

METEOROLOGIE A KLIMATOLOGIE

Klimatologické indexy

ZADÁNÍ

Pro zadané stanice ze světa vypsát 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

Zadané úkoly byly zpracovávány pro tyto klimatologické stanice:

- Belmullet (Irsko)
- Ternopil (Ukrajina)
- Waddington (Velká Británie)

Zeměpisná šířka, nadmořská výška a oceanita/kontinentalita jsou faktory, které ovlivňují místní klima. Nejseverněji položenou stanicí je Belmullet v Irsku, jedná se zároveň o stanici s nejnižší nadmořskou výškou (9 m n. m.). Jižněji se nachází Waddington ve Velké Británii a nakonec Ternopil v Ukrajině, který má nadmořskou výšku nejvyšší (Tab. 1). Můžeme předpokládat, že s rostoucí zeměpisnou šířkou i nadmořskou výškou by měla teplota klesat.

Tab. 1 Zeměpisné šířky [°] a nadmořské výšky [m n. m.] vybraných stanic

Název stanice	Zeměpisná šířka	Nadmořská výška [m n. m.]
Belmullet	54° 14' s. š.	9
Ternopil	49° 32' s. š.	327
Waddington	53° 10' s. š.	68

Zdroje: IS MUNI, METEOSTAT, 2019

V Tab. 2 a v Tab. 3 jsou uvedené hodnoty průměrných měsíčních teplot a průměrných srážkových úhrnů ve vybraných stanicích, podle kterých bychom mohli odhadovat charakter klimatu. Stanice Belmullet se nachází na pobřeží, vykazuje také menší teplotní amplitudu (8,5 °C) a větší vydatnost srážek v podzimním a zimním období. Je tedy zřejmé, že se jedná o oceánské klima. Waddington se nachází dále od moře než stanice Belmullet, je ale pravděpodobné, že tato stanice bude stále pod vlivem oceánského klimatu. V porovnání se stanicí Belmullet má Waddington teplotní amplitudu vyšší

o 4,1 °C (12,6 °C) a průměrný srážkový úhrn podstatně nižší, který se v jednotlivých měsících pohybuje mezi 38-63 mm. Nejvydatnějším měsícem je srpen (63 mm). Na rozložení teplot na stanicích Belmullet a Waddington má výrazný vliv Golfský proud, v porovnání se stanicí Ternopil je na obou stanicích tepleji (zejména v období X - III). Stanice Ternopil se nachází ve vnitrozemí. V porovnání s ostatními stanicemi má teplotní amplitudu výrazně vyšší (23,1 °C). Srážky jsou nejvydatnější v letních měsících. Předpokládáme tedy, že se jedná o kontinentální klima.

Tab. 2 Průměrné měsíční teploty [°C] ve vybraných stanicích v období 1961–1990

Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Belmullet	5,9	5,8	7,0	8,4	10,5	12,8	14,1	14,3	13,0	11,0	8,0	7,0
Ternopil	-5,8	-4,2	0,0	7,4	13,3	16,2	17,3	16,8	12,9	7,4	1,8	-2,9
Waddington	3,2	3,3	5,4	7,5	10,8	13,9	15,8	15,7	13,6	10,3	6,0	3,9

Zdroj: WMO, 1996

Tab. 3 Průměrné srážkové úhrny [mm] ve vybraných stanicích v období 1961–1990

Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Belmullet	124	80	96	57	68	68	68	94	109	134	127	119
Ternopil	34	34	32	47	68	81	92	63	52	33	36	39
Waddington	49	38	49	47	50	53	53	63	47	47	55	53

Zdroj: WMO, 1996

1. PLUVIOMETRICKÝ KOEFICIENT

Pluviometrický koeficient ukazuje podíl skutečného úhrnu srážek za určitý měsíc a úhrnu, který by tento měsíc měl za předpokladu rovnoměrného rozložení srážek během roku.

Vzorcem lze tento podíl vyjádřit takto:

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

K_p ...Pluviometrický koeficient

r_i ...měsíční srážkový úhrn i-tého měsíce [mm]

R ...roční srážkový úhrn [mm]

Roční srážkový úhrn vypočítáme jako sumu průměrných měsíčních množství srážek.

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

Pokud K_p je větší než 1, jedná se o nadprůměrně vydatný srážkový měsíc. Při K_p menší než 1, daný měsíc se hodnotí jako podprůměrně vydatný.

V Tab. 4 a v následujícím grafu (Obr. 1) můžeme vidět, že Ternopil má typické rozložení srážek pro kontinentální klima. Nejvíce srážek pozorujeme v letních měsících (zejména v červenci). Stanice Belmullet má větší vydatnost srážek v podzimním a zimním období, což je typické pro oceánické klima. Vydatnějšími měsíci na stanici Waddington jsou letní měsíce a měsíc listopad a prosinec, i když průměr měsíčních úhrnů během roku je poměrně vyrovnaný. Na tuto stanici by měly mít vliv cyklony přicházející ze severního Atlantiku a přinášející časté srážky (což by také mohlo mít vliv na stanici Belmullet). Pozorujeme tedy přechodné klima mezi kontinentálním a oceánským.

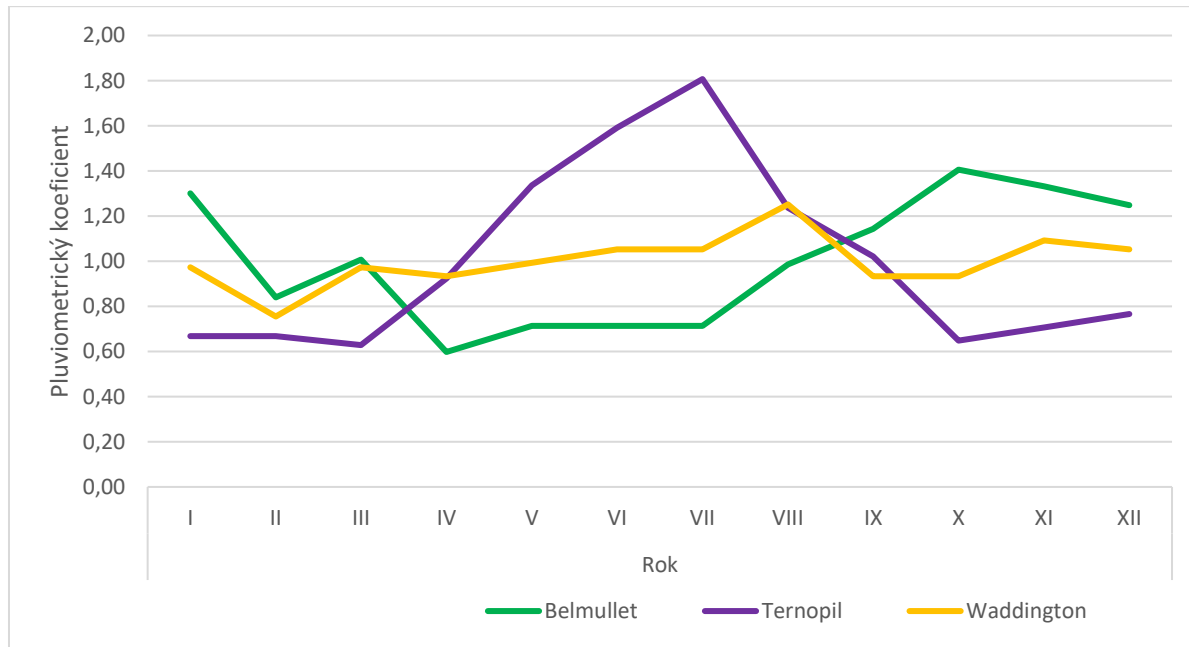
Tab. 4 Pluviometrický koeficient vybraných stanic v období 1961–1990

Stanice	Rok											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Belmullet	1,30	0,84	1,01	0,60	0,71	0,71	0,71	0,99	1,14	1,41	1,33	1,25
Ternopil	0,67	0,67	0,63	0,92	1,34	1,59	1,81	1,24	1,02	0,65	0,71	0,77
Waddington	0,97	0,75	0,97	0,93	0,99	1,05	1,05	1,25	0,93	0,93	1,09	1,05

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)

* Příklad výpočtu:

$$K_p = \frac{r_i}{R} = \frac{124}{\frac{1144}{12}} = 1,30$$



Obr. 1 Pluviometrický koeficient vybraných stanic v období 1961–1990

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)

2. HODNOCENÍ KONTINENTALITY/OCEANITY KLIMATU

K hodnocení oceanity/kontinentality klimatu se dále využívají indexy termické a ombrické kontinentality.

INDEX TERMICKÉ KONTINENTALITY (vzorec Gorczyńského)

Index termické kontinentality pracuje s rozdílem maximální a minimální průměrné měsíční teploty v určitém období. Do vzorce vstupuje i zeměpisná šířka stanice.

Vypočítáme jej takto:

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

K.....termická kontinentalita [%]

φzeměpisná šířka [°]

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

Malé hodnoty indexu odpovídají klimatu více oceánickému, naopak s rostoucí hodnotou je klima více kontinentální. V tomto případě (Tab. 5) tedy můžeme Belmullet označit jako stanici s extrémní oceanitou a Ternopil naopak kontinentální. Hodnota tohoto indexu Waddingtonu se nachází mezi hodnotami stanic Ternopil a Waddington. Pozorujeme spíše mírnou oceanitu. Z jedním možných důvodů rozdílů mezi těmito stanicemi může být jejich geografická poloha.

Tab. 5 Index termické kontinentality ve vybraných stanicích v období 1961–1990

Stanice	A [°C]	K [%]
Belmullet	8,5	-2,59
Ternopil	23,1	31,22
Waddington	12,6	6,36

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)

Výpočty indexů termické kontinentality:

Belmullet

$$K = \frac{1,7}{\sin\varphi} \cdot A - 12 \cdot \sin\varphi = \frac{1,7}{\sin 54^{\circ}14'} \cdot 8,5 - 12 \cdot \sin 54^{\circ}14' = -2,59 \%$$

Ternopil

$$K = \frac{1,7}{\sin\varphi} \cdot A - 12 \cdot \sin\varphi = \frac{1,7}{\sin 49^{\circ}32'} \cdot 23,1 - 12 \cdot \sin 49^{\circ}32' = 31,22 \%$$

Waddington

$$K = \frac{1,7}{\sin\varphi} \cdot A - 12 \cdot \sin\varphi = \frac{1,7}{\sin 53^\circ 10'} \cdot 12,6 - 12 \cdot \sin 53^\circ 10' = 6,36 \%$$

INDEX OMBRICKÉ KONTINENTALITY (podle Hrudičky)

Index ombrické kontinentality pracuje zejména se srážkovými úhrny za letní období (vyjádřené v procentech ročního úhrnu) a za zimní období. Čím je hodnota indexu vyšší, stanice se počítá za více kontinentální.

Vzorcem se dá tento vztah zapsat takto:

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

k...ombrická kontinentalita [%]

l....srážky letního půlroku (IV-IX) v % ročního úhrnu

S_z...absolutní množství srážek zimního půlroku (X-III) [mm]

S_r...roční úhrn srážek [mm]

Vztah pro l má tento vztah:

$$l = \frac{\sum S(IV - IX)}{S_r} \cdot 100 [\%]$$

příčemž

$$S_r = \sum s(I - XII)$$

Vztah pro S_z je následující:

$$S_z = \sum S(X - III)$$

Po dosazení platí následující vztah:

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{\sum s(IV - IX)}{\sum s(I - XII)} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum S(X - III)}}$$

I v tomto případě (Tab. 6) se projevila nejvyšší kontinentalita stanice Ternopil a nejmenší oproti tomu u stanice Belmullet (potvrdila se tedy oceanita). Stanice Waddington se se svým výsledkem opět nachází mezi nimi.

Tab. 6 Index ombrické kontinentality [%] a sumy srážkových úhrnů [mm] ve vybraných stanicích

Stanice	$\Sigma(IV-IX)$ [mm]	sr [mm]	L [%]	sz [mm]	k [%]
Belmullet	464	1144	40,56	680	2,56
Ternopil	403	611	65,96	208	25,76
Waddington	313	604	51,82	291	11,83

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)

Výpočty indexů ombrické kontinentality:

Belmullet

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{\sum s(IV-IX)}{\sum s(I-XII)} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum S(X-III)}} = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{464}{1144} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{680}} = \frac{12 \cdot (40,56 - 35)}{\sqrt{680}} = 2,56 \%$$

Ternopil

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{\sum s(IV-IX)}{\sum s(I-XII)} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum S(X-III)}} = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{403}{611} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{208}} = \frac{12 \cdot (65,96 - 35)}{\sqrt{208}} = 25,76 \%$$

Waddington

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{\sum s(IV-IX)}{\sum s(I-XII)} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum S(X-III)}} = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{313}{604} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{291}} = \frac{12 \cdot (51,82 - 35)}{\sqrt{291}} = 11,83 \%$$

DOBA POLOVIČNÍCH SRÁŽEK

Doba polovičních srážek, nebo-li tzv. srážkový poločas vyjadřuje dobu v měsících (od 1. 4.), za kterou spadne polovina ročního úhrnu srážek. Lze jí charakterizovat ombrickou kontinentalitu. Doba polovičních srážek se zkracuje s rostoucí kontinentalitou.

Podle následujícího vzorce získáme počet celých měsíců a následně dopočítáme, co nám chybí k doplnění polovičního množství ročních srážek:

$$S_n = \sum_{III}^x S_i$$

Si.....průměrný měsíční úhrn srážek i-tého měsíce

Sn.....počet celých měsíců

x.....poslední celý měsíc, jehož srážkové množství přičítáme

U stanice Belmullet byla doba, za kterou spadne poloviční množství srážek, nejdelší. Oproti tomu u stanice Ternopil nejkratší. Tyto výsledky (Tab. 7) vycházejí z rozdílného rozložení úhrnu srážek během roku. Ternopilu od měsíce dubna postupně přibývá srážek. Srážkový poločas je tedy nejkratší (4,28 měsíce), klima hodnotíme jako kontinentální. Stanice Belmullet má od dubna méně vydatné měsíce a půlroční úhrn srážek je nejvyšší. Doba polovičních srážek je nejdelší (více než půl roku), což svědčí o oceánském klimatu. Waddington vykazuje od měsíce dubna hodnoty, které kolísají kolem 50 mm a podobnou hodnotu polovičního úhrnu srážek jako stanice Ternopil. Z výsledku doby polovičních srážek by tak stanice Waddington (5,77 měsíců) mohla být zařazena spíše mezi stanice mírně oceánské.

Tab. 7 Hodnoty ročních srážek, polovičních ročních srážek a doba jejich naplnění od 1. dubna v období 1961–1990

Stanice	sr [mm]	sn [mm]	počet měsíců
Belmullet	1144	572,0	6,82
Ternopil	611	305,5	4,28
Waddington	604	302,0	5,77

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní výpočty)

Výpočty doby polovičních srážek:

Belmullet

$$\sum_{III}^x S_i = 57 + 68 + 68 + 68 + 94 + 109 = 462$$

Chybí tedy $572 - 462 = 110$.

Předpokládá se rovnoměrné rozložení srážek následujícího měsíce (134 mm, říjen)

$$\frac{134}{30} = 4,46$$

$$\frac{110}{4,46} = 24,63$$

$$\frac{24,63}{30} = 0,82 \rightarrow 6 + 0,82 = 6,82 \text{ měsíců}$$

Ternopil

$$\sum_{III}^x S_i = 47 + 68 + 81 + 92 = 288$$

Chybí tedy $305,5 - 288 = 17,5$.

Předpokládá se rovnoměrné rozložení srážek následujícího měsíce (63 mm, srpen)

$$\frac{63}{30} = 2,1$$

$$\frac{17,5}{2,1} = 8,33$$

$$\frac{8,33}{30} = 0,28 \rightarrow 4 + 0,28 = 4,28 \text{ měsíců}$$

Waddington

$$\sum_{III}^x S_i = 47 + 50 + 53 + 53 + 63 = 266$$

Chybí tedy $302 - 266 = 36$.

Předpokládá se rovnoměrné rozložení srážek následujícího měsíce (47 mm, září)

$$\frac{47}{30} = 1,57$$

$$\frac{36}{1,57} = 22,98$$

$$\frac{22,98}{30} = 0,77 \rightarrow 5 + 0,77 = 5,77 \text{ měsíců}$$

POLOHA TĚŽIŠTĚ SRÁŽEK

Poloha těžiště srážek vychází z toho, že měsíční srážkové úhrny jsou rozloženy souměrně po obvodu kružnice o jednotkovém poloměru. Počítá s měsíčními a ročními úhrny srážek podle vzorců:

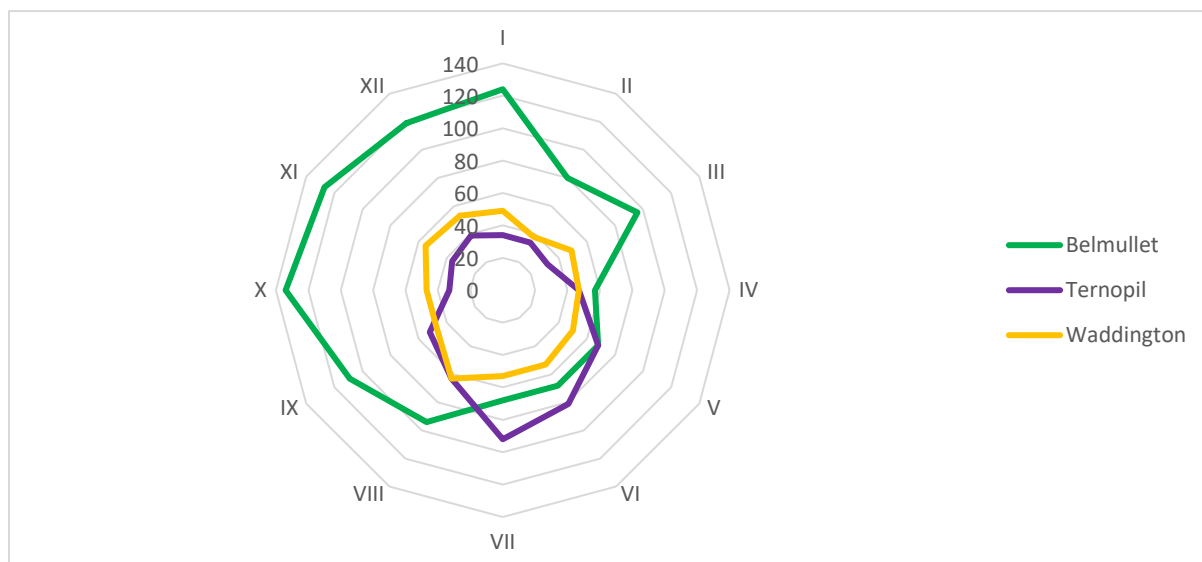
$$x = \frac{0,5 \cdot (II + VI - VIII + XII) + 0,866 \cdot (III + V - IX - XI) + IV - X}{S}$$

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

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

S.....roční úhrn srážek

Na Obr. 2 pozorujeme rozložení ročního chodu srážek na vybraných stanicích. Pozorujeme vydatné podzimní a zimní měsíce stanice Belmullet – oproti dalším stanicím až dvojnásobné množství srážek, poměrně rovnoměrné rozložení srážek Waddingtonu a více vydatné letní měsíce Ternopil.



Obr. 2 Rozložení ročního chodu srážek na vybraných stanicích

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní tvorba)

Výsledkem dříve zmíněného výpočtu jsou souřadnice těžiště srážek (Tab. 8, Obr. 3). Jednotlivé kvadranty nám charakterizují typy klimatu. V I. kvadrantu leží stanice výjimečně, jedná se především o vysokohorské stanice a stanice středomořského klimatu. V tomto případě se v I. kvadrantu nenachází žádná stanice. Ve druhém kvadrantu mají své těžiště stanice oceánského typu chodu srážek, což je v tomto případě stanice Belmullet. Ve III. kvadrantu se nachází stanice s kontinentálním a přechodným typem. Do této skupiny náleží stanice Waddington. Ve IV. kvadrantu se vyskytují stanice s teplým kontinentálním typem, kam patří stanice Ternopil, která se nachází ve vnitrozemí.

Tab. 8 Souřadnice polohy těžiště srážek v rámci souřadnicového systému vybraných stanic v období 1961-1990

Stanice	x	y
Belmullet	-0,15022	0,09706
Ternopil	0,05056	-0,23811
Waddington	-0,02500	-0,03667

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní tvorba)

Výpočty souřadnic polohy těžiště srážek:

Belmullet

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

$$x = \frac{0,5 \cdot (80 + 68 - 94 - 119) + 0,866 \cdot (96 + 68 - 109 - 127) + 57 - 134}{1144}$$

$$x = -0,15022028$$

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

$$y = \frac{0,5 \cdot (96 - 68 - 109 + 127) + 0,866 \cdot (80 - 68 - 94 + 119) + 124 - 68}{1144}$$

$$y = 0,097064685$$

Ternopil

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

$$x = \frac{0,5 \cdot (34 + 81 - 63 - 39) + 0,866 \cdot (32 + 68 - 52 - 36) + 47 - 33}{611}$$

$$x = 0,05055974$$

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

$$y = \frac{0,5 \cdot (32 - 68 - 52 + 36) + 0,866 \cdot (34 - 81 - 63 + 39) + 34 - 92}{611}$$

$$y = -0,23811129$$

Waddington

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

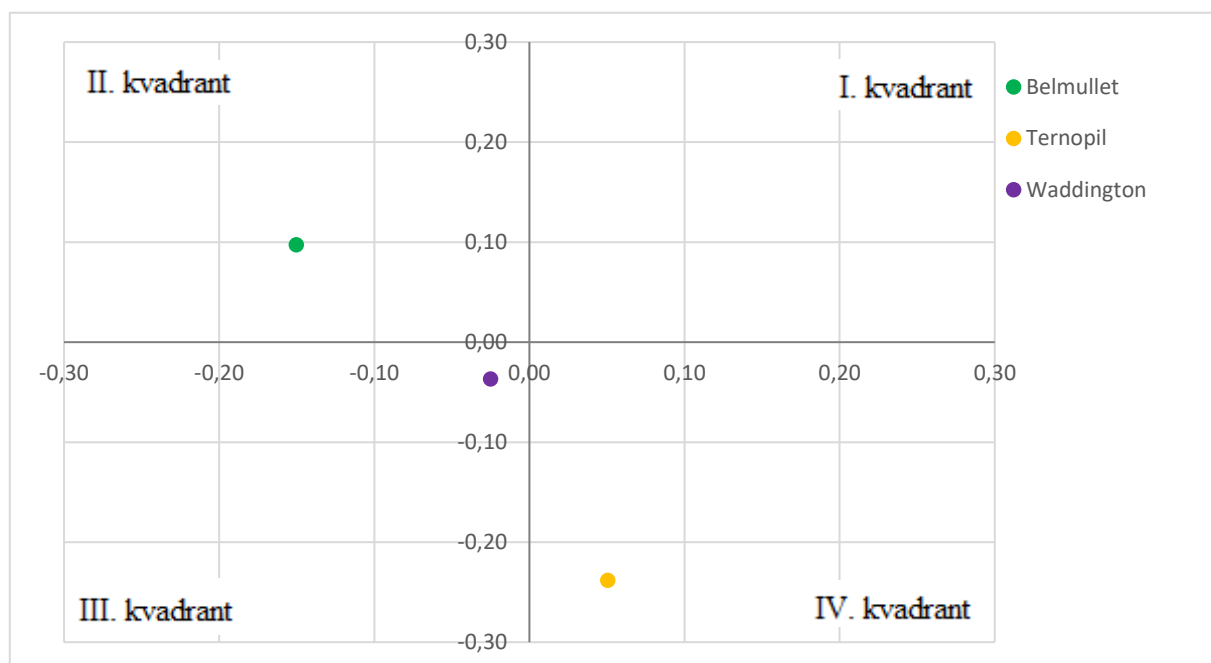
$$x = \frac{0,5 \cdot (38 + 53 - 63 - 53) + 0,866 \cdot (49 + 50 - 47 - 55) + 47 - 47}{604}$$

$$x = -0,0249967$$

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

$$y = \frac{0,5 \cdot (49 - 50 - 47 + 55) + 0,866 \cdot (38 - 53 - 63 + 53) + 49 - 53}{604}$$

$$y = -0,0366722$$



Obr. 3 Poloha těžiště srážek vybraných stanic v období 1961–1990

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní tvorba)

Shrnutí výsledků hodnocení kontinentality/oceanity klimatu

Tab. 9 Výsledné hodnoty vybraných charakteristik na sledovaných stanicích za období 1961–1990

Stanice	Index termické kontinentality [%]	Index ombrické kontinentality [%]	Doba polovičních srážek [měsíc]	Poloha těžiště srážek	Klima kontinentální/oceánské
Belmullet	-2,59	2,56	7,01	II. kvadrant	oceánské
Ternopil	31,22	25,76	4,68	IV. kvadrant	kontinentální
Waddington	6,36	11,83	5,75	III. kvadrant	přechodné

Zdroj: WMO, 1996 (vlastní tvorba)

ZÁVĚR

Na vybraných stanicích Belmullet, Ternopil a Waddington bylo hodnoceno roční rozdělení srážek a oceanita a kontinentalita klimatu podle dostupných dat za období 1961-1990. Podle výpočtů můžeme říci, že na stanici Belmullet v Irsku je klima oceánské. Vykazují to vydatné srážky v podzimním a zimním období, dále také malé amplitudy teplot vzduchu, což ovlivňuje oceán. Vyšší hodnota doby polovičních srážek ukazuje oceanitu klimatu, také oba dva indexy a vypočítaná poloha těžiště srážek. Toto území je ovlivňováno islandskou tlakovou níží a sibiřskou tlakovou výší.

Oproti tomu stanici Ternopil na Ukrajině můžeme charakterizovat jako kontinentální. V porovnání s ostatními stanicemi má teplotní amplitudu výrazně vyšší a nejvydatnější srážky pozorujeme v letních

měsících. Výrazně vysoké vyšly oba dva indexy a doba polovičních srážek byla z těchto vybraných stanic nejnižší, což poukazuje na kontinentalitu. Na tuto oblast má vliv sibiřská tlaková výše.

Klima stanice Waddington ve Velké Británii charakterizujeme jako přechodný typ mezi kontinentálním a oceánským klimatem. Podle vypočítaného těžiště srážek se stanice nachází ve III. kvadrantu, což nám potvrzuje toto tvrzení. Vydatnějšími měsíci na stanici Waddington jsou letní měsíce, úhrny srážek jsou však během roku poměrně vyrovnané. Hodnoty indexů termické i ombrické kontinentality se nachází mezi hodnotami stanic Belmullet a Ternopil. Doba polovičních srážek se blíží téměř k polovině roku. Na rozložení teplot na této stanici a také na stanici Belmullet má výrazný vliv Golský proud, který tyto oblasti otepluje.

ZDROJE LITERATURY

- IS MUNI (2019): Studijní materiály předmětu PřF: Z0076, https://is.muni.cz/auth/el/sci/podzim2019/Z0076/cviceni/cviceni_1/ (22. 10. 2019)
- METEOSTAT (2019): Statistical Weather and Climate Data, <https://meteostat.net/en> (11. 10. 2019)
- WMO (1996): Climatological normals (CLINO) for the period 1961–1990. WMO, Geneva, 768 s.