

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:

Pluviometrický koeficient – hodnocení ročního rozdělení srážek

Hodnocení kontinentality/oceanity klimatu

- Index termické kontinentality
- Index ombrické kontinentality
- Doba polovičních srážek (srážkový poločas)
- Poloha těžiště srážek

Vypracování:

Pro toto cvičení mi byly zadány následující stanice:

- Claremorris - Irsko
- Uman – Ukrajina
- Lerwick – Spojené království Velké Británie a Severního Irska (Skotsko – Shetlandy)

Claremorris je malé město na západě Irska a podle dat z roku 2016 v něm žije 4487 obyvatel. Město se nachází ve výšce 73 m n.m. a leží na 53° 43' severní šířky. Vzdálenost od moře činí necelých 50 km. Vzhledem k poloze Claremorris lze očekávat spíše oceánské klima, což lze odhadnout také z průměrných měsíčních teplot (tab. 1), kde rozdíl nejteplejšího a nejchladnějšího měsíce činí 9,8°C. Největší množství srážek (tab. 2) pak spadne především v zimních měsících.

Uman je město v Ukrajinském vnitrozemí a nachází se přibližně 200 km jižně od hlavního města Kyjev. Počet obyvatel je přes 85 000. Nadmořské výška Umanu činí 166 m n.m. a město leží na 48° 46' severní šířky. Nejteplejším měsícem je červenec, kdy průměrná teplota (tab. 1) činí 18,9°C. Naopak nejchladnější je měsíc leden s průměrnou teplotou vzduchu -5,7°C. Rozdíl těchto teplot je 24,6 °C. Nejvíce srážek (tab. 2) napadne v letních měsících a celkově je tato stanice oproti zbylým dvěma srážkově chudší přibližně o polovinu. Z výše zmíněných faktů můžeme vyvodit, že klima na stanici bude kontinentální.

Lerwick je přibližně sedmitisícové přístavní město na Shetlandách, které spadá pod Skotsko, potažmo pod Velkou Británii. Stanice leží na 60° 08' severní šířky. Poloha bezprostředně u moře nasvědčuje oceánskému klimatu, což potvrzují jak průměrné měsíční teploty (tab. 1), kde rozdíl nejteplejšího a nejchladnějšího měsíce činí pouze 8,7°C, tak srážky (tab. 2), kde největší úhrny srážek jsou pozorovány v zimních měsících.

Tab. 1: Průměrné měsíční teploty [°C] ve vybraných stanicích v letech 1961 – 1990

Stanice	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Claremorris	4,4	4,5	5,9	7,7	10,1	12,7	14,2	14,0	12,1	9,8	6,4	5,3
Uman	-5,7	-4,2	0,4	8,5	14,5	17,7	18,9	18,2	13,6	7,6	2,1	-2,4
Lerwick	3,2	3,1	3,8	5,2	7,6	10,0	11,4	11,8	10,1	8,2	5,1	3,9

Zdroj dat: WMO (1996)

Tab. 2: Průměrné měsíční úhrny srážek [mm] na vybraných stanicích v letech 1961 - 1990

Stanice	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Claremorris	121	83	96	62	77	72	63	97	104	126	119	123
Uman	47	44	38	48	55	87	87	59	43	33	43	48
Lerwick	131	92	114	72	62	60	62	79	118	134	143	142

Zdroj dat: WMO (1996)

Pluviometrický koeficient

Pomocí pluviometrického koeficientu je vyjádřena vydatnost srážek v daném měsíci za předpokladu, že v průběhu celého roku je rozložení srážek rovnoměrné. Je vyjádřen jako podíl skutečného množství srážek v daném měsíci a hodnoty, jež připadá na každý měsíc při rovnoměrném rozložení srážek během roku. Tento podíl lze vyjádřit následujícím vzorcem:

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

K_p - Pluviometrický koeficient

r_i - Úhrn srážek i-tého měsíce

R - Roční srážkový úhrn

Roční srážkový úhrn vypočítáme jako součet všech měsíčních srážkových úhrnů:

$$\sum_I^{XII} r_i$$

Hodnota pluviometrického koeficientu 1 značí průměrný měsíční srážkový úhrn při rovnoměrném rozložení srážek. Hodnota vyšší než 1 znamená srážkově nadprůměrný měsíc, naopak hodnota menší než 1 znamená podprůměrný srážkový úhrn v daném měsíci. Čím více se hodnota liší od 1, tím více je měsíc srážkově nadprůměrný / podprůměrný.

Z vypočítaných hodnot pluviometrických koeficientů (tab. 3) je patrné, že u stanic Claremorris a Lerwick jsou srážkově nadprůměrné měsíce v zimním období, což značí oceanitu. O něco více je to patrné u stanice Lerwick, kde je srážkově nadprůměrné období od září do ledna. Ostatní měsíce jsou co se úhrnu srážek týče podprůměrné.

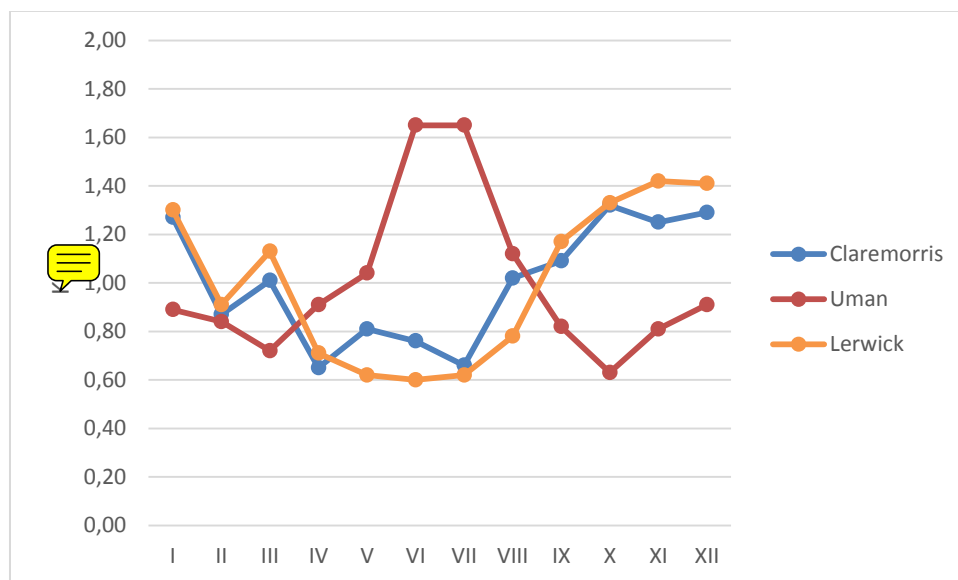
Na stanici Uman je situace opačná, srážkově nadprůměrné je období od května do srpna, tedy letní měsíce. Ostatní měsíce jsou srážkově podprůměrné. Tyto poznatky svědčí o kontinentálním klimatu na této stanici.

Tab. 3: Pluviometrický koeficient na vybraných stanicích v letech 1961 – 1990

stanice	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Claremorris	1,27	0,87	1,01	0,65	0,81	0,76	0,66	1,02	1,09	1,32	1,25	1,29
Uman	0,89	0,84	0,72	0,91	1,04	1,65	1,65	1,12	0,82	0,63	0,81	0,91
Lerwick	1,30	0,91	1,13	0,71	0,62	0,60	0,62	0,78	1,17	1,33	1,42	1,41

Zdroj dat: WMO (1996) – vlastní výpočty

Nejzřetelnější porovnání srážek na vybraných stanicích nám dá graf (obr. 3), ve kterém jsou zaneseny všechny 3 stanice. Z grafu vyčteme, že největší rozdíl mezi nejteplejším a nejchladnějším měsícem je jednoznačně na stanici Uman. Tento vysoký rozdíl ukazuje na poměrně vysokou kontinentalitu. Další věcí, již si povšimneme je podobnost ročního průběhu srážek na stanicích Claremorris a Lerwick. První 4 měsíce na těchto stanicích jsou téměř totožné, až v letním období se začínají data obou stanic mírně lišit. U obou ale dojdeme k závěru, že zde panuje oceánské klima.



Obr. 1: Pluviometrický koeficient na vybraných stanicích v letech 1961 – 1990

Zdroj dat: WMO (1996) – vlastní výpočty

Index termické kontinentality

Při výpočtu indexu termické kontinentality je třeba znát zeměpisnou šířku stanice a rozdíl teplot nejteplejšího a nejchladnějšího měsíce na dané stanici (tab. 4) a počítá se podle vzorce Gorczyňského. Z vypočítaných indexů termické kontinentality (tab. 5) je zřejmé, že odhady na základě pluviometrického koeficientu byly správné, tedy že klima na stanici Uman má poměrně silně kontinentální charakter, klima na stanici Claremorris má silně oceánský charakter a klima na stanici Lerwick má extrémně oceánské klima. Tyto výsledky se daly předpokládat i z polohy jednotlivých stanic. Pro hodnocení oceanity či kontinentality pomocí indexu termické kontinentality platí, že čím vyšší hodnota vyjde, tím je klima kontinentálnější (40% je už silná kontinentalita). Výpočet samotný probíhá podle následujícího vzorce:

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

K – Index termické kontinentality [%]

φ – Zeměpisná šířka [°]

A – Průměrná roční teplotní amplituda [°C]

Tab. 4: Zeměpisná šířka a průměrná roční teplotní amplituda na vybraných stanicích v letech 1961 – 1990

Stanice	Zeměpisná šířka [s.š.]	A[°C]
Claremorris	53° 43'	9,8
Uman	48° 46'	24,6
Lerwick	60° 08'	8,7

Zdroj dat: IS MUŇI (2018), WMO (1996) – vlastní výpočty

Pokud máme k dispozici všechna potřebná data, dosadíme do vzorce:

Claremorris

$$K = \frac{1,7}{\sin 53^{\circ} 43'} \cdot (9,8 - 12 \cdot \sin 53^{\circ} 43')$$

$$K = 0,27\%$$

Uman

$$K = \frac{1,7}{\sin 48^{\circ} 46'} \cdot (24,6 - 12 \cdot \sin 48^{\circ} 46')$$

$$K = 35,21\%$$

Lerwick

$$K = \frac{1,7}{\sin 60^{\circ} 08'} \cdot (8,7 - 12 \cdot \sin 60^{\circ} 08')$$

$$K = -3,34\%$$

Tab. 5: Index termické kontinentality na vybraných stanicích v letech 1961 – 1990

Stanice	K[%]
Claremorris	0,27
Uman	35,21
Lerwick	-3,34

Zdroj dat: WMO (1996) – vlastní výpočty

Index ombrické kontinentality

Index ombrické kontinentality nám podobně jako index termické kontinentality určuje charakter klimatu, avšak k výpočtu jsou použity srážkové úhrny za určitá období. Podobně jako u indexu termické kontinentality znamená vyšší hodnota indexu vyšší kontinentalitu, respektive nižší hodnota vyšší oceanitu klimatu. Výsledky indexu ombrické kontinentality (tab. 6) potvrzují veškeré předchozí závěry, tedy kontinentalitu na stanici Uman a velmi vysokou oceanitu na stanicích Claremorris a Lerwick. Vzorec pro výpočet podle Hrudíčky je následující:

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

k – index ombrické kontinentality

l – Množství srážek v teplém období (IV – IX) v procentech ročního srážkového úhrnu

S_z – Množství srážek v zimním období

Vztah pro l je následující:

$$l = \frac{\sum s (IV - IX)}{S_r}$$

Vyjádříme s_r:

$$l = \frac{\sum s (IV - IX)}{\sum s (I - XII)} \cdot 100$$

Konečný vzorec pak vypadá následovně:

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

Dosadíme do vzorce:

Claremorris

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{475}{1143} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{668}} = 3,04\%$$

Uman

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{379}{632} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{253}} = 18,84\%$$

Lerwick

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{453}{1209} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{756}} = 1,08\%$$

Tab. 6: Roční, letní a zimní úhrny srážek

Stanice	S _r [mm]	S (IV - IX) [mm]	I [%]	S (X - III) [mm]	k [%]
Claremorris	1143	475	41,56	668	3,04
Uman	632	379	59,97	253	18,84
Lerwick	1209	453	37,47	756	1,08

Zdroj dat: WMO (1996) – vlastní výpočty

Doba polovičních srážek

Doba polovičních srážek určuje, za jakou dobu spadne právě polovina ročního srážkového úhrnu, přičemž se počítají měsíční srážky od dubna. Oblasti s oceánským klimatem jsou charakteristické vysokým úhrnem srážek v zimních měsících, tedy v těch, které jsou na konci řady, pokud počítáme srážky od dubna. Pro takovéto stanice je tedy charakteristická delší doba polovičních srážek. Naopak kontinentální oblasti mají větší úhrny srážek v létě a doba polovičních srážek bude tedy nabývat nižší hodnoty. Hodnoty se pohybují cca od 3 do 7 měsíců. Na základě této metody lze tedy také určit kontinentalitu či oceanitu dané oblasti.

Hodnota této charakteristiky je získána sčítáním srážkových úhrnů jednotlivých měsíců počínaje dubnem do doby, kdy dosáhneme poloviny ročního úhrnu srážek. Pokud se do poloviny ročního úhrnu srážek již nevejde celý měsíc, spočítáme, jak velká část měsíce nám ještě chybí k naplnění poloviny ročního úhrnu srážek. Výsledkem tedy téměř nikdy nebudou celé měsíce.

Z výsledných hodnot doby polovičních srážek pro zadané stanice (tab. 7) je patrné, že stanice Lerwick je velmi vysoká oceanita, protože hodnota zde dokonce přesáhla 7 měsíců. Vysokou

oceanidou klimatu se vyznačuje i Claremorris, kde hodnota doby polovičních srážek činí 6,77 měsíce. Na stanici Uman panuje podle této metody kontinentální klima, avšak ve srovnání například s indexem termické kontinentality se kontinentalita nejeví tak silná.

Tab. 7: Roční úhrn srážek, poloviční úhrn srážek a doba polovičních srážek na vybraných stanicích v letech 1967 – 1990

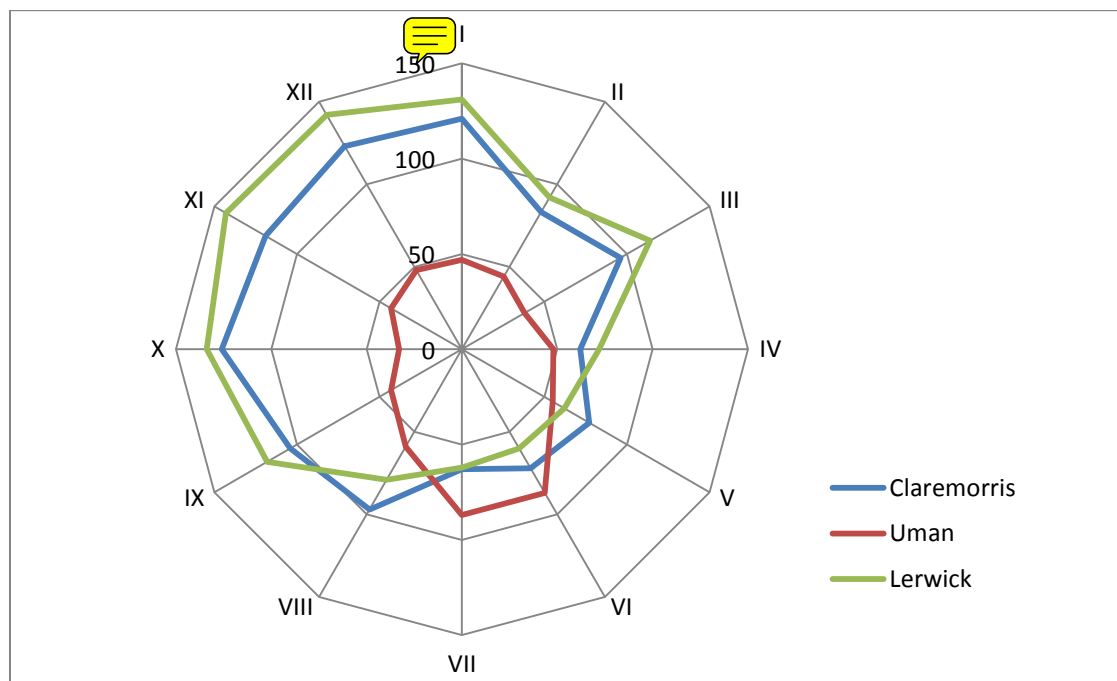
Stanice	S_r [mm]	$\frac{1}{2} S_r$ [mm]	Počet měsíců
Claremorris	1143,0	571,5	6,77
Uman	632,0	316,0	4,66
Lerwick	1209,0	604,5	7,12

Zdroj dat: WMO (1996) – vlastní výpočty

Poloha těžiště srážek

K výpočtu této charakteristiky je třeba znát průměrné měsíční úhrny srážek a roční úhrn srážek. Pomocí vzorců uvedených níže vypočítáme souřadnice, ze kterých po zanesení do kartézského souřadnicového systému zjistíme, do kterého kvadrantu přísluší, a tím i kterému klimatu odpovídají.

Na obr. 2 vidíme rozložení ročního chodu srážek pro všechny stanice a můžeme je tedy dobře porovnat. Pozorujeme odlišnost grafu pro stanici Uman od ostatních dvou a graf potvrzuje kontinentalitu Umanu, respektive oceanitu zbylých dvou stanic.



Obr. 2: Rozložení ročního chodu srážek v paprskovém grafu

Zdroj dat: WMO (1996)

Z výsledků souřadnic (tab. 8) získáme body, které v kartézské soustavě představují jednotlivé stanice. Na obr. 3 vidíme tyto body graficky znázorněné a je zřejmé, že zasahují pouze do II. a IV. kvadrantu.

Stanice, nacházející se ve II. kvadrantu se vyznačují oceánským typem klimatu. IV. kvadrant představuje teplé kontinentální klima. Při pohledu na graf je zřejmé, že i touto metodou se potvrdila kontinentalita Umanu a oceanita stanic Claremorris a Lerwick.

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

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

Výpočet pro stanci Claremorris:

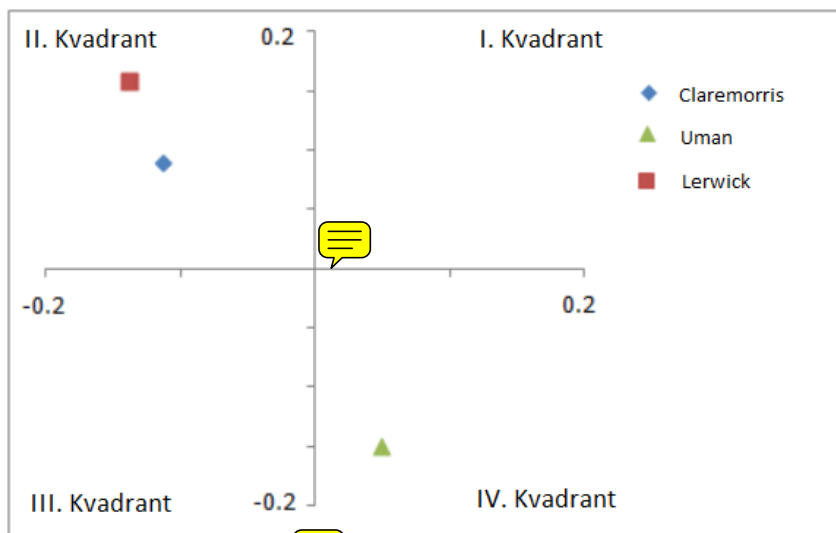
$$x = \frac{0,5 \cdot (83 + 72 - 97 - 123) + 0,866 \cdot (96 + 77 - 104 - 119) + 62 - 126}{1143} = -0,12231$$

$$y = \frac{0,5 \cdot (96 - 77 - 104 + 119) + 0,866 \cdot (83 - 72 - 97 + 123) + 121 - 63}{1143} = 0,09365$$

Tab. 8: Souřadnice polohy těžiště srážek vybraných stanic v letech 1961 – 1990

Stanice	x	y
Claremorris	-0,12231	0,09365
Uman	0,0523133	-0,15073
Lerwick	-0,140703	0,156964

Zdroj dat: WMO (1996) – vlastní výpočty



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

Zdroj dat: WMO (1996) – vlastní výpočty

Tab. 9: Výsledné hodnoty vybraných charakteristik na vybraných stanicích v letech 1961 – 1990

Stanice	Index termické kontinentality	Index ombrické kontinentality	Doba polovičních srážek	Poloha těžiště srážek	Klima kontinentální/oceánské
Claremorris	0,27%	3,04%	6,77 měsíce	II. Kvadrant	Oceánské
Uman	35,21%	18,84%	4,66 měsíce	IV. Kvadrant	Kontinentální
Lerwick	-3,34%	1,08%	7,12 měsíce	II. Kvadrant	Oceánské

Zdroj dat: WMO (1996) – vlastní výpočty

Závěr:

Všechny počítané i znázorněné charakteristiky nám shodně potvrdily, že na stanici Uman panuje kontinentální klima a stanice Lerwick a Claremorris jsou ovlivněny klimatem oceánským. Tento výsledek se dal předpokládat už z polohy jednotlivých stanic, kdy Uman je stanice ve vnitrozemí, Claremorris cca 50 km od moře a Lerwick je přístavem na Shetlandách.

Pluviometrickým koeficientem jsme očekávání potvrdili, když jsme získali údaje o množství srážek v jednotlivých měsících.

Další metodou, která podpořila očekávaný závěr byly indexy termické kontinentality, kdy jsme zjistili, že oceanita stanice Lerwick je extrémně silná, oceanita stanice Claremorris je velmi silná a kontinentalita na stanici Uman je poměrně silná. Stejný závěr vyplynul i z další charakteristiky, kterou byl index ombrické kontinentality.

Metodou doby polovičních srážek jsme zjistili, kolik měsíců počínaje dubnem je třeba k naplnění poloviny ročního úhrnu srážek. Nejkratší doba byla zjištěna pro stanici Uman, kde je třeba 4,66 měsíce k naplnění poloviny ročních srážek. Klima tedy bylo stanoveno jako kontinentální. U zbylých dvou stanic vyšlo opět klima oceánské.

Polohou těžiště srážek jsme zjistili, že stanice Claremorris a Lerwick leží ve II. kvadrantu a Uman ve IV. kvadrantu. To značí opět oceanitu pro první dvě jmenované stanice a teplé kontinentální klima pro Uman.

Zdroje:

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