

CVIČENÍ Z 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 zpracovány pro stanice v Malin Head (Irsko), Virfu Omu (Rumunsko) a Manchester Airport (Spojené království) pro období 1961-1990.

Malin Head je mys vybíhající do Atlantského oceánu, jde o nejsevernější bod ostrova Irsko (GOOGLE, 2018). Průměrná roční amplituda zde činila pouhých 8,6 °C. Nejmenší průměrná měsíční teplota připadala na únor, kdy činila 5,3 °C, naopak nejvyšší na srpnu. V tomto měsíci se rovnala 13,9 °C. Celkový roční srážkový úhrn byl roven 1061 mm, nejmenší průměrný měsíční úhrn byl pak zaznamenán v dubnu (57 mm) a nejvyšší v říjnu (119 mm). (WMO, 1996)

Virfu Omu se nachází v rumunských horách Bucegi (GOOGLE, 2018). Průměrná roční amplituda zde byla nejvyšší a činila 15,9 °C. Nejnižší průměrná měsíční teplota zde byla v únoru a byla rovna -10,6 °C. Nejvyšší pak v srpnu a její hodnota byla 5,3 °C. Celkový roční srážkový úhrn činil 1053 mm, největší průměrné měsíční úhrny pak připadají na červenec (144 mm) a nejnižší na říjen, kdy průměrný úhrn činil 53 mm. (WMO, 1996)

Manchester Airport se nachází zhruba 40 km od Irského moře v jen mírně zvlněném terénu (GOOGLE, 2018). Průměrná roční amplituda zde činila 12 °C, nejnížší průměrná měsíční teplota 3,8 °C (v měsíci lednu) a naopak nejvyšší průměrná měsíční teplota 15,8 °C (v měsíci červenci). Průměrný roční úhrn srážek byl roven 810 mm, nejnížší průměrný měsíční úhrn srážek byl dosažen v únoru (50 mm) a naopak nejvyšší v měsících listopadu a prosinci (78 mm). (WMO, 1996)

Podrobněji je v níže vložených tabulkách pro všechny stanice uveden chod průměrných měsíčních teplot (Tab. 1) a průměrných měsíčních úhrnů (Tab. 2).

Tab. 1 Roční chod teploty vzduchu na vybraných stanicích v období 1961-1990

Stanice	Průměrná teplota vzduchu [°C]												Rok
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Malin Head	5.6	5.3	6.7	7.7	9.9	12.2	13.7	13.9	12.7	10.8	7.8	6.6	9.4
Virfu Omu	-10.5	-10.6	-8.8	-4	0.5	3.3	5.1	5.3	2.8	-0.7	-5.1	-8.7	-2.5
Manchester Airp.	3.8	3.9	5.7	7.9	11.3	14.2	15.8	15.7	13.5	10.6	6.3	4.5	9.4

zdroj: WMO, 1996

Tab. 2 Roční chod srážkových úhrnů na vybraných stanicích v období 1961-1990

Stanice	Průměrný úhrn srážek [mm]												Rok
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Malin Head	114	77	86	57	59	65	72	92	102	119	115	103	1061
Virfu Omu	69	66	67	86	118	140	144	114	64	53	57	75	1053
Manchester Airp.	69	50	61	51	61	67	65	79	74	77	78	78	810

zdroj: WMO, 1996

Pluviometrický koeficient, z něhož lze posoudit srážkovou vydatnost jednotlivých měsíců při hodnocení ročního rozdělení srážek, byl vypočítán na základě následujícího vzorce:

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

K_p ... pluviometrický koeficient

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

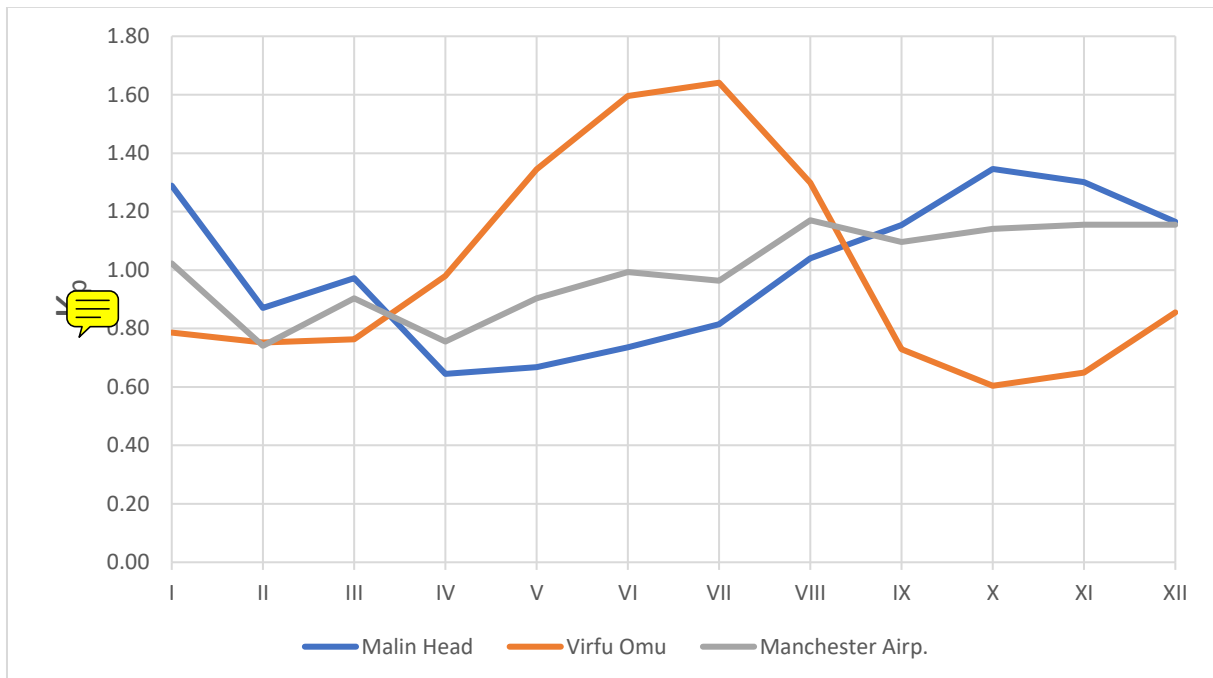
R ... roční úhrn srážek [mm]

Vývoj koeficientů v průběhu roku lze pozorovat v níže uvedené tabulce (Tab. 3) a grafu (Obr. 1). Zatímco u stanic Malin Head a Manchester Airp. lze sledovat podobný průběh (nejvyšší hodnoty koeficientu a tím i podílu srážek v zimních měsících), stanice Virfu Ormu vykazovala průběh výrazně odlišný (nejvyšší hodnoty v červnu a červenci). Zároveň byl u této stanice vrchol v grafu nejvýraznější a hodnoty indexu v jediném měsíci dosahovaly nejvyšších hodnot (v červenci 1,64). To ukazuje na méně rovnoměrné rozložení srážek v průběhu roku.

Tab. 3 Průběh pluviometrického koeficientu na základě průměrných měsíčních srážkových úhrnů v letech 1961-1990 na stanicích Malin Head, Virfu Omu a Manchester Airp.

Stanice	K_p											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Malin Head	1.29	0.87	0.97	0.64	0.67	0.74	0.81	1.04	1.15	1.35	1.30	1.16
Virfu Omu	0.79	0.75	0.76	0.98	1.34	1.60	1.64	1.30	0.73	0.60	0.65	0.85
Manchester Airp.	1.02	0.74	0.90	0.76	0.90	0.99	0.96	1.17	1.10	1.14	1.16	1.16

pozn.: $K_p > 1$ nadprůměrně srážkově vydatný měsíc; $K_p < 1$ podprůměrně srážkově vydatný měsíc)
 zdroj: WMO, 1996; výpočet vlastní



Obr. 1 Průběh pluviometrického koeficientu na základě průměrných měsíčních srážkových úhrnů v letech 1961-1990 na stanicích Malin Head, Virfu Omu a Manchester Airp. (zdroj: WMO, 1996; výpočet vlastní)

Index termické kontinentality na základě informací o chodu průměrných měsíčních teplot v roce zkoumá míru kontinentality. Je uváděna v procentech a čím je její hodnota vyšší, tím vyšší je dle tohoto indexu míra kontinentality. Pro stanice byl počítán dle následujícího vzorce:

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

K	...	index termické kontinentality [%]
φ	...	zeměpisná šířka [°]
A	...	průměrná roční amplituda teploty [°C]

Modelový výpočet na příkladu stanice Malin Head, hodnoty čerpány z Tab. 1, zeměpisná šířka pro stanici Malin Head rovna 55,37° s.š., Virfu Omu 45.45° s.š. a Manchester Airp. 53,35° s.š. (IS.MUNI, 2018):

$$K = \frac{1,7}{\sin(55,37)} (8,6 - 12 \times \sin(55,37)) = -2,63 \%$$

Díky zápornému výsledku u stanice Malin Head (-2,63 %) lze bezpečně usuzovat, že tento ukazatel určuje klima stanice jako oceánské. Virfu Omu s výsledkem 17,53 % je dle tohoto ukazatele naopak kontinentální. Výsledek ze stanice Manchester Airp. je 5,03 % a napovídá, že se jedná o klima oceánské. Výsledek však není tak přesvědčivý, jako u stanice z Irska.

Index ombrické kontinuality se snaží vystihnout míru kontinuality na základě informací o chodu průměrných měsíčních úhrnů srážek. Pro stanice byl vypočítán dle následujícího vzorce:

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

k ... index ombrické kontinuality [%]

l ... srážky teplého pololetí (IV-IX) v [%] ročního úhrnu, kde:

$$l = \frac{\sum_{i=IV}^{IX} s_i}{s_r} \times 100$$

s_i ... měsíční srážkový úhrn i -tého měsíce v roce [mm]

s_r ... roční úhrn srážek [mm]

s_z ... absolutní množství srážek chladného pololetí (X-III) [mm], kde:

$$s_z = \sum_{i=X}^{III} s_i$$

Modelový výpočet na příkladu stanice Malin Head, hodnoty čerpány z Tab. 2:

$$l = \frac{447}{1061} \times 100 = 42,13 \%$$

$$s_z = 614 \text{ mm}$$

$$k = \frac{12(42,13-35)}{\sqrt{614}} = 3,45 \%$$

Nejnižší hodnota indexu opět vychází u stanice Malin Head (3,45 %), o něco vyšší opět u stanice Manchester Airp. (8,27 %). S vysokou hodnotou opět vyčnívá stanice Virfu Omu

(17,23 %). Z tohoto lze usoudit zatím na stejné závěry, jako v případě indexu termické kontinuality.

Metodu **doby polovičních srážek** lze použít k charakteristice ombrické kontinuality – čím vyšší je hodnota doby polovičních srážek, tím oceáničtější klima na stanici panuje (kontinentální oblasti zkrácená až na 3 měsíce, silně oceanické oblasti přes 7 měsíců). Jde o dobu v měsících, za kterou spadne polovina ročního úhrnu srážek, z tabulky průměrných měsíčních úhrnů (Tab. 2) se počítá od dubna.

V případě stanice Malin Head byla polovina ročního úhrnu rovna 530,5 mm. Do této hodnoty dopočítávám průměrné měsíční úhrny. Sčítám 57 (IV) + 59 (V) + 65 (VI) + 72 (VII) + 92 (VIII) + 102 (IX) + 83,5 (0,70 * X) a dostávám 530,5. K dopočítání bylo třeba vzít údaje z 6 celých měsíců a 70 % měsíce sedmého. Doba polovičních srážek pro Malin Head je rovna 6,70 měsíců. Dle tohoto ukazatele jde o silně oceanické klima.

Na stanici Virfu Omu činila polovina průměrného ročního úhrnu 526,5 mm. Postup byl obdobný, sčítám 86 (IV) + 118 (V) + 140 (VI) + 144 (VII) + 38,5 (0,34 * VIII) a dostávám 526,5. K dopočítání bylo třeba vzít údaje z 4 celých měsíců a 34 % měsíce pátého. Doba polovičních srážek pro Virfu Omu je rovna 4,34 měsíců. Jde tedy dle tohoto ukazatele o kontinentální klima.

Na stanici Manchester Airp. činila polovina průměrného ročního úhrnu 405 mm. Postup byl obdobný, sčítám 51 (IV) + 61 (V) + 67 (VI) + 65 (VII) + 79 (VIII) + 74 (IX) + 8 (0,10 * X) a dostávám 405. K dopočítání bylo třeba vzít údaje z 6 celých měsíců a 10 % měsíce pátého. Doba polovičních srážek pro Manchester Airp. je rovna 6,10 měsíců. Dle tohoto ukazatele jde o oceánské klima.

Kartézské souřadnice **polohy těžiště srážek** byly vypočteny na základě rozložení průměrných úhrnů měsíčních srážek dle následujícího vzorce:

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

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

I, II, \dots, XII ... průměrný měsíční srážkový úhrn v daném měsíci [mm]

S ... průměrný roční srážkový úhrn [mm]

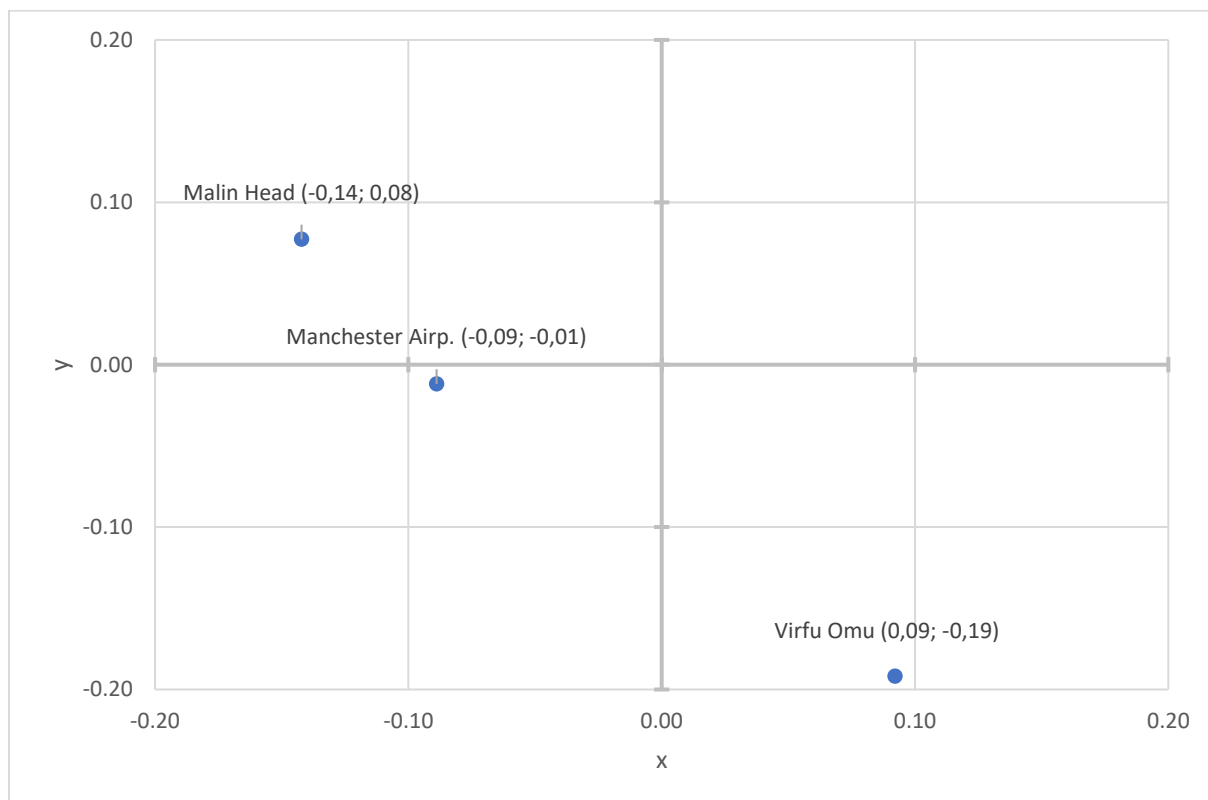
Modelový výpočet na příkladu stanice Malin Head, hodnoty čerpány z Tab. 2:

$$x = \frac{0,5(77 + 65 - 92 - 103) + 0,866(86 + 59 - 102 - 115) + 57 - 119}{1061} = -0,14$$

$$y = \frac{0,5(86 - 59 - 102 + 115) + 0,866(77 - 65 - 92 + 103) + 114 - 72}{1061} = 0,08$$

Stanice s vypočtenými hodnotami byly vyneseny do bodového grafu, v němž je vidět rozdělení osami x a y do 4 kvadrantů (Obr. 3). Stanice Malin Head se umístila v II. kvadrantu – zde se obvykle umísťují stanice s oceanickým typem ročního chodu. Virfu Omu se umístilo v kvadrantu IV., v němž se obvykle umísťují stanice s teplým kontinentálním klimatem. Že však nejde o teplé klima zcela jasně napovídá roční chod teplot (Tab. 1). Stanice Manchester Airp. se umístila v kvadrantu III., kde se obvykle umísťují stanice s kontinentálním a přechodným typem. Manchester Airp. se však nachází velice blízko osy y , která tento kvadrant odděluje od II. kvadrantu (oceanický roční chod).

Rovněž byl vytvořen paprskovitý graf znázorňující distribuci srážek na všech stanicích v průběhu roku na základě průměrných měsíčních úhrnů (Obr. 4). Z něho lze vyčíst podobně jako z Obr. 1, že si jsou stanice Malin Head a Manchester Airp. poměrně podobné. Naopak stanice Virfu Omu na první pohled svým rozložením srážek převážně v letních měsících výrazně vyčnívá.



Obr. 3 Poloha těžiště srážek stanic Malin Head, Mancehster Airp. a Virfu Omu na základě dat z období 1961-1990 s vyznačenými vypočtenými hodnotami souřadnic x a y (zdroj: WMO, 1996; výpočet vlastní)



Obr. 4 Distribuce srážkových úhrnů v průběhu roku na stanicích Malin Head, Mancehster Airp. a Virfu Omu v období 1961-1990 (zdroj: WMO, 1996)

Stanicím bylo na základě zjištěných charakteristik přiřazeno buď oceánské, nebo kontinentální klima (Tab. 4). Bez problému bylo klima na stanici Malin Head určeno jako oceánské, jelikož se na tom všechny charakteristiky shodovaly. U stanice Virfu Omu bylo obdobně jednoznačně určeno klima kontinentální. Stanice Manchester Airp. byla méně jednoznačná, nicméně převážná část charakteristik poukazovala na oceánské klima, a to jí bylo i přiřazeno.

Tab. 4 Výsledné posouzení kontinentality/oceanity na stanicích na základě dat z období 1961-1990

Stanice	K [%]	k [%]	Doba polovičních srážek [měsíce]	Poloha těžiště srážek	Výsledné klima
Malin Head	-2.63	3.45	6.70	I. kvadrant	oceánské
Virfu Omu	17.53	17.23	4.34	IV. kvadrant	kontinentální
Manchester Airp.	5.03	8.27	6.10	III. kvadrant	oceánské

zdroj: WMO, 1996; výpočty vlastní

Závěr

Pro stanice v Malin Head (Irsko), Virfu Omu (Rumunsko) a Manchester Airport (Spojené království) byl na základě dat z referenčního období 1961-1990 vypsán roční chod teploty vzduchu a srážek, vyhodnocen chod ročních srážek na základě vypočteného pluviometrického koeficientu a posouzena kontinentalita, či oceanita klimatu na stanicích na základě zjištěných a spočtených charakteristik. Těmi byly indexy termické a ombrické kontinentality, doba polovičních srážek a poloha těžiště srážek. Rovněž byl vytvořen paprskovitý graf pro znázornění distribuce srážek v průběhu roku.

Pro stanice Malin Head a Manchester Airport bylo klima vyhodnoceno jako oceánské, což nebylo vzhledem k jejich umístění v blízkosti moře žádné překvapení. Naopak u stanice Virfu Omu bylo klima vyhodnoceno jako kontinentální, což opět nevyvolalo s ohledem na umístění ve vnitrozemí Rumunska žádné překvapení.

Už z grafu průběhu pluviometrického indexu šlo vyčíst, že stanice Malin Head a Manchester Airport vykazovaly podobný průběh srážkové vydatnosti v jednotlivých měsících, a že naopak stanice Virfu Omu se svým průběhem výrazně lišila. Maximální hodnoty zde byly dosahovány v letních měsících, kdežto na stanicích s oceánským klimatem byly dosahovány v zimě a vrchol v grafu nebyl tak ostrý a výrazný.

Další zjištěné a vypočtené charakteristiky fakt pouze potvrzovaly domnělé typy klimatu na jednotlivých stanicích. Výjimkou byla distribuce vypočtených těžišť srážek stanic na bodovém grafu, konkrétně u stanice Manchester Airp. Ta byla zařazena do kvadrantu III, kde se obvykle umísťují těžiště stanic s kontinentálním a přechodným typem. Těžiště této stanice se však umístilo velice blízko osy y (vzdálenost 0,01), která tento kvadrant odděluje od II. kvadrantu. Tam se již umísťují těžiště stanic s oceánským klimatem a výsledek této charakteristiky tak není výrazně odlišný od zbylých.

Pro rychlé zjištění, zda na těchto stanicích panuje kontinentální, nebo oceánské klima, by podle mého mínění stačilo podívat se na jejich polohu a vynést roční průběh srážkových úhrnů a teplot vzduchu na graf a interpretovat ho. Výhoda použitých charakteristik však je taková, že svou domněnku můžeme opřít o konkrétní čísla a výpočty. Můžeme pak hovořit o typu klimatu s větší jistotou. Tento závěr je však platný pro zpracovávané stanice, dovedu si představit lokality, kde by určování bylo problematické. Například ve Středomoří či v přechodných oblastech.

Zdroje

GOOGLE (2018): Google Maps, <https://www.google.com/maps/> (8. 10. 2018)

IS.MUNI (2018): Studijní materiály předmětu Z0076 Meteorologie a klimatologie, <https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2018/Z0076/> (8. 10. 2018)

WMO (1996): Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990. WMO, Geneva, 786 s.