

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA**

1128286

**PERIÓDY SUCHA A ICH ZMENA V PODMIENKACH
MENIACEJ SA KLÍMY NA VYTYPOVANEJ LOKALITE
SLOVENSKA**

2010

Petra ĎURKOVSKÁ

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V
NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO
INŽINIERSTVA**

**PERIÓDY SUCHA A ICH ZMENA V PODMIENKACH
MENIACEJ SA KLÍMY NA VYTYPOVANEJ LOKALITE
SLOVENSKA**

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program:	Krajinné inžinierstvo
Pracovisko (katedra/ústav):	Katedra biometeorológie a hydrológie
Vedúci bakalárskej práce:	Ing. Ján Čimo, PhD.
Konzultant bakalárskej práce:	Ing. Ján Čimo, PhD.

Nitra 2010

Petra ĎURKOVSKÁ

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Petra Ďurkovská vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Periódy sucha a ich zmena v podmienkach meniacej sa klímy na vytypovanej lokalite Slovenska“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre, 17.mája 2010

.....

Petra Ďurkovská

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem poďakovanie vedúcemu práce Ing. Jánovi Čimovi, PhD. za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej bakalárskej práce.

Abstrakt

Atmosférické zrážky patria medzi základné ukazovatele charakteru podnebia. Keďže zabezpečujú vlahu, sú jednou zo základných podmienok života vôbec. Preto sa ich význam hodnotí predovšetkým z hľadiska biologického, z hľadiska hospodársko - technického, ale obzvlášť z hľadiska poľnohospodárskeho. Význam poznania charakteristík zrážok je pre praktickú činnosť človeka veľký. Medzi dôležité charakteristiky patria aj periódy zrážok a sucha.

Periódou (obdobie) sucha nemusí označovať výhradne obdobie, v ktorom nepadali zrážky, ale môže sa prihliadať aj k ďalším meteorologickým prvkom, ako sú vietor, teplota a vlhkosť vzduchu, oblačnosť a iné. Všetky tieto meteorologické prvky ovplyvňujú suchu. Termín suchu môžeme chápať rôzne. Suchu je stav, pri ktorom vegetácia nemá dostatočnú vlahu pre svoj vývoj. Táto práca sa nezaobrá suchom z biologického hľadiska, ale suchými periódami (obdobiami sucha) z hľadiska klimatologického.

Kľúčové slová: suchu, suché obdobie, klíma, klimatická zmena, zrážky

Abstract

The atmospheric precipitation belongs to basic indicators of the nature of climate. As they provide the moisture they are one of the basic conditions of the life. Therefore their importance is assessed in term of biological, in terms of economic – technical, but especially in terms of agricultural. There is important to know the characteristics of rainfall as a practical human activity. The significant features include also the periods of rainfall and drought.

The period of drought does not only refer to the period in which precipitation did not fall, but it can be taken on other meteorological elements such as wind, temperature and humidity, clouds and others. All these meteorological elements affect the dry weather. The term drought can be understood differently. Drought is a status in which the vegetation is not sufficient moisture for its development. This thesis does no deal with bio-dry but with dry periods (droughts) in terms of climatology.

Keywords: drought, dry period, climate, climate change, precipitation

Obsah

Úvod	10
1 Prehľad o súčasnom stave	11
1.1 Charakteristiky klímy	11
1.1.1 Klíma.....	11
1.1.2 Zmena klímy	11
1.1.3 Kolísanie klímy	11
1.1.4 Premenlivosť klímy.....	12
1.1.5 Faktory spôsobujúce klimatické zmeny	12
1.1.6 Klimatické zmeny a skleníkový efekt.....	13
1.1.7 Spätné väzby v klimatickom systéme	13
1.1.8 Klimatické zmeny spôsobujú aj ľudia	15
1.1.9 Pozorované dôsledky klimatickej zmeny.....	15
1.1.10 Predpoklady vývoja klímy	16
1.1.11 Klimatická zmena na Slovensku	17
1.2 Pôdna voda	18
1.2.1 Vyjadrovanie obsahu vody v pôde.....	19
1.2.2 Prístupnosť pôdnej vody pre rastliny	20
1.3 Sucho	21
1.4 Suché obdobie	23
1.5 Metódy hodnotenia sucha.....	24
1.6 Rozbor metód hodnotenia sucha	25
1.6.1 Klasifikácia územia podľa HZ _r	25
1.6.2 Hodnotenie sucha pomocou Minářovej vlhovej istoty.....	25
1.6.3 Hodnotenie sucha pomocou indexu sucha	26
1.6.4 Metóda hodnotenia pomocou tzv. agroklimatického vlhového ukazovateľa KVI-VIII	27
1.6.5 Hodnotenie sucha podľa stanovištného indexu SI.....	27
1.6.6 Hodnotenie sucha podľa Končekovho indexu	28
1.6.7 Hodnotenie sucha pomocou Langovho dažďového faktora	29
1.6.8 Hodnotenie sucha pomocou Palmerovho Z – indexu	30
1.7 Zrážky.....	31

1.7.1	Charakteristika zrážok	31
1.7.2	Základné charakteristiky zrážok	34
1.7.3	Delenie dažďov	36
1.7.4	Vplyv terénu na zrážky	37
2	Cieľ práce.....	38
3	Metodika práce.....	39
4	Výsledky práce a diskusia	40
5	Záver.....	41
Zoznam použitej literatúry		

Zoznam skratiek a značiek

w	- hmotnostná vlhkosť pôdy,
Θ	- objemová vlhkosť pôdy,
s	- stupeň nasýtenia,
Pa	- prevzdušnenosť pôdy,
m_w	- hmotnosť kvapalnej fázy pôdy,
m_s	- hmotnosť tuhej fázy,
V_t	- objem tuhej fázy pôdy, celkový objem pôdy (pôdnej vzorky)
V_w	- objem kvapalnej fázy pôdy,
V_p	- objem pôdnych pórov,
V_a	- objem plynnej fázy pôdy,
Θ_A, W_A	- adsorpčná vodná kapacita,
Θ_{PK}, W_{PK}	- poľná vodná kapacita,
Θ_S, W_S	- plná vodná kapacita,
Θ_{ZD}, W_{ZD}	- bod zníženej dostupnosti,
Θ_v, W_v	- bod vädnutia,
Z	- objem zrážok,
H_z	- úhrn zrážok/priemerná výška zrážok,
t_d	- doba trvania zrážok,
i_d	- priemerná intenzita dažďa,
$i_{d,o}$	- okamžitá intenzita dažďa,
H_{sn}	- je vodná hodnota snehovej pokrývky v mm,
h_{sn}	- priemerná výška snehovej pokrývky na danej ploche v m,
s	- vodná hodnota snehu v $m^3 \cdot m^{-3}$,
v	- vodná hodnota snehovej pokrývky,
h	- výška snehovej vrstvy,

- I_z - Končekov index zavlaženia,
- R - úhrn zrážok v mm za apríl až september,
- Δr - kladná odchýlka množstva zrážok troch zimných mesiacov december až február od množstva 105 mm (pričom sa záporné odchýlky neberú do úvahy),
- T - priemerná teplota celého vegetačného obdobia v °C,
- v - priemerná rýchlosť vetra o 14.00 h. v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ v celom vegetačnom období.
- D_f - Langov dažďový faktor,
- $H_{z,r}$ - dlhodobý priemerný ročný zrážkový úhrn na záujmovom území v mm,
- t_r - dlhodobá priemerná ročná teplota vzduchu na záujmovom území v °C,
- $K_{VI-VIII}$ - agroklimatický vlhový ukazovateľ,
- $E_{0,VI-VIII}$ - potenciálna evapotranspirácia v mesiacoch jún až august v mm,
- $R_{VI-VIII}$ - zrážky v letných mesiacoch jún až august v mm.
- α - Minářov index vlhovej istoty
- R - úhrn zrážok v mm
- z - hranica sucha
- t - teplota v °C
- S_i - index sucha - aridity
- Δt_i - odchýlka priemernej teploty vo vegetačnom období od dlhodobého priemeru teploty vo vegetačnom období
- σ_t - smerodajná odchýlka v príslušnom štatistickom období odchýlky priemernej teploty vo vegetačnom období
- Δr_i - odchýlka priemerného úhrnu zrážok vo vegetačnom období od dlhodobého priemerného zrážkového úhrnu vo vegetačnom období
- σ_r - smerodajná odchýlka v príslušnom štatistickom období odchýlky priemerného úhrnu zrážok vo vegetačnom období

Úvod

Sucho môžeme posudzovať z rôznych hľadísk, a to meteorologického, hydrologického a klimatologického, prípadne iných. Všeobecne však sucho chápeme ako nedostatok vlhky v pôde, ktorú sú schopné rastliny využiť na svoj rast. Pri dlhodobjšom nedostatku pôdnej vlhkosti rastliny upadajú do šoku (spomalenie transpirácie), dokonca môžu uhynúť. Vplyv suchého obdobia na rastliny závisí aj od druhu rastlín. Poľnohospodárske kultúry sú na nedostatok vody v pôde veľmi citlivé, pretože za pomerne krátke vegetačné obdobie musia prejsť všetkými fenologickými fázami a vytvoriť plody. Na to potrebujú intenzívnu látkovú výmenu s okolím, ktorá sa deje práve prostredníctvom vody.

Schopnosť pôdy zabezpečiť poľným plodinám dostatok vody a živín počas ich vegetačného obdobia, t.j. schopnosť pôdy prijať a udržať vodu, ako aj umožniť pohyb vody a živín ku koreňom rastlín je základnou vlastnosťou úrodnej pôdy.

Efektívnosť atmosférických zrážok, ktoré sú prirodzeným zdrojom zásob vody v pôde, závisí tak od ich úhrnov a rozloženia počas roka. Samozrejme existujú aj iné zdroje, ktoré môžu byť v niektorých lokalitách dominantné (napr. kapilárny zdvih z podzemnej vody, topenie snehovej pokrývky, ...), všetky tieto zdroje sú aj tak v konečnom dôsledku závislé od zrážok. Preto pri určovaní suchých období je nutné vychádzať z údajov o zrážkach.

Sucho sa prejavuje v rôznych lokalitách rôzne, existujú tak oblasti s dlhodobým nedostatkom pôdnej vlhkosti, ako aj oblasti s jej prebytkom. Na určenie, či je daná lokalita suchá, alebo vlhká, existuje viacero charakteristík, napr. Langov dažďový faktor, Končekov index zavlaženia, Palmerov Z- index a i.

1 Prehľad o súčasnom stave

1.1 Charakteristiky klímy

1.1.1 Klíma

Dlhodobý režim počasia, ktorý je charakterizovaný pomocou priemerov meteorologických prvkov a javov (tlaku, vlhkosti, zrážok, vetru a i.) vypočítaných za dlhšie časové obdobie, radovo najmenej desiatky rokov. Tieto základné charakteristiky môžu byť ďalej doplnené napríklad štatistickým rozdelením jednotlivých prvkov, vyskytujúcimi sa extrémami a pod. Klimatické podmienky charakterizujúce klímu s ohľadom na ich vplyv na iné prírodné javy a spoločenské deje (Acot, 2005).

1.1.2 Zmena klímy

Tento termín sa niekedy používal pre všetky zmeny súvisiace s klímou, v súčasnosti sa takto nazývajú prevažne len zmeny klímy prirodzeného charakteru, ako napríklad ľadové doby, zmeny v minulých geologických dobách, niekedy aj nízko-frekvenčné kolísanie klímy. Klimatické zmeny sú iba tie zmeny, ktoré súvisia s antropogénne podmieneným rastom skleníkového efektu atmosféry od začiatku priemyselnej revolúcie. Od roku 1750 sa zrýchľuje rast skleníkových plynov v atmosfére, okrem vodnej pary (Lapin, Tolmain, 2001).

Netopil (1984) tvrdí, že zmeny klímy sú usmernené, zlepšenia alebo zhoršenia klimatického systému, počas ktorého dochádza k zákonitej zmene meteorologického režimu (napr. dlhodobé zvýšenie teploty vzduchu). Tieto usmernené zmeny sú podmienené najmä zmenou klimatotvorných faktorov.

1.1.3 Kolísanie klímy

Prirodzené kolísanie klímy je dané najmä solárnou klímou (ročný chod), iné cykly súvisia s cyklickosťou niektorých klimatotvorných procesov, ako sú napr. zmeny

prúdenia v stratosfére, ENSO, el Niño, NAO. Nízko-frekvenčné cykly sa vyjadrujú periódou dlhšou ako 11 rokov. Dlhšie cykly sa iba obtiažne identifikujú v pozorovaných súboroch alebo merateľných údajoch (Lapin, Tolmain, 2001).

1.1.4 Premenlivosť klímy

Premenlivosť klímy môžeme charakterizovať pre dlhšie časové obdobie ako jeden rok., ale tiež pri použití rôzne dlhých časových období pre hodnoty vstupných údajov spracovania (minúta, hodina, deň, dekáda, rok, 5 rokov, 10 rokov, 20 rokov a i.) Za zvláštnosť sa považuje náhla veľká klimatická zmena (Lapin, Melo, 2000).

1.1.5 Faktory spôsobujúce klimatické zmeny

Vplyv na zmenu klímy má rad faktorov, niektoré pôsobia až v ďalšom geologickom merítke času, niektoré takmer bezprostredne po tom, čo sa objavia. Ide o komplikovaný systém, v ktorom sa vzťah medzi určitým faktorom a očakávanou zmenou tepelnej bilancie prejavuje ako nelineárny a matematicky ťažko popísateľný (Kutílek, 2008).

Podľa Milankovičovej teórie sú veľké klimatické zmeny spôsobené zmenou intenzity slnečného žiarenia. Ku zmenám dochádza v dôsledku troch periodicky sa opakujúcich zmien parametrov obežnej dráhy Zeme kolo Slnka. Zmena intenzity ožiarenia Zeme a jednotlivých zemepisných pásiem a kontinentov vedie ku zmenám globálnych teplôt a rozdielnym priebehom teplôt v rozsiahlych regiónoch.

Klíma sa týka podstatne dlhších časových období, od niekoľko rokov, až po niekoľko desaťročí alebo aj dlhšie. Popis klímy v určitom období zahŕňa priemerné hodnoty veličín, ktoré charakterizujú počasie (napríklad teploty a atmosférické zrážky) v tomto období a tiež ďalšie štatistické charakteristiky (premenlivosť) jednotlivých veličín (Kutílek, 2008).

1.1.6 Klimatické zmeny a skleníkový efekt

Pod pojmom prirodzený skleníkový efekt atmosféry rozumieme sumu dôsledkov radiačne aktívnych plynov v atmosfére, ktoré absorbujú tepelné vyžarovanie Zeme (Houghton, 1998, Lapin, 2001, Melo , 2003).

V dolnej časti troposféry a na zemskom povrchu sa tak pri existujúcom skleníkovom efekte dlhodobo stabilizuje na Zemi ako celku určitá priemerná teplota vzduchu (globálna teplota prízemnej atmosféry). Tá je v skutočnosti až o 33°C vyššia oproti tej teplote vzduchu (-18°C), ktorá by sa na Zemi stabilizovala v tomto prípade, keby zemská atmosféra neobsahovala žiaden radiačne aktívny (skleníkový) plyn. Účinok sa nazýva prirodzeným skleníkovým efektom atmosféry preto, že všetky skleníkové plyny, okrem chlórfluórových uhľovodíkov (CFCs), tu boli už dávno predtým, než sa na scéne objavil človek. Termín „skleníkový efekt“ je nazvaný podľa toho, že sklo v skleníku hrá podobnú, ak nie rovnakú úlohu ako radiačne aktívne plyny v atmosfére. Otepľujúci účinok skleníkových plynov bol po prvý krát rozpoznán už v roku 1827 francúzskym vedcom Jean-Baptistom Fourierom. Rastúci skleníkový efekt atmosféry je spôsobený zvyšovaním koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére, a to predovšetkým CO₂. Tento jav spôsobuje významnú zmenu bilancie dlhového žiarenia, ktorá má za následok doslova reťazovú reakciu. Atmosféra absorbuje väčšie množstvo dlhovej radiácie a to znamená, že sa aj viac ohrievajú vrstvy, v ktorých sa akumulujú skleníkové plyny. Čím je teplota týchto vrstiev vyššia, tým je ich spätné vyžarovanie, a to najmä smerom k zemskému povrchu intenzívnejšie. Výsledkom celého procesu je ohrievanie zemského povrchu a stabilizácia vyššej priemernej teploty prízemnej vrstvy atmosféry (celkové žiarenie Zeme však zostáva nezmenené – 30% albedo krátkovlnného žiarenia, 70% dlhového vyžarovanie) (Houghton, 1998, Lapin, 2001, Melo , 2003).

1.1.7 Spätné väzby v klimatickom systéme

V dôsledku pôsobenia systému kladných a záporných spätných väzieb spojených so zvyšovaním teploty sa skutočný rast globálnej priemernej teploty zvýšil o polovicu, t.j. 2,5°C. Najdôležitejšie spätné väzby:

Spätná väzba vodnej pary. Je najdôležitejšia a predstavuje v priemere kladnú spätnú väzbu. V teplejšej atmosfére dochádza k väčšiemu vyparovaniu z oceánu a z vlhkého povrchu pevniny. V priemere vtedy bude teplejšia atmosféra vlhšia, bude obsahovať väčšie množstvo vodnej pary. Vodná para je mocným skleníkovým plynom, ktorý by aj sám zvýšil rast globálnej priemernej teploty pri zdvojnásobení koncentrácie oxidu uhličitého asi o 60% (Houghton, 1998).

Spätná väzba spojená s radiačným pôsobením oblačnosti. Táto väzba je zložitejšia, pretože zároveň pôsobí niekoľko procesov. Oblaky ovplyvňujú prenos žiarenia v atmosfére významným spôsobom. Odrážajú určitú časť slnečného žiarenia späť do priestoru a tak znižujú celkovú energiu systému. Pôsobí aj ako „pokryvka“ pre tepelné vyžarovanie z povrchu Zeme – podobne ako skleníkové plyny. Tým, že oblačky pohlcujú tepelné žiarenie vysielané zemským povrchom a samy sa emitujú tepelné žiarenie, znižujú tepelné straty z povrchu do priestoru. Ktorý účinok dominuje u ktorého oblaku a na jeho detailných optických vlastnostiach. Optické vlastnosti oblačnosti závisia pochopiteľne na tom, či je oblak tvorený vodnými kvapkami alebo ľadovými časticami, na obsahu vody v kvapalnom a tuhom skupenstve (aký hustý alebo riedky oblak je) a na priemernej veľkosti oblačných častíc. Nízka oblačnosť odráža obvykle viac a u vysokých oblakov je naopak dominantný „efekt prikrývka“ a tieto oblačky majú skôr tendenciu systém ohrievať. Celkový účinok spätnej väzby oblakov môže byť pozitívny aj negatívny (Houghton, 1998).

Spätná väzba spojená s cirkuláciou v oceánoch. Oceány hrajú významnú rolu pri ovplyvňovaní zemskej klímy. Majú preto pravdepodobne dôležitý vplyv na zmeny klímy vyvolané ľudskou činnosťou. Oceány pôsobia na podnebie v troch dôležitých smeroch. Za prvé, ako sme už poznamenali, sú hlavným zdrojom atmosférickej vodnej pary, ktorá vplyvom uvoľneného latentného tepla pri tvorbe oblačnosti predstavuje najväčší jednotlivý zdroj tepla pre atmosféru. Za druhé, majú oceány v porovnaní s atmosférou veľkú tepelnú kapacitu, čiže k nepatrnému zvýšeniu ich teploty je potrebné veľké množstvo tepla. Znamená to, že v otepľujúcom sa svete sa oceány otepľujú omnoho pomalšie než atmosféra. Oceány preto v značnej miere riadia rýchlosť, ktorou sa atmosférické zmeny realizujú. A za tretie, oceány redistribujú teplo do celého klimatického systému vďaka cirkulácii vnútri ich samých. Celkové množstvo tepla prenášaného oceánom od rovníka do polárnych oblastí je podobné ako množstvo tepla prenášaného atmosférou. Regionálna distribúcia tohto prenosu je veľmi rozdielna. Aj malé zmeny môžu mať pre zmenu podnebia veľké dôsledky (Houghton, 1998).

Spätná väzba albeda ľadu. ľadový alebo snehový povrch silno odráža slnečné žiarenie (albedo, t.j. pomer množstva odrazeného žiarenia k množstvu žiarenia dopadajúceho, je miera odrážavosti). Keď sa ľad topí, je slnečné žiarenie, ktoré bolo predtým, ľadom alebo snehom odrážané späť do priestoru, na teplejšom povrchu pohlcované. To vedie k ďalšiemu otepľovaniu. Táto pozitívna väzba by sama o sebe zvýšila priemernú globálnu teplotu vyvolanú dvojnásobným množstvom oxidu uhličitého zvýšila asi o 20% (Houghton, 1998).

1.1.8 Klimatické zmeny spôsobujú aj ľudia

Možno sa zdá, že bežný občan sa na znečisťovaní ovzdušia podieľa minimálne, ale nie je to celkom tak. Domácnosti neprodukujú toľko emisií ako priemysel, či poľnohospodárstvo, ale my vytvárame dopyt po energiách. Až 61% emisií skleníkových plynov sa vytvára pri výrobe energií. Každý výrobok predstavuje obrovské množstvo energií na výrobu, obstaranie, dopravu. Nehovoriac o tom, aké množstvo vody spotrebuje priemysel. Najviac vody spotrebujú tepelné elektrárne, ktoré spaľujú palivo kvôli výrobe elektrickej energie (približne 13,6 miliardy litrov denne). Zlepšujúca sa ekonomická situácia a kratší čas zaobstarania výrobkov vytvára na prírodné zdroje obrovský tlak (Feik, 2007).

1.1.9 Pozorované dôsledky klimatickej zmeny

Zmena klímy súvisí s antropogénnym rastom skleníkového efektu atmosféry v dôsledku zvyšovania koncentrácie radiačne aktívnych plynov v zemskej atmosfére. Hlavným dôvodom zosilňovania skleníkového efektu je postupné otepľovanie prízemných vrstiev atmosféry a zemskeho povrchu. Celosvetovo sa za posledné storočie v priemere oteplilo o približne 0,6 °C. Obavy odborníkov nespôsobuje nárast teploty vzduchu, ale skôr rôzne efekty globálneho významu, napr. zvýšenie hladiny oceánu, zvýšenie resp. zníženie množstva zrážok, zmeny vodných zdrojov, zintenzívnenie mimoriadnych poveternostných situácií (búrky, lejaky, suchá a i.) a pod. (Houghton, 1998).

Zvyšujúca sa hladina svetového oceánu v dôsledku tepelného rozpínania vody a topenia ľadovcov bude mať za následok zhoršenie situácie najmä v nízko položených

regiónoch, ktoré budú postihnuté predovšetkým stratou často veľmi úrodnej poľnohospodárskej pôdy a zdrojov podzemnej vody. Len v priebehu posledného storočia stúpila stredná globálna hladina oceánov a morí o 10 až 20 cm. Odhaduje sa, že toto zvýšenie predstavuje až desaťnásobok priemerného zvyšovania za uplynulých 3000 rokov (IPPC. 2001, Houghton, J. 1998).

Za posledných 50 rokov sa rozsah morského plávajúceho ľadu na severnej pologuli znížil o 10 až 15%. Doba každoročného zamrznania jazier a riek sa v priebehu uplynulého storočia skrátila o približne 2 týždne. Hrúbka ľadu v priestore Severného ľadového oceánu sa v letnom období za posledných 45 až 50 rokov znížila o 40%. Najvýraznejší je však evidentný ústup horských ľadovcov v nepolárnych oblastiach v priebehu posledných 100 až 150 rokov (Houghton, 1998).

Azda najnápadnejším dôkazom vplyvu globálneho otepľovania sú zmeny flóry a fauny vo viacerých oblastiach Zeme. V niektorých častiach severnej pologule sa od 60. rokov 20. storočia predĺžilo širšie (veľké) vegetačné obdobie o takmer 11 dní (Šiška, Špánik, 2000).

Medzi najvýznamnejšie negatívne dôsledky zmeny klímy na Slovensku patria: nárast extrémneho odtoku a pokles dlhodobých prietokov v riekach, pokles výdatnosti prameňov, pokles pôdnej vlhkosti (najmä na juhu Slovenska), rast intenzity mineralizácie pôdy (napr. zasoľovanie,...), zmeny podmienok pre veľkú časť lesných spoločenstiev na celom Slovensku, zhoršenie zdravotného stavu rastlín, pokles kvality a kvantity rastlinnej produkcie, potenciálne ohrozenie všetkých funkcií lesa vrátane produkčnej a pod.

1.1.10 Predpoklady vývoja klímy

Predpoklady budúceho vývoja klímy vychádzajú predovšetkým z výstupov modelov všeobecnej cirkulácie, ktoré zahŕňajú atmosférické a aj oceánické procesy. Hlavnými výstupmi modelov sú dlhodobé premeny teploty vzduchu, tlakov vzduchu, úhrnov zrážok, vlhkosti vzduchu a pôdy (Melo, 2003).

Tretia správa IPCC (2001) obsahuje prognózy:

- priemerná globálna teplota sa v období 1990 až 2100 zvýši o 1,4 až 5,8 °C,

- priemerné zvýšenie hladiny oceánov a morí sa v období 1990 až 2100 predpokladá v rozsahu od 9 do 88 cm,
- zrážky sa v priebehu 21. storočia zintenzívnia, a to najmä v stredných a vysokých geografických šírkach, v niektorých oblastiach sa úhrny zrážok zvýšia
- v iných naopak znížia,
- výskyt dlhších období sucha a mimoriadnych povodní bude zrejme častejší,
- častejší výskyt extrémnych poveternostných situácií, zmena frekvencie výskytu a intenzity búrok,
- rozsah snehovej pokrývky a plávajúceho morského ľadu na severnej pologuli sa bude i naďalej znižovať,
- horské ľadovce, najmä v nepolárnych vysokohorských oblastiach, budú neustále ustupovať,
- hlavné (veľké) vegetačné obdobie sa bude predlžovať, a to najmä v stredných a vysokých geografických šírkach,
- zmena klímy vo viacerých aspektoch ovplyvní ľudské zdravie,
- zmena ekologických podmienok pre prakticky všetky rastlinné i živočíšne spoločenstvá, a to najmä v stredných a vysokých geografických šírkach,
- strata biodiverzity mnohých prírodných ekosystémov,
- zvýšenia rizika vyhynutia niektorých zriedkavejších biologických druhov a iné.

1.1.11 Klimatická zmena na Slovensku

Z hľadiska hodnotenia teplotných pomerov sa na území Slovenska v období 1901 až 2002 zvýšila priemerná ročná teplota vzduchu (T) o 1,1°C, pričom tento nárast nebol ani zďaleka rovnomerný (Moldan, 1997, Mindas, 2000).

Popri zvýšení priemernej ročnej teploty vzduchu významnejšie zmeny zaznamenali aj ročné a sezónne úhrny zrážok. Na území celého Slovenska bol v skúmanom období zaznamenaný priemerný celkový pokles ich ročných úhrnov o približne 5,6% (Lapin, 2001).

Najväčší pokles nastal v južných nížinných oblastiach (Podunajská nížina), a to miestami až o 13% (Hurbanovo). Dlhodobé zmeny zrážok sú najmenej badateľné v severných častiach Slovenska, kde bol miestami zaznamenaný mierny nárast až do 5% (Faško, 2000).

Zmeny v úhrne zrážok boli tiež zaznamenané v zimných a jarných mesiacoch, ich výrazný pokles. Sezónne zrážky rastú v zimnom období a klesajú v letnom období (Lapin, 1996).

1.2 Pôdna voda

Z hľadiska pestovanie poľnohospodárskych plodín má najväčší význam tá časť podpovrchovej vody, ktorá sa nachádza v dosahu koreňovej sústavy pestovaných plodín a ktorá sa nachádza v kvapalnom skupenstve. Táto voda sa nazýva pôdna voda. Jedna z najdôležitejších charakteristík úrodnej pôdy je jej schopnosť zabezpečiť rastlinám dostatok vody, vzduchu a živín počas celého vegetačného obdobia. Pôda musí na splnenie tejto funkcie byť schopná:

- prijať zrážkovú vodu, ktorá predstavuje najdôležitejší zdroj pôdnej vody,
- zabezpečiť prítok vody do koreňovej zóny pôdneho profilu od hladiny podzemnej vody, ktorý predstavuje ďalší významný zdroj vody,
- akumulovať a udržať vodu, ktorá sa infiltráciou dostane do koreňovej zóny kapilárnym výstupom od hladiny podzemnej vody,
- zabezpečiť, aby sa v koreňovej zóne nachádzalo vždy požadované množstvo pôdneho vzduchu

Pôdna voda, aby bola pôda schopná zabezpečiť rastlinám dostatok živín, musí mať schopnosť rozpúšťať a transportovať rastlinné živiny z miesta ich aplikácie ku koreňom rastlín, a to takou rýchlosťou, a v takom množstve, ktoré zodpovedá požiadavkám pestovanej rastliny.

Schopnosť pôdy prijať, akumulovať a udržať vodu, ako aj umožniť pohyb vody a živín je funkciou nielen fyzikálnych vlastností pôdy a vody, ale aj funkciou energetického stavu pôdnej vody, t.j. závisí aj od statiky, dynamiky a prístupnosti pôdnej vody pre rastliny (Antal, Špánik, 2004).

V pôde rozlišujeme tri základné kategórie pôdnej vody (Antal, Špánik, 1999).

Adsorbčná pôdna voda lipne na povrchu pôdnych zŕn, viazaná ich elektrostatickými silami. Je neoddeliteľnou súčasťou pôdnych zŕn a nie je prístupná pre rastliny ani pre živočíchy.

Kapilárna voda sa vyskytuje v bezštruktúrálnej pôde, kde nie sú žiadne pôdne póry, ale len jemné kapilárne štrbinky. Voda tu prúdi ľubovoľným smerom, smer je vždy od vlhkých miest k suchým. Počas dažďa je povrch pôdy mokrý a preto voda steká do pôdy na miesto suché. Keď zasvieti slnko, povrch vyschne, potenciál vlhkosti sa obráti a voda prúdi nahor k suchým miestam na povrchu. Pôda zbavená vlhky podlieha erózii.

Gravitačná voda je ovplyvňovaná prevažne silou zemskej gravitácie. Akumuláciou prebytku gravitačnej vody na vodonosných horizontoch a vrstvách vzniká podzemná voda.

1.2.1 Vyjadrovanie obsahu vody v pôde

Obsah vody v pôde vyjadrený v relatívnych jednotkách sa nazýva vlhkosť pôdy. Najčastejšie sa vyjadruje ako:

- hmotnostná vlhkosť pôdy w ,
- objemová vlhkosť pôdy Θ ,
- stupeň nasýtenia s ,
- prevzdušnosť pôdy Pa .

Definujeme ich vzťahmi:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \quad [M \cdot M^{-1}] \quad (1)$$

Kde: w – hmotnostná vlhkosť pôdy,

m_w – hmotnosť kvapalnej fázy pôdy,

m_s – hmotnosť tuhej fázy pôdy.

$$\Theta = \frac{V_w}{V_t} \quad [L^3 \cdot L^{-3}] \quad (2)$$

Kde: Θ – objemová vlhkosť pôdy,

V_w – objem kvapalnej fázy pôdy,

V_t – objem tuhej fázy pôdy.

$$s = \frac{V_w}{V_p} \quad [L^3.L^{-3}] \quad (3)$$

Kde: s – stupeň nasýtenia (saturácie),

V_w – objem kvapalnej fázy pôdy,

V_p – objem pórov.

$$Pa = \frac{V_a}{V_t} \quad [L^3.L^{-3}] \quad (4)$$

Kde: Pa – prevzdušnosť pôdy,

V_a – objem plynnej fázy pôdy,

V_t – celkový objem pôdy (pôdnej vzorky).

1.2.2 Prístupnosť pôdnej vody pre rastliny

Rastlinám je prístupná len tá časť vody, ktorá sa nachádza v intervale vlhkosti medzi hydrolimitmi poľná vodná kapacita a bod vädnutia, čo znamená, že len pôdna voda z intervalu využiteľnej vodnej kapacity. Medzi týmito dvomi hraničnými hodnotami sa vlhkosť pôdy mení, napr. vplyvom evapotranspirácie, infiltrácie zrážkovej vody a pod., pričom dosahuje hranice, tzv. hydrolimity, ktoré mali charakterizovať:

- hranice medzi jednotlivými kategóriami pôdnej vody
- hranice rôznej pohyblivosti pôdy
- hranice rôznej prístupnosti pôdnej vody pre rastliny

Hranice medzi jednotlivými kategóriami pôdnej vody predstavujú vlhkosť pôdy:

1. **Adsorbčná vodná kapacita** (Θ_A, W_A) – hydrolimit charakterizovaný vlhkosťou pôdy na hranici medzi adsorbčou a kapilárnou pôdnou vodou. Vyjadruje maximálne množstvo vody, ktoré je v pôde viazané adsorbčnými silami. Zodpovedá mu hodnota $pF_A = 4,8 - 5,2$.

2. **Pol'ná vodná kapacita** (Θ_{PK}, W_{PK}) – hydrolimit, charakterizovaný vlhkosťou pôdy na hranici medzi kapilárnou a gravitačnou vodou. Vyjadruje maximálne množstvo zavesenej vody v skutočnom pôdnom profile, odmerané v poľných podmienkach. Zodpovedá mu hodnota $pF_{PK} = 2,0 - 2,9$.
3. **Plná vodná kapacita** (Θ_S, W_S) – hydrolimit, charakterizovaný vlhkosťou pôdy pri úplnom zaplnení pôdnych pórov vodou. Vyjadruje maximálne množstvo vody, ktoré sa môže v pôde nachádzať. Zodpovedá mu hodnota $pF_S = 0$.
4. **Bod zníženej dostupnosti** (Θ_{ZD}, W_{ZD}) – hydrolimit, charakterizovaný vlhkosťou pôdy, pri ktorej sa už podstatne znižuje pohyblivosť pôdnej vody a jej prístupnosť pre rastliny. Zodpovedá mu hodnota $pF_{ZD} = 3,1 - 3,5$.
5. **Bod vädnutia** (Θ_v, W_v) – hydrolimit, charakterizovaný vlhkosťou pôdy, pri ktorej sú rastliny trvale nedostatočne zásobované pôdnou vodou, pretože intenzita absorpcie vody koreňmi rastlín je podstatne nižšia, ako je intenzita transpirácie, v dôsledku čoho rastliny vädnú a hynú. Podľa mnohých autorov, bod vädnutia predstavuje dolnú hranicu vlhkosti pôdy, pri ktorej je možný pohyb kvapalnej fázy pôdnej vody. Zodpovedá mu hodnota $pF_v = 4,18$ (Antal, Špánik, 2004).

1.3 Sucho

Sucho v poľnohospodárstve definujeme ako deficit pôdnej vody potrebnej na rast a vývoj poľnohospodárskych rastlín. Odbornejšie je definované ako vlhkosťový stav pôdy, pri ktorom sa znižuje pohyblivosť pôdnej vody a jej prístupnosť pre rastliny. Sucho môže byť vyvolané nedostatočnou schopnosťou pôdy prijať, akumulovať a udržať vodu. Najčastejšie je však vyvolané nedostatkom zrážok počas vegetačného obdobia, ale aj mimo neho.

Drlička (2006) uvádza, že existuje viac ako 150 druhov definícií sucha. Najjednoduchšou definíciou je veta: „sucho je nedostatok vody“. Inou stručnou definíciou je: „sucho je deficit, ktorý nastáva keď pôdna vlhkosť nestačí pokrývať požiadavky pôdnej evapotranspirácie“.

V našich klimatických podmienkach je suchom označované časové obdobie (týždeň, mesiac, rok) v ktorom spadlo menej zrážok ako je normál. Suchom

charakterizujeme aj počet za sebou nasledujúcich dní, v ktorom nebol prekročený stanovený zrážkový limit (Klementová, Litschmann, 2001).

Sucho možno definovať ako dlhodobý nedostatok vlhky v pôde, ale súčasne ja iné meteorologické prvky môžu vykazovať extrémny stav, ako vysoká teplota vzduchu, nízka relatívna vlhkosť vzduchu a výsušné vetry. Z hľadiska vývoja poľnohospodárskych plodín je sucho v mesiacoch marec až apríl nepriaznivé, z dôvodu nedostatku zásob vlhky v pôde (Klementová, Litschmann, 2001).

Sucho má niekoľko parametrov, ktorými sa dá popísať, a to predovšetkým: začiatok, dĺžka trvania a koniec sucha, intenzita sucha a dopady sucha, podľa čoho môžeme hovoriť o závažnosti sucha. Intenzita sucha je vlastnosť, ktorou môžeme rozumieť množstvo odobranej vody za určitý čas z danej časti obehu vody, ktorá nebola odpovedajúco nahradená (Drlička, 2006).

Problém stanovenia začiatku sucha je obťažný, pretože prejavy spojené so suchom bývajú pozvoľné a hranice medzi nimi neostré. Na začiatok sucha možno chápať ako stav, kedy sa dá predpokladať, že nedostatok vody bude mať, alebo má vplyv na určitú záujmovú oblasť. Včasná predpoveď možného výskytu sucha je významným prvkom pri nebezpečnom dopade sucha.

Existujú štyri druhy sucha a to meteorologické, hydrologické, poľnohospodárske a socio-ekonomické. Blinky (2004) uvádza vzťahy medzi uvedenými štyrmi typmi a ich časovou závislosťou. Meteorologické sucho v zmysle nedostatku zrážok je primárnou príčinou sucha. Následkom nedostatku vody v pôde sa postupne objavuje sucho. Pokiaľ deficit zrážok pokračuje, vzniká potom hydrologické sucho, v závislosti na zásobách povrchových vôd.

Klimatické sucho súvisí s oblastnými podmienkami, ktoré vyplývajú z meteorologických a klimatických pomerov. Z časového hľadiska sa dá posudzovať vplyv sucha s ohľadom na ročné obdobie. Z hľadiska následkov v jednotlivých oblastiach nášho hospodárstva sa prejavuje vplyv sucha podstatným znížením pri zásobovaní vodou nielen v poľnohospodárskej výrobe. Existujú rôzne kritéria na vymedzenie vplyvu sucha (Klementová, Litschmann, 2001).

Meteorologické sucho vedie k vzniku deficitu dostupnej vody v pôde, čo negatívne ovplyvňuje rast a vývoj rastlín a znásobuje problémy s vodou. Potreba vody potom závisí na meteorologických podmienkach (kombinácia zrážok, vlhkosti a teploty vzduchu, intenzita žiarenia, rýchlosť vetra), na fyzikálnych a biologických vlastnostiach pôdy a na fyziologických parametroch plodiny (Hlavinka, Žalud, 2006).

Agronomické sucho sa definuje ako nedostatok vody v pôde, ovplyvnený predchádzajúcim alebo naďalej trvajúcim výskytom meteorologického sucha. Značný význam majú vlastnosti pôdy, úroveň poľnohospodárskej techniky, ktorá sa v danej oblasti používa a veľa iných faktorov. Rastliny rôzne prijímajú vodu z rôznych hĺbok, v ktorých je voda obsiahnutá v rôznych množstvách. Niektoré kritéria pre stanovenie sucha sa morfológiou podzemných častí rastlín sa zohľadňujú vo vzťahu k hĺbke koreňov (Drlička, 2006).

Náhodilé sucho je nepravidelne sa vyskytujúce sa obdobie podnormálnych zrážok počas niekoľkých týždňov, mesiacov i rokov. Zrážkový deficit zvyčajne sprevádza nadnormálna teplota, nižšia vlhkosť vzduchu, zmenšená oblačnosť a väčší počet hodín slnečného svitu. Tieto faktory potom ovplyvňujú veľkosť evapotranspirácie, čím sa zvyšuje nedostatok vody.

Náhodilé sucho je nebezpečné práve svojou nepravidelnosťou a neočakávanosťou (Drlička, 2006).

Na vznik sucha aj na vznik povodne je dôležitý obsah vody v atmosfére (vodná para), na zemskom povrchu (voda, ľad, sneh) a v pôde (voda, ľad). Ak je v pôde nedostatok vody pre rastliny, vzniká fyziologické sucho. Ak je nedostatok vody na formovanie zvyčajných prietokov v riekach a na udržiavanie zvyčajnej hladiny podzemnej vody, vzniká tzv. hydrologické sucho. Ak je nedostatok vody pre zvyčajné sociálne a ekonomické aktivity, vzniká tzv. socio-ekonomické sucho (zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou, potravinová bezpečnosť a pod.). Meteorologické sucho sa definuje na základe vzťahu potenciálnej a skutočnej evapotranspirácie. Prezентujú sa hlavne výsledky spracované v OMK FMFI UK (Lapin, 2006).

1.4 Suché obdobie

Obdobie považujeme za suché ak na danej stanici je:

- úhrn zrážok za 15 po sebe nasledujúcich dňoch najviac 0,9 mm
- úhrn zrážok za 20 po sebe nasledujúcich dňoch najviac 2,4 mm
- úhrn zrážok za 30 po sebe nasledujúcich dňoch najviac 4,9 mm

Uvedená definícia sucha je veľmi jednoduchá a nezohľadňuje ročný chod zrážok, teplotu vzduchu ani vlhkosť pôdy. Sucho definuje iba ako nízky úhrn zrážok za určitý počet dní. Samozrejme sucho sa v zmysle tejto definície inak prejavuje v zime a inak v lete (Racko, 1987).

1.5 Metódy hodnotenia sucha

Je niekoľko metód hodnotenia sucha, tie najjednoduchšie berú do úvahy len množstvo spadnutých zrážok. Zložitejšie metódy potom uvažujú aj s premenlivým vplyvom teploty na výpar a ďalšie bilančné metódy, ktoré priamo počítajú s evapotranspiráciou buď štandardného trávneho porastu alebo priamo danej plodiny. U nás sú často používané indexy, ako napríklad Langov dažďový faktor, Končekov index zavlaženia, agroklimatický vlahový ukazovateľ, hydrotermický koeficient Seljaninova, Minářov index vlahovej istoty a pod. Pôvodne boli navrhnuté ako klimatické ukazovatele k rozlíšeniu jednotlivých oblastí a menej k hodnoteniu priebehu poveternosti na jednom stanovišti, prípadne k vyjadreniu závažnosti sucha (Litschmann, 2001).

Metódy hodnotenia sucha by mali spĺňať niekoľko kritérií (Drlička, 2006).

- mohutnosť – do hodnotenia by malo vstupovať dostatok meteorologických prvkov (fyzikálnych veličín),
- poddajnosť – výpočty by mali byť jednoduché,
- priehľadnosť – dobre interpretovaný výsledok verejnosti,
- rozšíriteľnosť – zodpovedá časti poddajnosti, ale zdôrazňuje rozšírenia v čase,
- rozmerovosť – je súčasťou priehľadnosti a zdôrazňuje fakt, že vydaná hodnota by mala mať zodpovedajúce jednotky,
- citlivosť – významná vlastnosť nie len vo vzťahu k hodnotám indexov a ich schopnosti reagovať bez odozvy, ale aj v rozlíšení času a priestoru,
- presnosť a pozorovateľnosť – medzi rôznymi miestami, získané výsledky je možné využiť pre rajonizáciu, pričom nie je treba meniť intervaly pre hodnotenie (Drlička, 2006).

1.6 Rozbor metód hodnotenia sucha

1.6.1 Klasifikácia územia podľa HZ,r

Najjednoduchšie kritérium pre klasifikáciu oblastných príčin zamokrenia a presušania územia je hodnota dlhodobého priemerného ročného zrážkového úhrnu H_Z (Antal, 2005).

Tab. 1 Klimatická klasifikácia územia podľa H_{Z,r}

charakteristika územia	H _Z
extrémne suché (peraridné, púštne)	< 200
suché (aridné)	200 - 400
polosuché (semiaridné)	400 - 500
polovlhké (semihumídne)	500 - 600
vlhké (humídne)	600 - 700
extrémne vlhké (perhumídne)	> 700

1.6.2 Hodnotenie sucha pomocou Minárovej vlahovej istoty

Dub (1973) uvádza ďalší spôsob hodnotenia sucha pomocou Minárovej vlahovej istoty. Určuje ako je zabezpečená vlaha pri daných zrážkach a teplote:

$$\alpha = \frac{R - z}{t} \quad (5)$$

Kde: α – Minárov index vlahovej istoty
R – úhrn zrážok v mm
z – hranica sucha
t – teplota v °C

1.6.3 Hodnotenie sucha pomocou indexu sucha

Klementová, Litschmann (2001) uvádzajú, index sucha – aridity S pre vegetačné obdobie vyjadrujeme bezrozmerným parametrom, ktorí v - tom roku stanovíme zo vzťahu:

$$S_i = \frac{\Delta t_i}{\sigma_t} - \frac{\Delta r_i}{\sigma_r} \quad (6)$$

Kde: S_i – index sucha - aridity

Δt_i – odchýlka priemernej teploty vo vegetačnom období od dlhodobého priemeru teploty vo vegetačnom období

σ_t – smerodajná odchýlka v príslušnom štatistickom období odchýlky priemernej teploty vo vegetačnom období

Δr_i – odchýlka priemerného úhrnu zrážok vo vegetačnom období od dlhodobého priemerného zrážkového úhrnu vo vegetačnom období

σ_r – smerodajná odchýlka v príslušnom štatistickom období odchýlky priemerného úhrnu zrážok vo vegetačnom období

Tab. 2 Hodnotenie klimatických oblastí podľa indexu sucha

Index sucha S	Ohodnotenie oblasti
0 – 1	stredne až mierne suchá
1 – 2	suchá
>2	veľmi suchá až najsuchšia

1.6.4 Metóda hodnotenia pomocou tzv. agroklimatického vlahového ukazovateľa KVI-VIII

Vlahový ukazovateľ je daný rozdielom potenciálneho výparu E_0 a úhrnu zrážok v letných mesiacoch VI – VIII, Z 6-8. Spracovanie potenciálnej evapotranspirácie je podľa vzťahu (Antal, 2003, Špánik, Šiška, 2000).

$$K_{VI-VIII} = E_{0,VI-VIII} - R_{VI-VIII} \quad (7)$$

Kde: $K_{VI-VIII}$ – agroklimatický vlahový ukazovateľ,
 $E_{0,VI-VIII}$ – potenciálna evapotranspirácia v mesiacoch jún až august v mm,
 $R_{VI-VIII}$ – zrážky v letných mesiacoch jún až august v mm.

Tab. 3 Klimatická klasifikácia podľa vlahového agroklimatického ukazovateľa

Podoblasť	K	Charakteristika územia
1	≥ 150	veľmi suché
2	150 - 100	prevažne suché
3	100 - 50	mierne suché
4	50 - 0	mierne vlhké
5	0 - -50	prevažne vlhké
6	50	vlhké
7	< -100	veľmi vlhké

1.6.5 Hodnotenie sucha podľa stanovištného indexu SI

Jednou z najkomplikovanejších charakteristík územia z hľadiska vlhkostných pomerov je hodnota stanovištného indexu SI, pretože je funkciou:

- klimatických podmienok, ktoré sú determinované najmä vzťahom medzi zrážkami a výparom, a ktoré sú ovplyvňované aj teplotou vzduchu,

vlhkosťou vzduchu, vlhkosťou vzduchu, prúdením vzduchu a nadnorskou výškou,

- pôdnych a geologických podmienok, determinovaných (daných) najmä zrnitosťným zložením pôdy a hĺbkou hladiny podzemnej vody,
- topografických podmienok, najmä sklonu a expozície.

Tab. 4 Klimatická klasifikácia územia podľa stanovištného indexu SI

Hodnota SI	Charakteristika územia	Druh a potreba zlepšujúceho opatrenia pre poľnohospodárske využívanie záujmového územia
< -42	extrémne suché	závlahy sú nevyhnutné
-41 - -28	veľmi suché	závlahy sú veľmi potrebné
-27 - -14	suché	závlahy sú potrebné
-13 – 0	stredne až mierne suché	závlahy sú väčšinou opodstatnené
1 – 14	vlahovo vyrovnané	potreba závlah a odvodnenia je zriedkavá
15 – 28	mierne vlhké	potrebné sporadické odvodnenie, závlahy sú potrebné len v špecifických prípadoch
29 – 42	vlhké	plošné odvodnenie je väčšinou opodstatnené, závlahy sú potrebné len vo výnimočných prípadoch
43 – 56	veľmi vlhké	plošné odvodnenie je veľmi potrebné
57 – 70	extrémne vlhké	plošné odvodnenie je nevyhnutné
> 70	zamokrené	bez kompletnej úpravy vodných pomerov plošným odvodnením sa záujmové územie nedá poľnohospodársky využívať

1.6.6 Hodnotenie sucha podľa Končekovho indexu

Končekov index zavlaženia je klimatologický index využívaný hlavne k triedeniu a rajonizácií podnebia, a to makroklími a mezoklími. Vzorec udávajúci index zavlaženia pre celé vegetačné obdobie má tvar (Konček, 1955):

$$I_z = \frac{R}{2} + \Delta r - 10T - (30 - v^2) \quad (8)$$

Kde : I_z – Končekov index zavlaženia,

R – úhrn zrážok v mm za apríl až september,

Δr – kladná odchýlka množstva zrážok troch zimných mesiacov december až február od množstva 105 mm (pričom sa záporné odchýlky neberú do úvahy),

T – priemerná teplota celého vegetačného obdobia v °C

v – priemerná rýchlosť vetra o 14.00 h. v m.s⁻¹ v celom vegetačnom období.

Tab. 5 Klimatická klasifikácia územia podľa Končekovho indexu

Hodnotenie indexu	Charakteristika územia
$I_z < -20$	suché
$-20 \leq I_z < 0$	mierne suché
$0 \leq I_z < 60$	mierne vlhké
$60 \leq I_z < 120$	vlhké
$120 \leq I_z$	veľmi vlhké

1.6.7 Hodnotenie sucha pomocou Langovho dažďového faktora

Langov dažďový faktor vyjadruje podmienky prirodzeného zavlaženia krajiny, a to vzťahom medzi atmosferickými zrážkami a vzduchom (Sobíšek, B., 1993):

$$D_f = \frac{H_{z,r}}{t_r} \quad (9)$$

Kde: D_f – je Langov dažďový faktor,

$H_{z,r}$ – dlhodobý priemerný ročný zrážkový úhrn na záujmovom území v mm,

t_r – dlhodobá priemerná ročná teplota vzduchu na záujmovom území v °C.

Tab. 6 Klimatická klasifikácia územia podľa Langovho dažďového faktora

Hodnota D_f	Charakteristika územia	Potrebný zásah
> 40	suché	závlaha nevyhnutná
40 - 60	polosuché	závlaha vhodná
60 -100	polovlhké	žiadny
100 -160	vlhké	odvodnenie vhodné
<160	extrémne vlhké	odvodnenie nevyhnutné

1.6.8 Hodnotenie sucha pomocou Palmerovho Z – indexu

Palmerov index závažnosti sucha (PDSI) je často používaná metóda hodnotenia sucha predovšetkým v USA, pre ktoré bol pôvodne stanovený. Z nedávnej doby sú však známe práce, popisujúce jeho aplikáciu aj v stredoeurópskych pomeroch (Briffa, K.,R., 1994, Horvath S., 1998, Klementova, E., Litschmann,T., 2001).

Tab. 7 Miera hodnotenia sucha pomocou PDSI, Palmerova klasifikácia miery sucha

Hodnota PDSI	Slovné označenie pre mieru sucha
≥ 4	Extrémne vlhko
3,0 – 3,99	Veľmi vlhko
2,0 – 2,99	Priemerne vlhko
1,0 – 1,99	Mierne vlhko
0,5 – 0,99	Počínajúce vlhko
0,49 až -0,49	Blízko normálu, vlhovo vyrovnané
-0,5 až -0,99	Počínajúce sucho
-1,0 až -1,99	Mierne sucho
-2,0 až -2,99	Sucho
-3,0 až -3,99	Veľmi sucho
-4,0	Extrémne sucho

1.7 Zrážky

1.7.1 Charakteristika zrážok

Oblaky sú tvorené za vodných kvapiek a ľadových kryštálikov. V spodnej časti sa nachádzajú vodné kvapky, v hornej zase ľadové kryštáliky. V strednej vrstve sú oba kondenzáty premiešané, pričom vodné kvapky sa môžu vyskytovať aj značne vysoko nad nulovou izometriou v prechladnutej forme.

Tab. 8 Rozdelenie zrážok podľa tvaru, druhu a skupenstva

Zrážky			
vertikálne (padajúce)		horizontálne (usadené)	
kvapalné	tuhé	kvapalné	tuhé
dážď	zmrznutý dážď	rosa	srieň
mrholenie	sneženie	ovlhnutie	námraza
	snehové krúčky		inovať
	snehová krupica		ľadovica
	ľadové krúčky		
	krúčky		
	ľadové ihličky		

Vertikálne tvary a druhy zrážok

Zrážky padajú na zemský povrch buď v tuhom alebo kvapalnom skupenstve.

Dážď – najčastejšie padá z oblakov Nimbostratus a Cumulonimbus. Dažďová voda nie je chemicky čistá. Okrem pevnej, alebo rozpustnej látky, ktorá slúži ako kondenzačné jadro, ešte ja pohltený kyslík, dusík, oxid uhličitý, amoniak, oxidy dusíka, baktérie a iné nečistoty. Priemer vodných kvapiek je 0,5 až 0,8 mm. Teplota dažďových kvapiek je obyčajne o 3,0 až 5,0 °C nižšia ako teplota vzduchu.

Mrholenie – sú to slabé, rovnomerne husté zrážky, tvoria ho veľmi drobné kvapky s priemerom 0,05 až 0,5 mm. Rýchlosť pádu zrážok je veľmi malá a vietor ich zanáša. Zdrojom sú oblaky Stratus.

Zmrznutý dážď – sú to zmrznuté vodné kvapky pretiahnutého alebo guľového tvaru, s priemerom 1 až 4 mm (extrém 0,2 až 20 mm). Guličky sú priesvitné, niekedy s viditeľne tmavším jadrom, v ktorom je voda.

Sneh – tvoria ho kryštáliky vznikajúce pri záporných teplotách sublimáciou vodnej pary. Pri vyšších teplotách ako je $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ sa tvoria vločky s priemerom niekoľko cm a kryštáliky sú pokryté nezmrznutými vodnými kvapkami. Pri teplote $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ padá tzv. mokrý sneh.

Krúpy – vznikajú v Cumulonimbuse, pri búrkach v letnom období, ako veľké ľadové častice s priemerom 5 až 50 mm a niekedy aj väčším. Tvorja sa postupným namŕzaním mnohých vrstiev na seba (Špánik, 2004).

Snehové krúčky – biele, približne guľatého tvaru, s priemerom 2 až 5 mm, Majú bielu, kryštalickú štruktúru s drsným povrchom, sú krehké, v prstoch stlačiteľné. Padajú z oblakov Nimbostratus alebo Cumulonimbus, pri prízemných teplotách okolo $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Snehová krupica – je podobná snehovým krúpkom. Jej častice sú však menšie ako 1 mm., nepriehľadné a s kryštalickou štruktúrou. Padajú najčastejšie z oblakov Stratus a hustej hmly.

Ľadové krúčky – majú rovnakú veľkosť ako snehové, tvar guľovitý až valcovitý s hladkým povrchom. Sú polopriesvitné, tvrdé a pri náraze na zem sa odrážajú. Zdrojom je Nimbostratus alebo Cumulonimbus pri záporných teplotách.

Ľadové ihličky – tvoria sa pri veľmi silných mrazoch. Majú tvar šesťlúčových hranolčekov a doštičiek. Dobre viditeľné vo vzduchu, trblietajú sa odrazom slnečných lúčov. Vznikajú s prechladnutou hmlou za anticyklonálnej situácie (Špánik, 2004).

V prízemnej vrstve kondenzáciou vzniká hmla a dymno.

Dymno – predstavuje začiatkové štádium vzniku hmly. Tvoria ho mikroskopické čiastočky vody. Nevyvoláva pocit vlhka, zoslabuje farby krajiny a znižuje dohľadnosť.

Hmla – zložená z drobných vodných kvapiek, niekedy aj z drobných ľadových kryštálikov (suchá hmla). Podľa podmienok vzniku sa delia hmly na:

- hmly z ochladzovania,
- hmly z vyparovania,
- hmly zo zmiešania dvoch vzduchových hmôt.

Horizontálne tvary a druhy zrážok

Rosa – vzniká večer a v noci. Príčina vzniku rosy spočíva v tom, že povrch sa nočným vyžarovaním ochladzuje a ak jeho teplota klesne pod rosný bod, na predmete sa vykondenzujú drobné kvapôčky rosy. Rosa sa netvorí pod stromami, spodnej strane listov, pod strechou, pretože vplyvom spätného vyžarovania je tu vyššia teplota. Tvorbu rosy podporuje jasná obloha, bezvetrie, čistý vzduch, menšia tepelná vodivosť a malé merné teplo povrchu. Silnejší vietor a oblačnosť znemožňujú tvorbu rosy. Význam rosy nespočíva v množstve, ale v tom, že vzniká v suchých obdobiach a pomáha rastlinám prekonať kritický nedostatok vody (Antal, Špánik a kol., 2004).

Srieň – tvoria ľadové kryštáliky rôzneho tvaru. Dĺžka je niekoľko mm, vznikajú na tráve, pôde, na povrchu snehovej pokrývky a pod. Vytvára sa v rovnakých podmienkach ako rosa len pri záporných teplotách aktívneho povrchu (Antal, Špánik a kol., 2004).

Ovlhnutie – tenký povlak vodných kvapiek, vzniká na vertikálnych plochách, pri advekcii teplého a vlhkého vzduchu nasledujúcej po studenom počasí. Teplý a vlhký vzduch prúdiaci k studeným predmetom sa pri dotyku ochladzuje a pri poklese na rosný bod sa na náveternej strane časť vodnej pary vykondenzuje.

Námraza – vzniká za rovnakých podmienok ako ovlhnutie, ale pri záporných teplotách. Má kryštalickú štruktúru a môže sa tvoriť aj priesvitná vrstvička ľadu.

Inovat' – vytvára sa pri silných mrazoch a hmle. Prechladnuté kvapôčky hmly pri kontakte s predmetmi zamrzajú a tak umožňujú vznik ľadových kryštálikov na konároch stromov, ihličí, plotoch. Pri silnom vetre ľadové ihličky ľahko opadávajú.

Ľadovica – vzniká pri teplotách 0,0 až -15 °C. Pri tejto teplote môžu padať zrážky v podobe prechladnutých kvapiek, ktoré pri dotyku s povrchom zamrzajú, alebo predmety pokrývajú priesvitnou ľadovou vrstvou. Hrúbka vrstvy zamrznutého ľadu môže dosiahnuť až niekoľko desiatok mm. Ak takáto vrstva vznikne na zemskom povrchu, nazýva sa poľadovica (Antal, Špánik a kol., 2004).

1.7.2 Základné charakteristiky zrážok

Medzi základné charakteristiky zrážok patria (Antal, Špánik, 2004) :

- *objem zrážok (Z)* – je to celkový objem vody zo zrážok v m³, ktoré spadnú za uvažované obdobie (hodina, deň, mesiac, rok) na skúmanú plochu,
- *úhrn zrážok (Hz)* – je to výška vrstvy vody (vodného stĺpca) zo spadnutých zrážok v mm za uvažované obdobie (hodina, deň, mesiac, rok) na mieste merania. 1mm = 1 liter.m⁻² (1l.m⁻²),
- *priemerná výška zrážok (Hz)* – je to priemerná výška vrstvy vody zo spadnutých zrážok v mm na vyšetřovanom povodí za uvažované obdobie,
- *doba trvania zrážok (t_d)* - čas od začiatku po koniec padania atmosferických zrážok na povrch,
- *intenzita dažďa* – úhrn dažďa v mm za časovú jednotku (sekunda, minúta, hodina). Rozlišujeme:

1. Priemerná intenzita dažďa (*i_d*) vyjadrená vzťahom:

$$i_d = \frac{Hz}{td} \quad (10)$$

2. Okamžitá intenzita dažďa ($i_{d,o}$) vyjadrená vzťahom :

$$i_d = \frac{dHz}{dtd} \quad (11)$$

Tab. 9 Delenie dažďov podľa intenzity v mm. h⁻¹

Názov	Množstvo zrážok v mm.h ⁻¹
Dážď slabý	pod 1,1
Dážď mierny	1,1 - 5,0
Dážď silný	5,1 - 10,0
Dážď veľmi silný	10,0 - 15,0
Lejak	15,1 - 23,0
Príval	23,1 - 58,0
Prietrž mračien	nad 58,0

- *vodná hodnota snehu (s)* – je objemom vody v objemovej jednotke snehu [m³.m⁻³]. Definovaná je ako pomer objemu vody, ktorý vznikne roztopením snehu, k pôvodnému objemu snehu,
- *vodná hodnota snehovej pokrývky (H_{sn})* – predstavuje výšku vrstvy vody, ktorá by vznikla roztopením snehovej pokrývky na skúmanej ploche a vypočíta sa pomocou vzorca:

$$H_{sn} = 1000 \cdot h_{sn} \cdot s \quad (12)$$

Kde: H_{sn} je vodná hodnota snehovej pokrývky [mm],
 h_{sn} - priemerná výška snehovej pokrývky na danej ploche [m],
 s – vodná hodnota snehu [m³.m⁻³].

Tab. 10 Vodná hodnota rôznych druhov snehu (tuhých zrážok)

Druh snehu	s (m ³ · m ⁻³)
Prachový sneh - čerstvý	0,05
Obyčajný sneh - čerstvý	0,10 až 0,15
Uľahnutý sneh	0,20
Sneh v čase jarného topenia v nížinných oblastiach	0,25
Pieskový sneh	0,25
Hrubý sneh (firn)	0,50
Firnový ľad	0,85
Ľadovec	0,90
Sneh v čase jarného topenia v podhorských oblastiach	0,35

1.7.3 Delenie dažďov

Podľa pôvodu delíme dažde na:

1. **dažde konvektívne** (z tepla) – vznikajú pri termických konvekciách a vyskytujú sa ako prudké lokálne dažde s malým plošným rozsahom.
2. **dažde orografické** – dochádza k nim pri výstupe vzduchových mäs do vyšších plôch vplyvom reliéfu.
3. **dažde frontálne** – vznikajú v cyklónoch. Podľa typu frontov, ktoré sa v cyklónoch tvoria, prevládajú buď miestne prudké dažde alebo trvalé regionálne dažde.

Podľa trvania a rozlohy sa členia dažde na krátkodobé a dlhodobé.

1. **krátkodobé dažde** – obyčajne veľmi výdatné, padajú na malých plochách, preto sa nazývajú aj miestne. Zapríčiňujú rozvodnenie malých tokov a zaťaženie kanalizačných sietí.

2. **dlhodobé – regionálne dažde** – majú veľkú plošnú rozlohu ale malú intenzitu. Tieto dažde zapríčiňujú povodie riek a sú smerodajné pre dimenzovanie vodohospodárskych stavieb na väčších tokoch.
3. **Búrky** – sú spojené s elektrickými výbojmi v oblakoch, hrmením, zosilnením vetra (húľavou), prehánkami a krupobitím (Špánik, 2006).

1.7.4 Vplyv terénu na zrážky

Náveterné strany pohorí sú bohatšie na zrážky a zúveterné sú na zrážky chudobnejšie. Na náveterných stranách sa vystupujúce vzduchové hmoty adiabaticky ochladzujú, zvyšuje sa relatívna vlhkosť vzduchu, až do presýtenia vodnou parou a vznikne oblačnosť a zrážky. Na zúveternej strane sa teplota zvyšuje, klesá relatívna vlhkosť, oblačnosť sa rozpadáva a vzniká pásma označované ako zrážkový tieň (Špánik, 2006).

Množstvo zrážok sa okrem vplyvu terénu mení aj v závislosti od nadmorskej výšky . Zmeny priemerných ročných úhrnov zrážok v závislosti od nadmorskej výšky podľa Gregora (in Špánik et al., 1997).

Tab. 11 Zmeny zrážkových úhrnov v závislosti od nadmorskej výšky

Nadmorská výška v m	100	200	300	400	500	1000	1500
Ročný úhrn zrážok v mm	600	660	710	760	820	1120	1420

2 Cieľ práce

Cieľom mojej bakalárskej práce je poukázať na to, aký majú vplyv klimatické zmeny na periódy sucha vyskytujúce sa vo vytypovanej oblasti Slovenska. Poskytuje ucelený prehľad o danej riešenej problematike, používaných metódach a pozorovaných zmenách.

3 Metodika práce

Pracovný postup a spôsob získavania údajov:

1. krok: Oboznámenie sa s témou „periódy sucha v podmienkach meniacej sa klímy na vytypovanej lokalite SR,
2. krok: Naštudovanie informácií z odbornej literatúry dostupnej v knižnici a na internete a v časopisoch,
3. krok: Vyhodnotenie, spracovanie a zapísanie získaných informácií, dát a metód hodnotenia.

4 Výsledky práce a diskusia

Nielen v médiách ale aj na odborných podujatiach sa v súčasnosti až príliš často hovorí o klimatických zmenách a o globálnom otepľovaní. Tieto problémy sú často prezentované aj laikmi, prípadne odborníkmi z iných oblastí, ktorí klimatológiu, ale ani meteorológiu alebo fyziku atmosféry, systematicky neštudovali. Pri takýchto diskusiách zostáva preto vo veľkej väčšine nepovšimnutá samotná podstata procesov klimatických zmien alebo zmien a premenlivosti klímy. Tiež treba pripustiť, že otázky súvisiace s klimatickými zmenami sa dostávajú do centra pozornosti, najmä v obdobiach s výskytom rôznych anomálií počasia a v porovnaní s dlhodobými priemerami.

Klimatické zmeny predstavujú jednu z najväčších environmentálnych, sociálnych a hospodárskych hrozieb. Medzivládny panel o klimatických zmenách tvrdí, že otepľovanie klimatického systému je očividné. Pozorovania poukazujú na zvýšenie priemerných celosvetových teplôt ovzdušia a oceánov, intenzívnejšie roztápanie snehu a ľadu a zvyšovanie celosvetovej priemernej hladiny morí. Je veľmi pravdepodobné, že väčšina otepľovania sa dá pripísať emisiám skleníkových plynov pochádzajúcich z ľudskej činnosti.

Za posledných 150 rokov sa priemerná teplota celosvetovo zvýšila takmer o 0,8 °C a v Európe o 1 °C. Jedenásť z posledných dvanástich rokov (1995 až 2006) patrí medzi 12 najteplejších rokov podľa záznamov celosvetových zemských teplôt (od roku 1850).

V súvislosti so zmenou klímy úzko súvisí výskyt períód sucha. Sucho je začiatok, dĺžka trvania, koniec sucha a intenzita sucha. Z toho plynú dopady. Intenzita sucha je množstvo vody, odobrané za určitý čas z danej časti obehu vody, ktoré nebolo odpovedajúcim spôsobom nahradené (Drlička, 2006). Podľa (Klementová, Litschmann, 2001) ide o vymedzenie pojmu a rozbor prvkov, ktoré na výskyt sucha vplyvajú. Je to problém, ktorý sa dá posudzovať podľa rôznych hľadísk. Suchosť oblasti môže byť spôsobená klimatickým alebo miestnym suchom.

5 Záver

Poznanie výskytu suchých období má najmä v poľnohospodárstve nemalý význam. Na zhodnotenie nameraných údajov sa používajú rôzne štatistické metódy, ktoré majú za úlohu vystihnúť zákonitosti opakovania sa rôznych meteorologických charakteristík.

Dlhé suché obdoba majú nepriaznivý vplyv na hospodársky život krajiny. Najmä v posledných pomerne suchých rokoch sa stále častejšie zvyrazňuje vplyv dlhých období sucha. Suchou periódou sa rozumie obdobie bez zrážok s trvaním 5 a viac dní, pričom periódu sucha neprerušia dni so zrážkami nižšími ako 1 mm (KOLEKTÍV, 1960).

Suché obdoba sú rozdelené do 3 skupín:

- 5 dní a viac,
- 10 dní a viac,
- 20 dní a viac.

Je úlohou poľnohospodárov a aj ostatných obyvateľov, aby rozumným hospodárením s vodou a správnym používaním závlahových zariadení oslabili škodlivý vplyv sucha.

Dlhšie trvajúce periódy sucha sa nevyhýbajú ani strednej Európe. Pri predpoklade klesajúceho množstva zrážok (o 10 %) a rastúcej teploty vzduchu (o 2 až 4 °C) vo vegetačnom období musíme aj v budúcnosti (do roku 2100) počítať, a to najmä v južných oblastiach Slovenska, s častejším a dlhšie trvajúcim výskytom sucha. V poľnohospodárskych oblastiach sa tak zvýšia požiadavky na zavlažovanie (pri náraste teploty vzduchu o 1 °C rastú požiadavky na vlahu až o 15 %) a vo väčšine horských regiónov vzrastie riziko výskytu lesných požiarov. Situácia na Slovensku by však v porovnaní s niektorými regiónmi sveta nemala byť až tak mimoriadne dramatická, aj keď vážna bude určite. S ďalekosiahlejšími dôsledkami sucha sa budú musieť popasovať najmä také oblasti ako Stredomorie, juhozápad USA, severná a južná Afrika a, samozrejme, aj Austrália.

Zoznam použitej literatúry

ACOT, P. 2005. Historie a změny klimatu, Od velkého třesku ke klimatickým katastrofám, 2005 Praha, ISBN 80-246-0869-3

ANTAL, J., ŠPÁNIK, F. et al. 2004. Hydrológia poľnohospodárskej krajiny, s.250, ISBN 80-8069-428-1

BLINKA, P. 2004. Klimatické hodnocení sucha a suchých období na území ČR v letech 1876 – 2003. In. Seminář „Extrémy počasí a podnebí“, Brno, Dostupné na internete: <http://www.cbks.cz/sbornik04/prispevky/PBLINKA.pdf>, ISBN 80-86690-12-1

BRIFFA, K., JONES, P. D., HULME, M.. 1994: Summer moisture variability across Europe, 1892-1991: An Analysis Based on the Palmer Drought Severity Index: International Journal of Climatology, Vol.14, No5, June 1994 p. 475-506.

DRLÍČKA, R. 2006. Sucha na Moravě a ve Slezsku. Brno, 2004.

DUB, O. 1973. Základy meteorológie a klimatológie : Vysokoškolské skriptá. Bratislava: SVŠT v ES, 1973. 102 s.

FAŠKO, P., LAPIN, M., ŠŤASTNÝ, P. 2000. Maximálne denné úhrny zrážok na Slovensku v období 1951-2000. In: Národný klimatický program, SHMÚ Bratislava, č. 9, 2000.

FEIK, M., Zodpovednosť za globálne otepľovanie Slovo č.12/2007 O TRENDACH

HLAVINKA, P., ŽALUD, Z. et al. 2006. Vzťah medzi meteorologickým suchom a regionálnymi výnosy vybraných plodín. – Dostupné na internete: <https://is.mendelu.cz/pracoviste/projekty.pl?id=1;lang=sk>

HORVATH, S., MAKRA, L., MIKA, J. 2000. Spatial and temporal variations of the Palmer drought severity index in the Hungarian catchment area of the Tisza river. Proc.

XXth Conf. Danubian Countries, Bratislava, Slovakia, 4-8 September, 2000. CD-ROM, pp. 313-320

HOUGHTON, J. 1998. Globální oteplování, Úvod do studia změn klimatu a prostředí, ACADEMIA PRAHA, ISBN 80-200-0636-2

IPCC. 2001. Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Xiaosu, D. (eds.). Cambridge Univ. Press, UK, 944 pp.

KLEMENTOVÁ, E. – LITSCHMANN, T., 2001: Drought and Their evaluation. In: Ed.: Salaš, P.: 9th International Conference of Horticulturae. 2001 Lednice : Czech republic. Volume 2, ISBN: 80-7157-524-0, pp. 447-453.

KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2001. Výsledky hodnotenia sucha v oblasti Hurbanova. In Sucho, hodnocení a predikce. Pracovní seminář, Brno 19.11.2001. [online]. [cit. 2010-16-04]. Dostupné na internete: <<http://cbks.cz/sucho01/Klementova.pdf>>

KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T.: Hodnotenie sucha s ohľadom na doplnkové závlahy. Ed.: Igaz, D., Mucha, M. : Extrémy prostredia (počasie) limitujúce faktory bioklimatologických procesov. Bioklimatické dni. Račkova dolina. ISBN 80-7137-910-7

KONČEK, M., 1955, Index zavlaženia. Meteorologické zprávy, 1955, roč. VIII, č.4, s. 96-99.

KOLEKTÍV, 1960. Klimatické pomery Hurbanova. Praha: HMÚ, 1960.

KUTÍLEK, M. 2008. Racionálně o globálním oteplování, 1. vyd. , Praha, 2008, ISBN 978-80-7363-183-3

LAPIN, M., DAMBORSKÁ, I., MELO, M. 2001. Downscaling of GCM outputs for precipitation time series in Slovakia. In: Meteorologický časopis, 4, 3, SHMÚ, Bratislava, 2001, pp. 29-40.

LAPIN, M., MELO, M. 2000. Zmeny a variabilita klímy, scenáre zmeny klímy. In: Životné prostredie. Ústav krajinnej ekológie SAV, Bratislava, 2000, č. 2.

LAPIN, M., MINDÁŠ, J. 1996. Scenáre klimatickej zmeny. In: Národný klimatický program SR. MŽP SR, SHMÚ Bratislava, č.5, 1996.

LAPIN, M., TOMLAIN, J. 2001. Všeobecná a regionálna klimatológia. 1. vyd. Bratislava: Univerzita Komenského, 2001, 184 s. – Vysokoškolské skriptá.

MELO, M. 2003. Klimatické modely a ich využitie na odhad klimatických zmien na území Slovenska. Bratislava – Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, 2003. 155 s. – Dizertačná práca.

MINDAS, J., ŠKVARENINA, J. 2000. Klimatické zmeny a lesné ekosystémy Slovenska. In: Životné prostredie. Ústav krajinnej ekológie SAV, Bratislava, č.2, 2000.

MOLDAN, B. 1997. Příroda a civilizace: životní prostředí a rozvoj lidské civilizace. SPN, Praha, 147 s.

NETOPIIL, R. et al. Fyzická geografie. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1984. 272 s.

RACKO, S.: Periódy sucha v Humennom, Meteorologické zprávy, Ročník 40, Číslo 6, Praha 1987, str. 184-191

SOBÍŠEK, B. a kolektiv: Meteorologický slovník výkladový a terminologický. 1. vyd., Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha, 1993. 594 s. ISBN 80-85368-45-5

ŠISKA, B., ŠPÁNIK, F., TOMLAIN, J. 2000. Climate change impact on the long vegetative period. In: Meteorologický časopis, 3, 2, SHMÚ, Bratislava, 2000, pp. 19 - 25.

ŠPÁNIK, F., ŠIŠKA, B. 2006. Biometeorológia. 1. vyd. Nitra, 224 s. ISBN 80-8069-315-3.

TRETIA NÁRODNÁ SPRÁVA O ZMENE KLÍMY,. 2001. MŽP SR, Bratislava 2001, 109s. ISBN 80-89005-03-9.