Poloha těžiště srážek	Klima
Lisabon	38° 43' s. š.	10,58	-6,72	8,20	I. kvadrant	oceanické
Sarata	45° 57' s. š.	35,66	22,39	4,82	IV. kvadrant	kontinentální
Aberdeen/Dyce	57° 12' s. š.	2,05	7,02	6,31	II. kvadrant	oceanické

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)

Závěr:

Z výsledků je jasné, že každá stanice se nachází na území s různými klimatickými podmínkami. Nejprve se podíváme na **Lisabon.** Tato stanice je jednoznačně oceanického klimatu, neboť se nachází na pobřeží Atlantského oceánu. Tomu odpovídají pluviometrický koeficient s rozložením srážek i indexy kontinentality, zejména ombrické, nebo také doba polovičních srážek. Poloha těžiště srážek nám přiřadila tuto stanici do kvadrantu se středomořským klimatem; také teplotní amplituda je menší a neodpovídá kontinentálnímu klimatu. Teplota je zde celoročně vysoká, což má za následek zejména Golfský proud a samozřejmě malá teplotní amplituda díky oceanitě. V létě i v zimě má na počasí vliv azorská tlaková výše. Další stanicí je ukrajinská **Sarata.** Zde můžeme ve výsledcích vidět jasné známky kontinentálního klimatu. V rozložení srážek během roku vidíme maxima v letních měsících a také teplotní amplituda je vysoká, větší než dvojnásobek zbylých stanic. Oba indexy kontinentality jsou o dost vyšší než v ostatních stanicích a ukazují na kontinentální klima stejně jako doba polovičních srážek, která je od dubna kratší kvůli vyššímu letnímu úhrnu srážek. Poloha těžiště srážek nám ukazuje na teplé kontinentální klima. V zimě je počasí ovlivněno zejména sibiřskou tlakovou výší, v létě asijskou tlakovou níží a azorskou tlakovou výší. Poslední stanice je **Aberdeen/Dyce.** Ta má podle výsledků stejně jako Lisabon oceanické klima. Teplotní amplituda je poměrně malá, rozložení srážek během roku rovnoměrné, nejvíc srážek přesto spadne na podzim a v zimě. Indexy kontinentality nám kontinentální klima vyvracejí a poloha těžiště srážek nám tuto stanici zařadila do oceánského typu chodu srážek. Vliv na klima má Golfský proud, islandská tlaková níže a sibiřská tlaková výše.

Zdroje:

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

IS.MUNI (©2018): Studijní materiály předmětu Z0076 Meteorologie a klimatologie, https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2018/Z0076/ (10. 10. 2018)