

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

1129431

**PERIÓDY SUCHA A ICH ZMENA V PODMIENKACH MENIACEJ SA
KLÍMY V LOKALITE HURBANOVO**

2010

JANKA GALLOVÁ

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

**PERIÓDY SUCHA A ICH ZMENA V PODMIENKACH MENIACEJ SA
KLÍMY V LOKALITE HURBANOVO**

Bakalárska práca

Študijný program:	Krajinné inžinierstvo
Študijný odbor:	Krajinárstvo
Školiace pracovisko:	Katedra biometeorológie a hydrológie
Školiteľ:	Ján Čimo, Ing., PhD.

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

Katedra biometeorológie a hydrológie

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁVACÍ PROTOKOL BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Študent:	Janka Gallová
Študijný odbor:	Krajinárstvo
Študijná špecializácia:	Krajinné inžinierstvo

V zmysle 3. časti, čl. 21 Študijného poriadku FZKI SPU v Nitre z roku 2004 Vám zadávam tému bakalárskej práce:

**PERIÓDY SUCHA A ICH ZMENA V PODMIENKACH MENIACEJ SA
KLÍMY V ZÁUJMOVEJ LOKALITE HURBANOVO**

Cieľ práce: Posúdiť zmeny vlhových pomerov v rokoch 1881 – 2007 v lokalite Hurbanovo formou hodnotenia výskytu extrémnych suchých období ovplyvňovaných klimatickou zmenou.

Rámcová metodika práce:

- oboznámenie sa s danou problematikou,
- analýza vstupných údajov,
- spracovanie meteorologických dát,
- zhodnotenie spracovaných meteorologických údajov.

Rozsah grafických prác: 7 obrázkov, 9 tabuliek

Rozsah textovej časti: 40 strán

Literatúra:

Kolektív 1960: Klimatické pomery Hurbanova, Hydrometeorologický ústav Praha, 277 s.

ŠPÁNIK, F. – ŠIŠKA, B. a kol. 2004. Biometeorológia. 1. vyd. Nitra: SPU, 2004. 227 s. ISBN 80-8069-315-3

ANTAL, J. – IGAZ, D., 2006 : Aplikovaná agrohydrologia. 4. rozšírené vydanie. SPU, Nitra, 2006, 210 s. (ISBN 80-8069-669-1)

ANTAL, J. – ŠPÁNIK, F. a kol. 1999. Hydrologia poľnohospodárskej krajiny. 1. vyd. Nitra: SPU, 1999. 250 s. ISBN 80-7137-640-X

Vedúci bakalárskej práce:

Ing. Ján Čimo, PhD.

Dátum zadania bakalárskej práce: máj 2009

Harmonogram postupu prác:

- október 2009 – spracovanie literárneho prehľadu,
- december 2009 – analýza vstupných meteorologických údajov,
- január 2010 – výber metódy pre spracovanie a porovnanie sucha,
- marec 2010 – spracovanie výsledkov,
- máj 2010 – odovzdanie práce.

Dátum odovzdania bakalárskej práce:

Podpis:

doc. RNDr. Bernard Šiška, PhD.
vedúci katedry

Podpis:

doc. Ing. Karol Kalúz, CSc.
dekan

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Janka Gallová vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Periódny sucha a ich zmena v podmienkach meniacej sa klímy v lokalite Hurbanovo“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

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

V Nitre 21. mája 2010

Janka Gallová

ABSTRAKT

V práci je prostredníctvom grafov štatisticky spracovaný výskyt extrémnych období sucha v závislosti od úhrnu zrážok v lokalite Hurbanovo v období rokov 1881-2007. Údaje sú spracovávané za rôzne obdobia (kalendárne definovaných vegetačných častí roka, desaťročia) a podľa dĺžky výskytu dní bez zrážok. Štatisticky bol zistený najčastejší výskyt období sucha s dĺžkou 30 dní a viac, najmä v jesenno-zimnom období a v desaťročí 1981-1990. Najväčší počet dní bez zrážok sa vyskytol v desaťročí 1921-1930. Priemerný výskyt týchto období je 3 – 5. V roku 1947 sa vyskytlo najdlhšie obdobie sucha v trvaní 83 dní, kde zrážkový úhrn vo vegetačnom období bol iba 148 mm.. Zo všeobecného hľadiska sa posudzované extrémne obdobia vyskytli takmer v každom desaťročí, okrem rokov 1901 až 1910. Počet dní s uvedenými dĺžkami trvania bez zrážok nemá stúpajúcu tendenciu, ani klesajúcu, avšak v posledných 7 rokoch sledovaného obdobia sa vyskytujú všetky 3 typy extrémnych suchých období.

Kľúčové slová: obdobia sucha, klimatická zmena, úhrn zrážok, sucho

ABSTRACT

The thesis shows, through the use of graphs, the statistically processed occurrence of extreme drought periods in dependence of aggregate precipitation in the area of Hurbanovo in the period between 1881 and 2007. The data is processed for various periods (of parts of the year or decade defined by the calendar) and according to the length of no precipitation periods. I statistically discovered the most often occurrence of drought periods of 30 and more days in length mostly in the autumn-winter period and in the decade of 1981-1990. The highest amount of no precipitation days occurred in the decade of 1921-1930. Average occurrence of these periods is 3-5. In 1947, the longest period of drought occurred, lasting for 83 days, when aggregate precipitation amounted to only 148 mm. From the general point of view, the considered extreme periods occurred almost in every decade, except for the years 1901-1910. The number of days with stated periods of no precipitation shows neither a rising trend, nor decreasing, nevertheless, in the last 7 years of the observed period all 3 types of extreme droughts occur.

Key words: drought periods, climatic change, aggregate precipitation, drought

Obsah

Zoznam skratiek a značiek	8
Úvod.....	9
1 Štúdia o súčasnom stave riešenej problematiky	10
1.1 Základné pojmy	10
1.1.1 Sucho.....	10
1.1.2 Počasie.....	10
1.1.3 Podnebie.....	10
1.1.4 Zmena klímy.....	11
1.2 Charakteristiky klimatických zmien.....	12
1.2.1 História klímy na Zemi.....	14
1.2.2 Klíma súčasného tisícročia	15
1.2.3 Klimatické zmeny – predpokladaný dopad na poľnohospodárstvo	16
1.3 Charakteristiky sucha.....	17
1.3.1 Pôdne sucho.....	19
1.3.2 Pôdna vlhkosť	19
1.3.2.1 Klasifikácia vlhkosťných pomerov územia podľa úhrnu zrážok	20
1.3.2.2 Hodnotenie vlhkosťných pomerov podľa hydrotermického koeficientu	20
1.4 Hodnotenie sucha.....	21
1.4.1 Index sucha.....	23
1.4.2 Palmerov index.....	23
1.4.3 Langov dažďový faktor	24
1.4.4 Míňařova vlhová istota.....	25
1.4.5 Končekov index zavlaženia	25
1.4.6 Vlahový agroklimatický ukazovateľ	27
1.4.7 Hodnotenie vodného režimu prostredníctvom relatívnej evapotranspirácie	27
1.4.8 Hodnotenie zrážok podľa klimatického normálu	27
2 Cieľ práce	29
3 Metodika práce	30
4 Výsledky práce.....	31
5 Diskusia.....	35
6 Záver	37
Použitá literatúra	38

Zoznam skratiek a značiek

CPI	Crop Moisture Index
E	aktuálna evapotranspirácia
E/E_0	relatívna evapotranspirácia
EP	efektívna zrážka
E_0	potenciálna evapotranspirácia
f	dažďový faktor
H_Z	výška vyšetovaného dažďa [mm]
I_m	Thornthwaietov index vlhka
I_z	Končekov index zavlaženia
IPCC	Medzivládny panel pre klimatickú zmenu
J	Minařov koeficient
$K_{VI-VIII}$	agroklimatický vlhový ukazovateľ
K_{HT}	hydrotermický koeficient
m. n. m.	metrov nad morom
PDSI	Palmer Drought Severity Index
R	úhrn zrážok
RDI	Reclamation Drought Index
S	Index sucha
SPI	Index intenzity sucha
SWSI	Surface Water Supply Index
t	priemerná ročná teplota vzduchu [mm] poľná vodná kapacita využitelná vodná kapacita bod vädnutia
$Z_{VI-VIII}$	úhrn zrážok v letných mesiacoch

Úvod

Problematika, dotýkajúca sa sucha a jeho hodnotenia, je v súčasnosti častým námetom konferencií či prác klimatológov a vodohospodárov. Sucho a jeho hodnotenie je zaujímavou témou predovšetkým v semiarídnych oblastiach, kde sa pomerne často vyskytuje a kde i spôsobené ekonomické škody nadobúdajú značných rozmerov. V prechodnom stredoeurópskom podnebí sa táto problematika dostáva do popredia záujmu odborníkov i verejnosti väčšinou až v čase výskytu sucha a krátko po ňom, približne do prvej povodne. Napriek tomu, aj v týchto podmienkach je potrebné sa systematickejšie zaoberať hodnotením závažnosti a výskytu sucha a zdokonaľovať metodiky, ktoré by bolo možno používať na signalizáciu nástupu suchého obdobia a na rýchle a fundované stanovenie príslušných opatrení v jednotlivých oblastiach.

Sucho patrí k sprievodným javom nášho podnebia a je tiež javom, s ktorým je treba rátať ako v poľnohospodárskej praxi, tak aj vo vodnom hospodárstve a ďalších odvetviach. Výraznosť suchých období býva rôzna, od krátkodobých prúsov až po niekoľko mesačné, či dokonca ročné obdobie s nízkymi úhrnmi zrážok. Následky sucha môžu byť rozdielne v závislosti na ročnom období, v ktorom sa sucho vyskytne, na sledovanej plodine a jej vývojovom štádiu a pod. Možno preto oprávnene predpokladať, že metódy hodnotenia výraznosti sucha budú rozdielne a ich výstupy sa môžu líšiť.

Vo svete bol spracovaný celý rad metód na kvantifikáciu sucha, pričom tie jednoduchšie uvažujú len s množstvom spadnutých zrážok (percentá normálu, decily, štandardizovaný index zrážok, efektívne zrážky a pod.), zložitejšie berú do úvahy premenlivý vplyv teploty na výpar a ďalšie bilančné metódy, ktoré priamo počítajú s evapotranspiráciou buď štandardného trávneho porastu, alebo priamo danej plodiny.

Charakteristikami a vplyvmi suchých období na pozadí klimatických zmien sa v práci zaoberám záujmovou lokalitou Hurbanovo. Táto práca vychádza z už publikovaných prác na tému sucha, jeho periodicity, a tiež z pozorovaní a získaných výsledkov v lokalite Hurbanovo.

1 Štúdia o súčasnom stave riešenej problematiky

1.1 Základné pojmy

1.1.1 Sucho

Sucho v prírodnom prostredí v podstate znamená nedostatok vody v pôde, rastlinách a i v atmosfére. Jednotné kritéria pre kvantitatívne vymedzenia sucha neexistujú s ohľadom na rozmanité hľadiská meteorologické, hydrologické, poľnohospodárske, bioklimatické a celý rad ďalších i s ohľadom na jeho impakt do rôznych oblastí národného hospodárstva, ktorý spôsobujú nedozerne škody. Definície sucha sú vzťahované k náplni jednotlivých vedných disciplín. Následkom toho máme formulované kritéria pre sucho agronomické, atmosférické, fyziologické, hydrologické, meteorologické a sucho náhodilé. Integrálny dopad fenoménu sucha kvantifikovaný vo vyššie vymenovaných vedných disciplínach na prírodné prostredie možno špecifikovať na báze pôdneho sucha (Střelcová et al., 2007).

Jednotlivým typom sucha a jeho prejavom sa budeme venovať v nižšie uvedených kapitolách.

1.1.2 Počasie

Počasie je okamžitý stav atmosféry na danom mieste, charakterizovaný súhrnom okamžitých hodnôt všetkých meteorologických prvkov a javov tam pozorovaných. Je prejavom súborov zložitých fyzikálnych dejov, ktoré v atmosfére prebiehajú, a je teda fyzikálnych dejov, ktoré v atmosfére prebiehajú, a je teda časovo a priestorovo značne premenlivé (Kobzová, 1998).

1.1.3 Podnebie

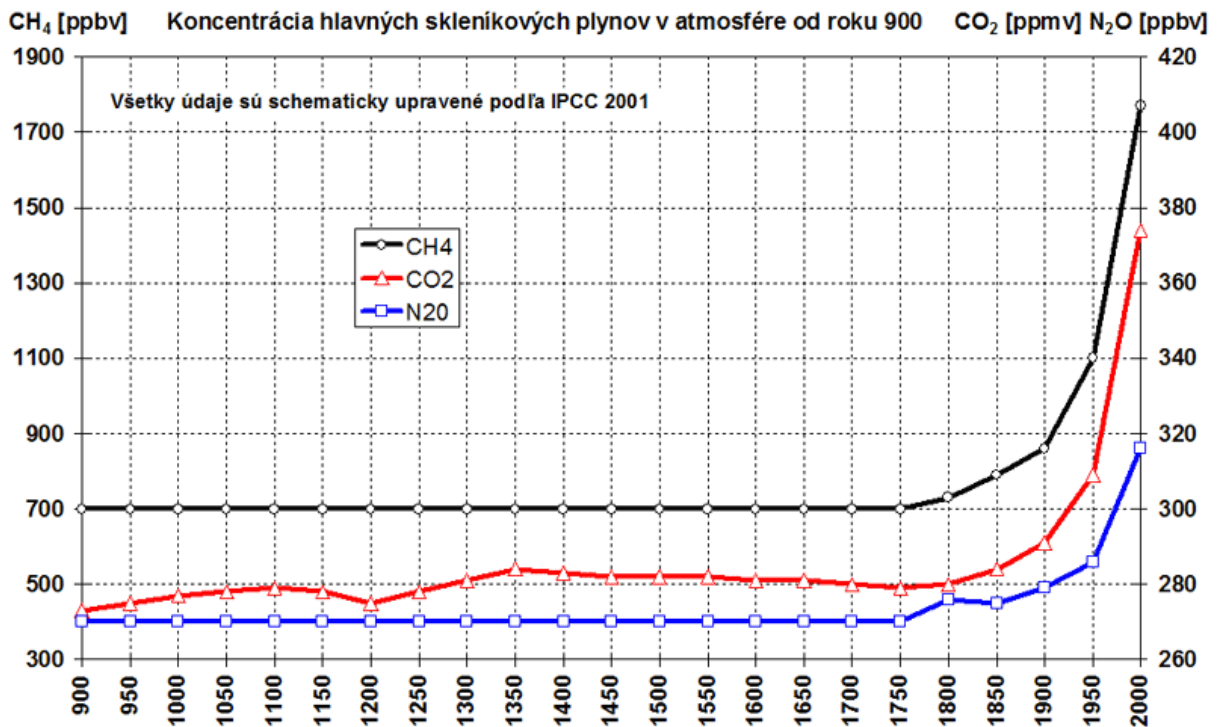
Podnebie je, zjednodušene vyjadrené, charakteristický režim počasia v danej oblasti. Pre radu meteorologických prvkov (teplota, atmosférické zrážky, tlak vzduchu, vlhkosť vzduchu, smer a rýchlosť vetra, snehová pokrývka a pod.) sa vyhodnocujú ich štatistické charakteristiky (priemery, extrémny, denné a nočné chody, premenlivosť, počet dní a pod.) za dlhšie obdobie, spravidla najmenej za 30 rokov. Premennivosť podnebia, teda dlhodobých charakteristik, je podstatne menšia ako premenlivosť počasia. Podnebie je vytvárané vzájomnou interakciou mnohých faktorov. Z najvýznamnejších možno uviesť napr. faktory mimozemské (slnečné žiarenia, zmena orbitálnej dráhy Zeme), vlastnosti zemského povrchu

(rozloženie pevnín a oceánov, sopečná činnosť, vegetácia) a samozrejme vnútorné zmeny samotného klimatického systému (chemické zloženie, biologické zmeny, zmeny vo využití pôdy, emisie skleníkových plynov). Dôležitou vlastnosťou klimatického systému sú tzv. spätné väzby. V dôsledku týchto väzieb sa môžu anomálie, spôsobené určitou počiatočnou poruchou, zosilňovať (kladné spätné väzby) alebo naopak zoslabovať (záporné spätné väzby). Obecne sa dá konštatovať, že kladné spätné väzby podporujú nestabilitu klimatického systému, zatiaľ čo záporné spätné väzby stabilitu zvyšujú. Miera pôsobenia kladných i záporných spätných väzieb sa ale v klimatickom systéme mení počas dňa, počas roka i z miesta na miesto. Toto vytvára z podnebia veľmi zložitý systém s prvkami chaotického správania (Metelka – Tolasz, 2009).

Kobzová (1998) charakterizuje podnebie ako dlhodobý režim počasia, charakterizovaný priemernými a extrémnymi hodnotami jednotlivých meteorologických prvkov, vypočítaných za dlhšie časové obdobie (najmenej 10 a spravidla 30 až 50 rokov). Na rozdiel od počasia sa vyznačuje pomernou stálosťou, ktorá však nevyklučuje jeho kolísanie a zmeny, a určuje ráz a využiteľnosť miesta alebo krajiny.

1.1.4 Zmena klímy

Pod pojmom “zmena klímy” (klimatická zmena) rozumieme iba tie zmeny v klimatických pomeroch, ktoré súvisia s antropogénne podmieneným rastom skleníkového efektu atmosféry od začiatku priemyselnej revolúcie (asi od 1750 r. n .l.), ak ich vieme odlíšiť od zmien prirodzených. Od konca poslednej doby ľadovej (pred 12 tis. r.) sa menila do roku 1750 koncentrácia skleníkových plynov v atmosfére iba nepatrne, odvtedy sa zrýchľuje prírastok všetkých skleníkových plynov v atmosfére okrem vodnej pary (H₂O iba nepatrne rastie). Úplne novými skleníkovými plynmi sú freóny a halóny (iba po roku 1930), v roku 2002 bola koncentrácia CO₂ o 33,5% a metánu o 159% vyššia ako pred rokom 1750 (pri CO₂ až o 20% vyššia ako v roku 1950). Čiastočne to môžeme vidieť aj z Obr. 1:



Obr. 1 Koncentrácia hlavných skleníkových plynov v atmosfére od roku 900 do roku 2000 [zdroj:http://www.dmc.fmph.uniba.sk/public_html/pix/climate/climate01.gif]

1.2 Charakteristiky klimatických zmien

Zmeny a premenlivosť klímy môžeme vo všeobecnosti definovať takto (Lapin, 2010):

a) Zmeny klímy (klimatické zmeny) - tento termín sa v minulosti používal pre všetky zmeny súvisiace s klímou; v súčasnosti podľa IPCC (Medzivládny panel pre klimatickú zmenu, www.ipcc.ch) takto nazývajú prevažne už len zmeny klímy prirodzeného charakteru, teda najmä zmeny v minulých geologických dobách Zeme (milióny až stovky miliónov rokov), ľadové doby (desaťtisíce až milióny rokov), sekulárne zmeny (stovky rokov), niekedy aj nízko-frekvenčné kolísanie klímy (desiatky rokov).

b) Premennivosť klímy - klimatické pomery charakterizujeme stredovými, rozptylovými, trendovými a cyklickými charakteristikami - rozptylové charakteristiky reprezentujú premenlivosť klímy (smerodajná odchýlka, kvantily (ak hovoríme o jednom kvantile ide o stredovú charakteristiku), intersekvenčná premenlivosť...). Premennivosť klímy môžeme podobne charakterizovať aj pre dlhšie časové obdobia ako jeden rok, tiež pri použití rôzne dlhých časových období pre hodnoty vstupných údajov spracovania (10 minút, hodina, deň, dekáda, sezóna, rok, 5 rokov, 10 rokov, 30 rokov a iné). Za určitú zvláštnosť považujeme náhle veľké zmeny klímy.

c) Kolísanie klímy - prirodzené kolísanie klimatických charakteristík je dané predovšetkým solárnou klímou (ročný chod, 11-ročný cyklus...), iné cykly súvisia

s cykličnosťou niektorých klimatotvorných procesov (napr. 2-ročný cyklus QBO (vyjadrený aj zmenami prúdenia v stratosfére), ďalej ENSO, el Niño, NAO, AO), okrem ročného chodu sú všetky vyjadrené veľmi slabo, cyklus ľadových dôb má na severnej pologuli periódu okolo 100 000 až 120 000 rokov, za nízko-frekvenčné cykly sa považuje kolísanie s periódou dlhšou ako 11 rokov. Všetky dlhšie cykly sa iba obtiažne dajú identifikovať v súboroch pozorovaných alebo meraných údajov. Trend je niekedy iba časťou nejakého cyklu.

Klimatický systém je charakteristický svojou zložitnosťou, čo podmieňuje existenciu niekoľkých teórií a hypotéz, na základe ktorých sa príčiny klimatických zmien vysvetľujú. Najznámejšie hypotézy opierajúce sa o predpokladané faktory sú dlhodobé kolísanie solárnej konštanty (predpokladané ochladzovanie a otepľovanie), kolísanie slnečnej aktivity (zmeny žiarenia v rozličných častiach spektra a ich vplyv na cirkuláciu ovzdušia) a terestrické príčiny (znížená priepustnosť atmosféry vplyvom vulkanickej činnosti, zmeny množstva tepla prichádzajúceho zo zemského vnútra a iné). K reálne existujúcim faktorom patria: atmosférická hypotéza (zmeny optimálnych parametrov Zeme) a orografická hypotéza (zmeny reliéfu pevnín a morského dna). Hypotézy založené na štúdiu reálne prebiehajúcich procesov s uvažovaním spätných väzieb vychádzajú z objavenia a analýzy vnútorných väzieb medzi klimatotvornými faktormi a procesmi. Patrí sem teória samovoľného rastu ľadovcov a kolísanie obsahu CO₂ v atmosfére.

Hlavným zdrojom energie pre celý klimatický systém je slnečné žiarenie. Jeho dlhodobé zmeny sa preto musia prejaviť zmenou v správaní klimatického systému. Avšak klimatický systém má tiež pomerne veľkú zotrvačnosť a krátkodobé výkyvy preto výrazne tlmí. Najsilnejší, jedenásťročný cyklus slnečnej aktivity je sprevádzaný zmenou príkonu slnečného žiarenia len asi o 0,1 %, prejavuje sa len vysoko v atmosfére, ale na zemskom povrchu sú jeho dôsledky takmer nemerateľné. Prejavujú sa skôr dlhodobé zmeny solárnej aktivity.

V prvej polovici 20. storočia pozvoľne rástla slnečná aktivita. Dá sa predpokladať, že i vďaka tomu v rovnakej dobe stúpili globálne priemerné teploty vzduchu asi o 0,3 °C. Od polovice storočia solárna aktivita stagnuje, ale globálne priemerné teploty stúpili o ďalších asi 0,5 °C (Metelka – Tolasz, 2009).

Ku charakteristickým javom prebiehajúcich v atmosfére, ktoré ovplyvňujú klimatický systém, patrí skleníkový efekt. K tomu, aby skleníkový efekt prebiehal, je potrebná účasť skleníkových plynov v atmosfére. Najdôležitejším skleníkovým plynom je vodná para, ktorá

sa na prirodzenom skleníkovom efekte podieľa 36 – 70% (bez započítania vplyvu oblačnosti). K ďalším skleníkovým plynom podieľajúcim sa na skleníkovom efekte patria oxid uhličitý s 9 – 26%, metán so 4 – 9%, ozón s 3 – 7% a oxid dusný.

Princíp skleníkového efektu možno popísať nasledovne: približne 30% slnečného žiarenia prenikajúceho do zemskej atmosféry sa vracia späť do kozmu, a to vplyvom odrazu od oblačnosti, rozptylom na molekulách vzduchu alebo odrazu od zemského povrchu. Zostávajúcich cca 70% je pohltených povrchom (v malej miere aj atmosférou), to má za následok zvýšenie teploty povrchu a čiastočne aj vzduchu. Podľa fyzikálnych zákonov (Planckov zákon) ale každé teleso, ktorého teplota je vyššia než absolútna nula ($-273,15\text{ °C}$) energiu tiež vyžaruje. To platí aj pre zemský povrch, ktorý vyžaruje v infračervenej oblasti. Pokiaľ by v atmosfére neboli skleníkové plyny, toto žiarenie by odchádzalo do kozmu. Skleníkové plyny práve toto žiarenie pohlcujú, čo má za následok ohrievanie vzduchu. Ohriaty vzduch sám o sebe taktiež vyžaruje infračervené žiarenie – polovica žiarenia odchádza smerom nahor (do kozmu alebo môže byť pohltené skleníkovými plynmi vo vyšších vrstvách atmosféry), polovica smerom nadol (a je pohltené buď v nižších vrstvách atmosféry, alebo povrchom).

Bez skleníkových plynov by bola priemerná teplota atmosféry v blízkosti zemského povrchu asi o 33 °C nižšia, ako je dnes. Energia, ktorú skleníkové plyny zadržujú, sa môže prejavovať nie len ako teplota vzduchu, ale tiež aj ovplyvňuje pohyb (prúdenie) vzduchu, potenciálnu energiu (vertikálna stabilita vzduchovej hmoty) alebo kondenzáciu vodnej pary, vyparovanie, mrznutie alebo topenie vody (Metelka – Tolasz, 2009).

Podľa Lapina pod pojmom skleníkový efekt atmosféry rozumieme sumu dôsledkov radiačne aktívnych plynov v atmosfére, ktoré absorbujú tepelné vyžarovanie Zeme, zohrievajú tú časť atmosféry kde sa nachádzajú a spätným vyžarovaním atmosféry udržiavajú určitú bilanciu dlhovlnného žiarenia Zeme. V dolnej časti troposféry a na zemskom povrchu sa tak pri existujúcom skleníkovom efekte atmosféry dlhodobo stabilizuje na Zemi ako celku určitá priemerná teplota (globálna teplota prízemnej atmosféry).

1.2.1 História klímy na Zemi

V dávnej minulosti dochádzalo neustále k zmenám klímy. Počas celej geologickej histórie sa striedali obdobia teplejšie a chladnejšie, suchšie a vlhkejšie. Porovnanie vtedajšej klímy s dnešnou je však pomerne problematické. Jednak preto, že nie je k dispozícii dostatočné

množstvo kvalitných a spoľahlivých dát k presnej rekonštrukcii klímy minulých dôb, jednak preto, že geologické podmienky na Zemi sa výrazne líšili od tých dnešných. Iné rozloženie pevnín a oceánov malo za následok aj iný systém prúdenia vody v oceánoch a tým aj iné podmienky pre prenos tepelnej energie z tropických oblastí do vyšších zemepisných šírok. Pre porovnanie so súčasnosťou sú dôležité hlavne štvrtohory. Podnebie vo štvrtohorách sa vyznačuje striedaním chladnejších ľadových (tzv. glaciálov) a teplejších dôb medziľadových (tzv. interglaciálov). Priemerné globálne teploty poslednej doby ľadovej boli oproti dnešným nižšie radovo o jednotky stupňov Celsia (do 10°C). Polárne oblasti boli dlhodobo zreteľne teplejšie ako dnes, naposledy v poslednom interglaciáli, pred 125 000 rokmi (Metelka – Tolasz, 2009).

V geologickej minulosti Zeme je známe napr. globálne ochladzovanie v oligocéne, ktoré vyvrcholilo v pleistocéne. Charakteristickým pre pleistocén bolo striedanie studených období (glaciálov) s teplými (interglaciály). Holocén (postglaciál) sa vyznačoval niektorými výraznými výkyvmi klímy (zmenšenie rozsahu ľadovania, striedanie studenšieho obdobia s teplejším, postup ľadovcov). Ústup pevninských ľadovcov a otepľujúca tendencia klímy vrcholila približne pred 8000 – 5000 rokmi, kedy bola priemerná ročná teplota o 2 až 3 °C vyššia ako v súčasnosti (postglaciálne klimatické optimum). V nasledujúcich tisícročiach s relatívne častými klimatickými zmenami prevládala tendencia ochladzovania. Od 80. rokov minulého storočia sa postupne prejavuje zvyšovanie teploty na severnej pologuli s maximom v 30. rokoch nášho storočia (zvýšenie o 0,6 °C v porovnaní s koncom 19. storočia). V 40. rokoch bolo otepľovanie nahradené ochladzovaním, ktoré v polovici 60. rokov vystriedalo opäť otepľovanie. Kolísanie intenzity slnečného žiarenia koncom a začiatkom 20. storočia bolo podmienené zmenami priepustnosti zemskej atmosféry po vulkanických erupciách a zmenami hraníc morských polárnych ľadov (Netopil a kol., 1984).

1.2.2 Klíma súčasného tisícročia

V klíme posledného tisícročia možno rozoznať tri obdobia: stredoveké teplé obdobie, tzv. malú dobu ľadovú v 16. až 19. storočí a po nej nasledujúceho obdobia globálneho otepľovania. Pokiaľ ide o stredoveké teplé obdobie, jeho určenie je značne neisté. Teploty vtedy mali byť v niektorých oblastiach vyššie ako v ďalších storočiach, ale nie viac ako o 1-2°C, a v merítke pologulí neboli vyššie ako v druhej polovici 20. storočia. Navyše nové výskumy naznačujú, že toto teplé obdobie nezasiahlo celú planétu naraz, išlo skôr o sériu lokálnych alebo regionálnych oteplení, ktoré prichádzali do rôznych oblastí v rôznom čase,

vzájomne sa líšili až o niekoľko storočí. Pojem malá doba ľadová pôvodne označoval posledné obdobie, kedy sa horské ľadovce na celom svete rozšírili. Nakoľko nástup a ústup ľadovcov býva najčastejšie spájaný s kolísaním teploty vzduchu, ich zmeny ovplyvňujú aj rôzne ďalšie meteorologické faktory, napr. zmeny režimu zrážok (Metelka – Tolasz, 2009).

V našom storočí sa priemerné ročné teploty vzduchu podľa klimatických staníc Hurbanovo, Košice a Liptovský Hrádok zvýšili o 0,8 až 1,2 °C. Pre ďalšie zvyšovanie teploty sú zostavené kolektívmi odborníkov rôznych svetových i domácich inštitúcií tzv. „scenáre klimatických zmien“. Napríklad podľa scenára dT2 simulujúceho podľa Lapina et al.(1995) hornú hranicu teplotných zmien sa na území Slovenska predpokladá k roku 2010 zvýšenie priemernej ročnej teploty vzduchu o 1,3 °C, k 2030 o 2,2 °C a k 2075 o 4,2 °C. Pritom výraznejšie zvýšenie teploty pripadá na zimný polrok (Špánik – Šiška, 2006).

1.2.3 Klimatické zmeny – predpokladaný dopad na poľnohospodárstvo

IPCC predpokladá, že poľnohospodárska produkcia by sa v dôsledku nastávajúcich klimatických zmien mohla znížiť v mnohých krajinách tropického a subtropického pásma.

Z analýz vyplýva, že pri malých zmenách teploty (menej ako 2 °C) by v priemere celosvetová produkcia potravín nemala byť ovplyvnená. Avšak v prípade vyššieho nárastu teploty by mala začať klesať.

Zmeny produkcie by mali byť viditeľné aj na regionálnej úrovni, pričom v závislosti na type plodiny by sa mali výnosy v miernom pásme zvýšiť. V tropickom a subtropickom regióne, kde sa niektoré plodiny nachádzajú na hranici teplotnej únosnosti a kde dominuje suchá a nezavlažovaná zem, by malo prísť k zníženiu produkcie už pri malej zmene klímy. Týka sa to hlavne niektorých oblastí Afriky a Južnej Ameriky, kde by pokles produkcie mohol v tomto storočí dosiahnuť až 30%.

Predpokladá sa, že pri každom oteplení atmosféry o jeden stupeň Celzia dôjde k posunu poľnohospodársky využiteľných oblastí o 150-200 km na sever. Súčasne sa očakáva, že väčšie suchá v lete môžu znížiť úrodu v miernom pásme o 10-30 %, pričom je možné, že dnešné najproduktívnejšie oblasti ako napr. stredozápad USA budú vystavené častejším suchám a vlnám horúčav ako dnes. Na druhej strane atmosférické modely zrážkovej činnosti poukazujú aj na to, že v niektorých severných oblastiach by v dôsledku predĺženia vegetačného obdobia a intenzívnejších zrážok mohlo dôjsť k zvýšeniu poľnohospodárskej produkcie. Avšak väčšina takýchto oblastí, ktoré by z klimatických zmien mohli mať

prospech, ako sú napr. severná časť Kanady a Sibír má nedostatok kvalitnej pôdy, takej ako sa vyskytuje napr. na stredozápade USA alebo Ukrajine.

Vyššie teploty ovplyvnia úrodnosť. Hoci rast a zdravotný stav rastlín sa môže zlepšiť v dôsledku zmenšenia mrazov, niektoré rastliny môžu byť poškodené vyššími teplotami a to hlavne v kombinácii s nedostatkom vody. Problémom môže byť, že isté druhy burín sa budú rozširovať do vyšších zemepisných šírok.

Vyššia koncentrácia oxidu uhličitého v atmosfére môže na druhej strane zvýšiť produkciu potravín. V princípe vyššie úrovne CO₂ stimulujú fotosyntézu niektorých rastlín. Platí to predovšetkým o tzv. rastlinách C₃, pretože hladina CO₂ u nich potláča fotorespiráciu, čím u nich dochádza k vyššiemu príjmu vody. C₃ rastliny predstavujú väčšinu rastlinných druhov na Zemi a patrí k nim napr. pšenica, jačmeň, zemiak a ďalšie. Odozva ostatných rastlín (napr. C₄), kam patrí väčšina tropických rastlín (napr. cukrová trstina) na rastúcu koncentráciu CO₂ by nemala byť tak dramatická. Experimenty založené na zdvojnásobení koncentrácie CO₂ potvrdili, že takéto zvýšené "CO₂ hnojenie" dokáže zvýšiť úrodnosť C₃ rastlín až o 30 %. Tento efekt však môže byť zosilnený alebo zoslabený sprevádzajúcimi zmenami teploty, zrážok alebo výskytu škodcov (www.seps.sk).

1.3 Charakteristiky sucha

Podľa Klementovej a Litschmanna (2001) sa pojmom sucho označuje určité časové obdobie, v ktorom spadne menej zrážok ako je príslušný normál. Charakterizuje sa tiež počtom za sebou idúcich dní, v ktorých nebol prekročený určitý vopred stanovený zrážkový limit.

Vo všeobecnosti by zjednodušená definícia mohla charakterizovať sucho ako deficit vody s určitou dobou trvania. Sucho sa popisuje z rôznych hľadísk, na základe ktorých rozlišujeme sucho meteorologické, poľnohospodárske a hydrologické.

Meteorologické sucho sa zvyčajne hodnotí na základe odchýlky zrážok od normálu pre určité časové obdobie. Vyjadruje teda jednu z primárnych príčin sucha.

Hydrologické sucho sa vyjadruje pomocou deficitov povrchových a podpovrchových zásob vody.

Poľnohospodárske (pôdne) sucho sa zvyčajne vzťahuje k potrebám pôdnej vlhky konkrétnych plodín v určitom čase (Pekárova a kol., 2008)

Primárnou príčinou sucha je už spomínané meteorologické sucho a to z dôvodu nedostatku zrážok, z čoho sa odvíja nedostatok vody v pôde a postupný vznik poľnohospodárskeho sucha. Pokračujúci deficit zrážok ovplyvňujúci zásoby povrchových vôd má za následok vznik sucha hydrologického.

Ako uvádza Lapin (2005), je potrebné odlišovať sucho a vlhko ovplyvnené dlhodobými klimatickými podmienkami a vývojom počasia v konkrétnych kratších obdobiach, pričom takéto hodnotenie môže mať aj regionálne alebo lokálne špecifiká. Na vznik sucha je dôležitý obsah vody v atmosfére (vodná para), na zemskom povrchu (voda, sneh a ľad) a v pôde (voda a ľad). Ak je v pôde (v prostredí) nedostatok vody pre rastliny (živočíchy), vzniká tzv. fyziologické sucho. Ak je nedostatok vody na formovanie zvyčajných prietokov v riekach a na udržiavanie zvyčajnej hladiny podzemnej vody, vzniká tzv. hydrologické sucho (veľmi zjednodušené). Ak je nedostatok vody pre zvyčajné sociálne a ekonomické aktivity, vzniká tzv. socio-ekonomické sucho (zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou, potravinová bezpečnosť a pod.). Tzv. meteorologické (klimatologické) sucho sa definuje na základe vzťahu potenciálnej a skutočnej evapotranspirácie (prípadne aj atmosférických zrážok).

Pod pojmom sucho môžeme tiež chápať nedostatok vlhky v pôde, ktorú rastliny využívajú pre svoj rast. Dlhodobejší nedostatok vlhky v pôde môže mať za následok upadanie rastlín do šoku (spomalenie transpirácie) alebo v extrémnych prípadoch aj ich úhyn. Dopad suchých období na rastliny závisí aj od ich druhu. Veľmi citlivé na nedostatočné množstvo v pôde sú poľnohospodárske kultúry pretože za pomerne krátke vegetačné obdobie musia prejsť všetkými fenologickými fázami a vytvoriť plody. Práve na tieto deje potrebujú intenzívnu látkovú výmenu s okolím, ktorá je vykonávaná prostredníctvom vody. Hlavným zdrojom vody pre pôdu sú zrážky, okrem iných zdrojov, ktoré sú v konečnom dôsledku závislé od zrážok. Z tohto dôvodu je pri určovaní suchých období potrebné vychádzať z údajov o zrážkach. V poľnohospodárstve môžeme sucho definovať ako deficit pôdnej vody pre rast, vývoj a úrody poľnohospodárskych plodín.

Výskyt sucha sa dá posudzovať podľa rôznych kritérií, kvantifikovať rôznymi údajmi a posudzovať z rôznych hľadísk. Suchosť oblasti môže byť spôsobená klimatickým, alebo miestnym suchom.

Klimatické sucho súvisí s oblastnými podmienkami, ktoré vyplývajú z meteorologických a klimatických pomerov. Miestne sucho súvisí s orografickými, hydrologickými, hydropedologickými, agrobiologickými alebo hospodárskymi podmienkami. Z časového hľadiska posudzujeme 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, obmedzením odberov vody podnikmi, obmedzením plavby a pod.

Klimatické sucho, ktoré zasahuje značne rozsiahle oblasti je spôsobené nedostatkom zrážkových úhrnov, alebo ich nevhodným rozdelením, za súčasne vysokej teploty vzduchu, ktorá výrazne zvyšuje straty vody výparom. preto sa posudzujú všetky činitele, ktoré spolupôsobia pri tvorbe prirodzenej vlahy, t.j. zrážky, výpar, teplota, tlak ovzdušia, veterné pomery, poloha záujmového územia a nadmorská výška. Zisťujú sa jednak priemerné hodnoty, ich odchýlky a početnosť výskytu. Podkladom majú byť vždy priame merania (Klementová – Litschmann, 2001).

1.3.1 Pôdne sucho

Pre posudzovanie disponibilných zásob v pôde pre vegetačný kryt sú na základe konvencie vybrané nasledovné charakteristické body vlhkostnej retenčnej čiary (charakteristické stavy retencie – obsahu vody v pôde):

- a) bod vädnutia, BV, zodpovedajúci hodnote $pF = 4,18$ (ide o takú vlhkosť pôdy, keď rastlinný kryt je trvale nedostatočne zásobený vodou z pôdy a vädne,
- b) bod zníženej dostupnosti, BZD, zodpovedajúci hodnote $pF = 3,3$ (charakterizuje vlhkosť pôdy, pri ktorej fyziologické procesy rastlinného krytu sú limitované nedostatkom),
- c) poľná vodná kapacita, PVK, zodpovedajúca hodnote $pF = 2,0$ až $2,7$ (charakterizuje vlhkosť pôdy, ktorá sa udržiava v pôdnom profile za relatívne dlhší čas, pričom prevzdušnosť pôdy je ešte postačujúca pre vývoj rastlinného krytu) (Šútor – Rehák, 1999).

1.3.2 Pôdna vlhkosť

Pod pôdnou vlhkosťou rozumieme obsah vody v pôde za daných okolností a vyjadrujeme ju v percentách od váhy suchej zeminy alebo od celkového objemu pôdy. Pôdna vlhkosť sa neustále mení a preto pri jej skúmaní treba zistiť:

1. v akom fyzickom stave je pôdna vlaha v čase merania;

2. pod vplyvom ktorých okolností sa vytvorilo dané rozdelenie vody v pôde;
3. či sa toto rozdelenie vody v pôde bude meniť, akou rýchlosťou a ktorým smerom;
4. akým spôsobom a v akých medziach je možné pôsobiť na ten prirodzený priebeh zmien vlhkosti pôdy, aby sa usmernil potrebným smerom.

Pôdnu vlhkosť posudzujeme približne podľa určitých znakov v teréne a kvantitatívne stanovujeme rôznymi metódami v teréne i v laboratóriu (Hraško a kol., 1962).

1.3.2.1 Klasifikácia vlhkostných pomerov územia podľa úhrnu zrážok

Pri hodnotení vegetačného obdobia príslušných rokov podľa atmosférických zrážok sa používa stupnica, ktorá sa uvádza v Tab. 1 (Demeterová, 2002):

Tab. 1 Hodnotenie vegetačného obdobia podľa atmosférických zrážok

ÚHRNY ZRÁŽOK ZA VEGETAČNÉ OBDOBIE [% N]	POD 60	60-79	80-89	90-110	111-129	121-140	NAD 140
Charakteristika vegetačného obdobia	extrémne suché	veľmi suché	suché	normálne	vlhké	veľmi vlhké	extrémne vlhké

Pri porovnaní parametrizácie zásob vody v zóne aerácie pôdy založenej na hydrolimitoch a berúc do úvahy definíciu pôdneho sucha hodnotenie vlhkostných pomerov podľa úhrnu zrážok je neadekvátne. Hodnotenie vlhkostných pomerov vegetačného obdobia podľa úhrnu zrážok nie je možné vzťahovať na hodnotenie stavu zásob vody v zóne aerácie pôdy.

1.3.2.2 Hodnotenie vlhkostných pomerov podľa hydrotermického koeficientu

Pre klasifikáciu vlhkostných pomerov územia v určitom období sa využíva taktiež hydrotermický koeficient Seljaniniva. Je definovaný vzťahom:

(1)

kde:

K_{HT} - hydrotermický koeficient

ΣH_Z - suma zrážok za hodnotené obdobie ($t > 10^\circ\text{C}$) v mm

Σt_{10} - suma priemerných denných teplôt za hodnotené obdobie v °C

Posudzované obdobie je potom charakterizované stavom podľa Tab. 2:

Tab. 2 Charakteristika obdobia podľa hydrotermického koeficientu

Hydrotermický koeficient	pod 0,3	0,31-0,50	0,51-0,99	1,00	1,01-2,00	nad 2,00
Charakteristika obdobia	katastrofálne sucho	sucho	nedostatok vody	zrážky sú rovné výparu	dostatok vody	prebytok vody

1.4 Hodnotenie sucha

Hodnotenie sucha nie je vždy jednoznačné, ale závisí od vednej oblasti jeho posudzovania resp. hodnotenia a to napr. meteorologické, poľnohospodárske, lesnícke, hydrologické, klimatické, klimatologické a pod. Na základe uvedeného boli spracované rôzne metódy a kritéria hodnotenia sucha ako napr. agronomické, meteorologické, atmosférické, agroklimatické, fyziologické, hydrologické a náhodilé (Šútor, Gomboš, Mati, 2005).

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 výpar a tým priamo aj sucho (Racko, 2010).

Absencia univerzálnej definície sucha vedie k viacerým problémom. V niektorých prípadoch je obtiažne vôbec rozhodnúť, či sa sucho vyskytuje alebo nie. Pre stanovenie začiatku, konca a intenzity sucha existuje celý rad viac-menej objektívnych metód. Do výpočtu indexu sucha vstupujú rôzne faktory - ako zrážky, teplota, evapotranspirácia, pôdna vlhkosť, odtok, zásoby snehu a vody v tokoch a nádržiach atď. Výsledné indexy sucha umožňujú vzájomné porovnanie suchých období. Najčastejšie používaný a najrozšírenejší je Palmer Drought Severity Index <http://www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm> (PDSI), ktorý radíme medzi meteorologické indexy sucha. K výpočtu indexu potrebujeme okrem zrážok tiež evapotranspiráciu, odtok, pôdnu a hĺbkovú infiltráciu. Štandardizovaný index intenzity sucha (SPI) umožňuje porovnanie rôznych miest s odlišnými klimatickými pomermi. K ďalším indexom patria napr.: Crop Moisture Index (CPI), Surface Water Supply Index (SWSI), Reclamation Drought Index (RDI), alebo decily. V súčasnosti používané indexy sucha však majú celý rad slabín, na ktoré upozorňujú napr. Byun a Wilhite (1999). Väčšina indexov,

ktoré sa používajú pri hodnotení sucha, nedokáže dostatočne presne určiť začiatok a koniec sucha. Obvykle pracujú iba s mesačnými priemermi. Neuvažujú úbytok vodných zásob v čase, ktorý je funkciou odtoku a evapotranspirácie. Byun a Wilhite (1999) navrhli nové indexy sucha, ktoré riešia nedostatky súčasných metód hodnotenia sucha. Denný úbytok vodných zdrojov reprezentuje efektívna zrážka (EP), k jej určeniu potrebujeme iba denné priemery zrážok na stanicu. Úbytok vodných zásob v čase vyjadruje časovo závislá redukčná funkcia, z ktorej odhadujeme aktuálny vodný deficit. Z EP vychádza mnoho ďalších indexov, ktoré dovoľujú stanoviť dĺžku a intenzitu sucha, akumulovaný zrážkový deficit (odchýlku od normálu), zrážku potrebnú pre návrat k normálu.

Na Slovensku dlhodobý chod indexu sucha na štyroch staniaciach (Hurbanovo, Kamenica nad Cirochou, Oravská Lesná a Štrbské Pleso) zhodnotili Hrvoľ a Tomlain (2008).

Periódami sucha sa zaoberali viacerí autori, ktorí používali rôzne kritéria na určenie suchých období. Napríklad podľa Hellmanna sa za suché považuje také obdobie, v ktorom počas 15 po sebe idúcich dňoch padli len nepatrné zrážky, alebo keď v trvaní 60 dní spadlo najviac 7 mm zrážok. Schmidt priraduje každému dňu bez zrážok určitou váhu. Prvý deň má váhu jednej jednotky, druhý deň dvoch jednotiek, atď.

Kritériá na určenie dĺžky periód sucha môže byť veľa. Je ťažké určiť pomer medzi dĺžkou obdoba sucha a množstvom zrážok, teda určiť pomer medzi dĺžkou obdoba sucha a množstvom zrážok, teda určiť kedy sa začína a končí sucho. Z ročných alebo mesačných úhrnov zrážok nemožno zistiť, či zvolené obdoba boli suché, resp. či sa v nich suché obdoba vyskytovali (Racko, 2010).

Podľa jednoduchej definície za suché obdobie považujeme také, 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.

Táto definícia nezohľadňuje ročný chod zrážok, teplotu vzduchu ako ani vlhkosť pôdy. V zmysle tejto definície sa sucho chápe ako nízky úhrn zrážok za určitý počet dní, a inak sa prejavuje v lete a inak v zime. Avšak prostredníctvom nej vieme určiť dátum začiatku a konca suchej periódy.

1.4.1 Index sucha

Klementová (1990) uvádza, že index sucha S pre vegetačné obdobie vyjadrujeme bezrozmerným parametrom, ktorý v i -tom roku stanovíme zo vzťahu

(2)

(3)

kde:

Δt - odchýlka priemernej teploty vo vegetačnom období od dlhodobého priemeru vo vegetačnom období [$^{\circ}\text{C}$] Δz - odchýlka priemerného úhrnu zrážok vo vegetačnom období od dlhodobého priemerného zrážkového úhrnu vo vegetačnom období [mm] σ_t , σ_z - smerodajné odchýlky (v príslušnom štatistickom období odchýlky priemernej teploty vo vegetačnom období a priemerného úhrnu zrážok vo vegetačnom období) t_i - priemerná teplota vo vegetačnom období [$^{\circ}\text{C}$] v i -tom roku z_i - zrážkový úhrn vegetačného obdobia [mm] v i -tom roku t^- - dlhodobá priemerná teplota vzduchu vo vegetačnom období [$^{\circ}\text{C}$] z^- - priemerný zrážkový úhrn vo vegetačnom období [mm]

Tab. 3 Hodnotenie klimatických oblastí podľa indexu sucha

Index sucha S	Slovné hodnotenie oblastí
0 - 1	stredne až mierne suchá
1 - 2	suchá
> 2	veľmi suchá až najsuchšia

1.4.2 Palmerov index

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.

Pri konštrukcii PDSI Palmer stanovil kritérium, podľa ktorého nemá výnimočne vlhký mesiac uprostred suchého obdobia príliš ovplyvňovať hodnotu indexu, rovnako ako ani séria mesiacov s približne normálnymi zrážkami nasledujúcimi po suchom období ešte neznamená, že už sucho skončilo.

Palmerov index zohľadňuje ako klimatické charakteristiky danej oblasti, tak i jej základné pedologické hydrologické limity. Znamená to teda, že rovnaká hodnota Palmerovho indexu v rôznych oblastiach by v nich mala mať približne aj rovnaké ekonomické dôsledky. Jeho hodnoty bývajú väčšinou v rozsahu od -6 do $+6$, v ojedinelých extrémnych prípadoch sa podľa našich skúseností môžu pohybovať aj mimo tejto hranice. V Tab. 4 je k jednotlivým intervalom

hodnôt priradené aj ich slovné vyjadrenie, vystihujúce vlhkosť charakter daného obdobia (Patassiová – Klementová, 2001).

Tab. 4 Miera hodnotenia sucha pomocou PDSI

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
0,45 až -0,49	blízko normálu, vlahovo 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	extrémne sucho

1.4.3 Langov dažd'ový faktor

Langov dažd'ový faktor vyjadruje podmienky prirodzeného zavlaženia krajín, a to vzťahom medzi atmosférickými zrážkami a teplotu vzduchu (Sobíšek, 1993):

(4)

kde: f - dažd'ový faktor

R - priemerný ročný úhrn zrážok v mm

t - priemerná ročná teplota vzduchu v °C

Nevýhodou tejto metódy je, že neberie ohľad na rozdelenie zrážok a teploty v priebehu roka, čo môže viesť k tomu, že pri používaní ročných hodnôt dostaneme rovnaké dažd'ové faktory, aj keď klimatický režim je zásadne odlišný (Konček, 1955).

Tab. 5 Rozdelenie oblastí podľa Langovho dažd'ového faktora f

F	oblasť
< 40	arídna
40 - 60	semiarídna

60 - 100	humídna
> 100	perhumídna

1.4.4 Minařova vlahová istota

Minařova vlahová istota charakterizuje vlahové pomery daného miesta. Vychádza z Minařovho koeficientu J , ktorý sa určuje vo vzťahu (Sobíšek, 1993):

(5)

kde: R - priemerný ročný úhrn zrážok v mm

t - priemerná ročná teplota vzduchu v °C

Minařova vlahová istota, vyjadrená pomerom priemerného množstva zrážok za určité obdobie a priemernej teploty tohto obdobia, udáva množstvo zrážok pripadajúcich na každý stupeň priemernej teploty daného obdobia (Brablec, 1948).

1.4.5 Končekov index zavlaženia

Konček vychádzal z Thornthwaiteovho indexu vlhka I_m (pomocou potenciálnej evapotranspirácie a niekoľko empiricky určených vzťahov), pričom tento index porovnával so svojimi troma vybranými veličinami a to zrážky, teplota a rýchlosť vetra. Získal jednoduchý empirický vzorec, ktorý nazval index zavlaženia. Vzorec pre celé vegetačné obdobie apríl – september má tvar:

(6)

kde: 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 $m \cdot s^{-1}$ v celom vegetačnom období

Porovnanie s Thornthwaiteovým indexom ukázalo, že oba indexy sú presne v lineárnom vzťahu 1:3, t.j. $I_z = 3 \cdot I_m$. Avšak Končekova stupnica bola 3-krát citlivejšia (Konček, 1955). Ďalej vypočítal index zavlaženia pre päť meteorologických staníc na Slovensku a to: Bratislava, Hajníky, Hurbanovo, Košice, Liptovský Hrádok. Na základe číselných hodnôt zaradil stanicu do klimatického typu a následne kartograficky znázornil.

Tab. 6 Vzťah medzi klimatickým typom podľa Thornthwaieta a indexom zavlaženia (Konček, 1955)

Klimatický typ	Končekov index zavlaženia (I_z)
A humídny	300 a viac
B4 humídny	240 - 300
B3 humídny	180 - 240
B2 humídny	120 - 180
B1 humídny	60 - 120
C2 vlhko-subhumídny	0 - 60
C1 sucho-subhumídny	0 až - 60
D semiarídny	-60 až -120
E arídny	-120 až -180

Metódu indexu zavlaženia umožňuje tiež zhodnotenie relatívneho zavlaženia v jednotlivých mesiacoch, potom vzorec vyzerá nasledovne:

(7)

V uvedenom vzorci sa berú do úvahy zimné úhrny zrážok, ktoré majú na začiatku vegetačného obdobia veľký vplyv na vlhkosť pôdy. V marci bývajú spravidla na Slovensku nižšie úhrny zrážok a výpar je oveľa vyšší ako aj marcové úhrny zrážok. Preto marcové zrážky nemajú pre vegetačné obdobie väčší význam a tak ich Konček do vzorca nezahrnul (Melo et al., 2007).

Konček pre územie Slovenska neskôr vytvoril klasifikáciu klimatických oblastí:

Tab. 7 Klimatické oblasti vo vzťahu ku Končekovmu indexu zavlaženia (Melo et al., 2007)

Klimatická oblasť	Končekov index zavlaženia I_z
veľmi vlhká oblasť	120 a viac
vlhká oblasť	60 - 120
mierne vlhká oblasť	0 - 60
mierne suchá oblasť	-20 až 0
suchá oblasť	-40 až -20
veľmi suchá oblasť	menej ako -40

1.4.6 Vlahový agroklimatický ukazovateľ

Agroklimatický vlahový ukazovateľ $K_{VI-VIII}$ [mm] je daný rozdielom potenciálneho výparu a úhrnu zrážok v letných mesiacoch VI-VIII, $Z_{VI-VIII}$. Spracovanie potenciálnej evapotranspirácie je podľa vzťahu Budyko-Zubenokova (Tomlain, 1997).

1.4.7 Hodnotenie vodného režimu prostredníctvom relatívnej evapotranspirácie

Evapotranspirácia je meteorologický prvok vyjadrujúci množstvo vody, ktoré sa vyparí do ovzdušia z povrchu pôdy a rastlín za určitý čas. Vyjadruje sa výškou vodného stĺpca v mm, podobne ako atmosférické zrážky. Spolu so zrážkami a odtokom sa podieľa na vodnej bilancii krajiny. Preto údaje o priestorovom a časovom rozložení týchto charakteristík sú dôležitými vstupnými údajmi pre celý rad projektových akcií realizovaných hlavne v lesnom a vodnom hospodárstve, poľnohospodárstve, energetike a v tvorbe a ochrane životného a prírodného prostredia (Špánik - Šiška, 2006).

Optimálne podmienky vodného režimu rastlín všeobecnej a špeciálnej rastlinnej výroby možno veľmi účinne hodnotiť relatívnou evapotranspiráciou, definovanou pomerom aktuálnej (E) a potenciálnej (E_0) evapotranspirácie (E/E_0). Na základe analýz za obdobie rokov 1951-2000 bolo Slovensko rozčlenené podľa vlhkostnej charakteristiky E/E_0 na oblasti: suchá (< 60%), mierne suchá (61-70%), mierne vlhká (71-80%), vlhká (81-90%) a veľmi vlhká (> 91 %). Túto charakteristiku hodnotenia vodného režimu možno využiť v regulácii závlah, v produkčnom modelovaní, v agroklimatickej rajonizácii poľných i záhradníckych plodín. Podľa tohto ukazovateľa hodnotenia vlahového režimu patrí na Slovensku k najsuchším oblastiam Podunajská nížina ($E/E_0 < 60\%$). Smerom k vyšším polohám poľnohospodársky využívaných území Slovenska sa relatívna evapotranspirácia postupne zvyšuje na hodnotu 90% a viac. Patrí sem Orava a územia nad 900 m. n. m. (Tomlain et al., 2004).

1.4.8 Hodnotenie zrážok podľa klimatického normálu

Klimatologické hodnotenie jednotlivých časových období (mesiac, rok, desaťročie) sa opiera o kontinuálne rady pozorovaní, ktoré sú štatisticky spracované. Na základe štatistických analýz môžeme určiť percento pravdepodobnosti výskytu pozorovaných javov či hodnôt, ako aj celkový teplotný či zrážkový charakter konkrétnej periódy. Teplotný charakter mesiaca môžeme určiť napríklad na základe smerodajnej odchýlky (kladná alebo záporná

teplotná odchýlka od normálu, resp. priemeru). Hranica intervalov odchýlok priemernej teploty vzduchu od normálu alebo dlhodobého priemeru určujeme na základe tabuľky klimatologického zabezpečenia. Hovoríme, že jav je normálny, ak je v intervale zabezpečenia 25-75 %, nadnormálny 10-25 %, silne nadnormálny 2-10 %, mimoriadne nadnormálny (menej ako 2 %) a pod. Normál, ktorý je jednou zo základných klimatologických charakteristík, je vypočítaný na základe medzinárodne dohodnutých metodík pre štandardné a iné normálové obdobia. Za štandardný klimatologický normál sa podľa odporúčania Svetovej meteorologickej organizácie považujú priemery meteorologických prvkov z tridsaťročných intervalov (1901-1930, 1931-1960, 1961-1990). Okrem normálov sa v klimatológii používajú aj krátkodobé priemery (napr. 10, 20 ročné) a dlhodobé priemery (50, 100 a viac ako 100 ročné). Na základe porovnávania aktuálnych priemerov s dlhodobými radmi pozorovaní postupujeme aj pri iných meteorologických prvkoch (pri atmosférických zrážkach je to napr. celkový mesačný úhrn zrážok) (SHMÚ, 2009).

Na IV. celoštátnej meteorologickej konferencii v Bratislave (1957) boli schválené klimatické charakteristiky zrážok podľa percentuálnych odchýlok od normálu uvedených v Tab. 8 :

Tab. 8 Charakteristiky mesiacov podľa percentuálnych odchýlok zrážok od normálu

Charakteristika mesiaca	Úhrn zrážok v intervale
normálny	75 – 125 % normálu
vlhký	126 – 150 % normálu
veľmi vlhký	151 – 200 % normálu
mimoriadne vlhký	nad 200 % normálu
suchý	50 – 74 % normálu
veľmi suchý	25 – 49 % normálu
mimoriadne suchý	pod 25 % normálu

2 Cieľ práce

Cieľom tejto práce je posúdiť zmeny vlhových pomerov v rokoch 1881 – 2007 v lokalite Hurbanovo formou hodnotenia výskytu extrémnych suchých období ovplyvňovaných klimatickou zmenou.

3 Metodika práce

V posledných desaťročiach dochádza k postupným zmenám energetickej, ale aj vodnej bilancie a to hlavne v nadväznosti na klimatickú zmenu. Preto vznikla potreba hodnotenia vodného režimu aj formou výskytu a zmien suchých období v konkrétnych agroklimatických podmienkach Slovenska.

Ako uvádza vo svojej práci Klementová (2001), Hurbanovo je z agroklimatického hľadiska na základe zhodnotenia agroklimatického vlahového ukazovateľa definované ako oblasť veľmi suchá, s pomerne častými výskytmi suchých období. Preto som sa rozhodla v práci zhodnotiť výskyt extrémne suchých období, kde som nadviazala na výsledky spracované Pekárom a kol. (2008). V rade denných zrážkových úhrnov sa spočítali periódy bez zrážok trvajúce 30 a viac dní za obdobie 1881–2007. Podľa Petroviča a kol. (1960), perióda sucha nie je prerušená, ak v nej spadnú zrážky s denným úhrnom pod 1 mm.

Hurbanovo leží v prútovitom povodí Žitavy, v jeho nížinnej časti s nadmorskou výškou 115 m. n. m., reprezentuje pomerne širokú oblasť Podunajskej nížiny, je to oblasť prevažne využívaná poľnohospodársky. Zo SSZ povodie vymedzuje Nitrianska pahorkatina, zo S pohorie Tríbeč, SSV Pohronský Inovec a zo SV a V Pohronská pahorkatina.

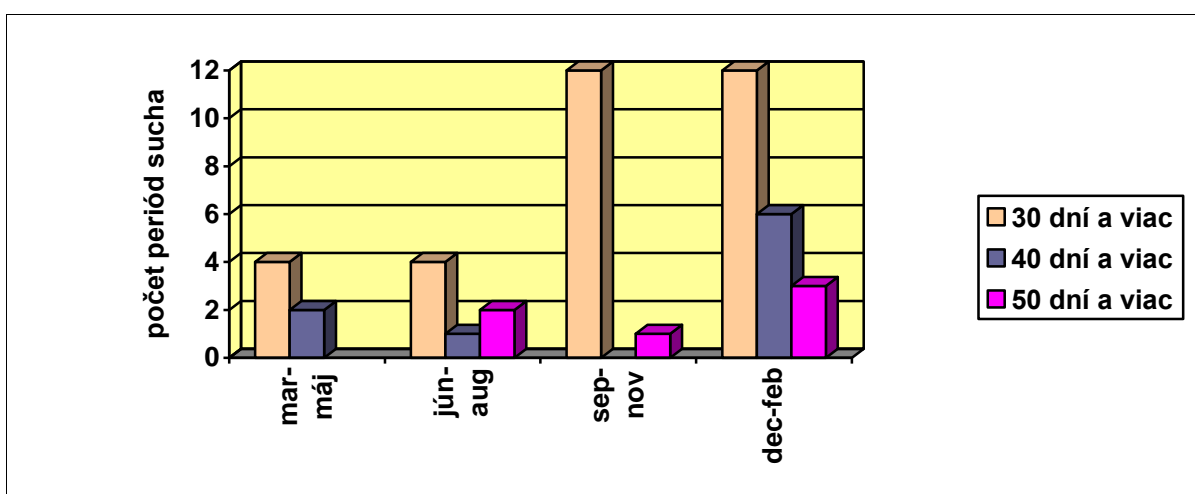
Celkové porovnanie suchých období bude spracovávané podľa:

- a) dĺžky periódy sucha: 30 dní a viac, 40 dní a viac, 50 dní a viac,
- b) desaťročí: 1881 – 1890, 1891 – 1900, 1901 – 1910, 1911 – 1920, 1921 – 1930, 1931 – 1940, 1941 – 1950, 1951 – 1960, 1961 – 1970, 1971 – 1980, 1981 – 1990, 1991 – 2000, 2001 – 2007
- c) kalendárne definovaných vegetačných častí roka: jar (III.-V. mesiac), leto (VI.-VIII. mesiac), jeseň (IX.-XI. mesiac), zima (XII.-II. mesiac).

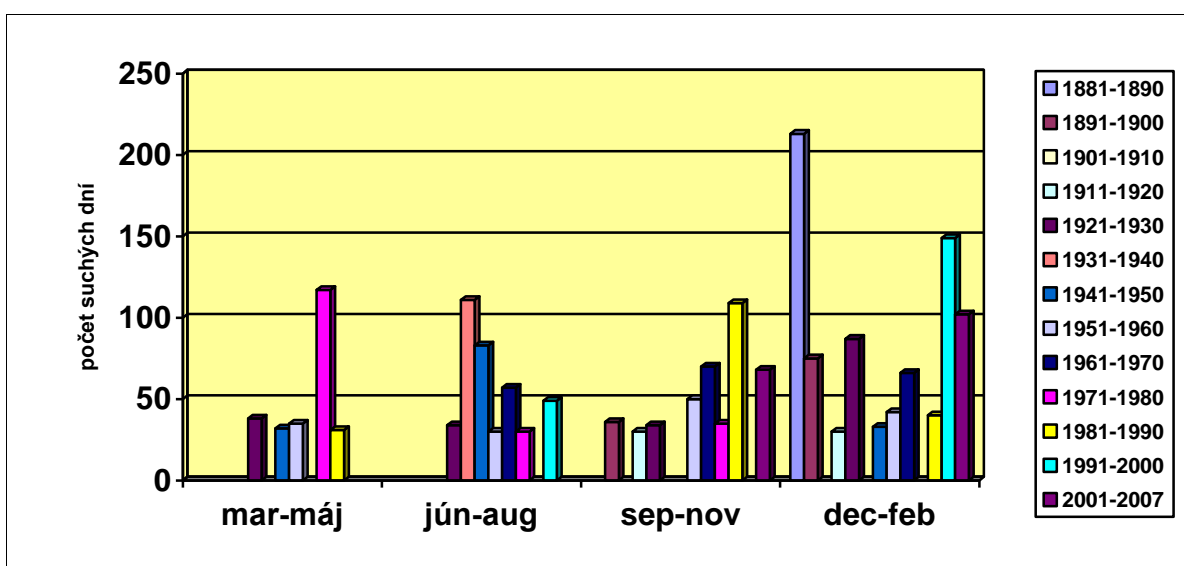
4 Výsledky práce

Výskyt a počet extrémnych suchých periód v ročných obdobiach hodnoteného časového radu rokov 1881-2007 zobrazujú Obr. 2 a Obr. 3. Z uvedeného vyplýva najčastejší výskyt sucha v období zimy, teda mesiacov december až február, kedy vidíme značné a početné zastúpenie periód trvajúcich 30, 40 a 50 dní a viac. Na Obr. 3 vidno silu týchto zimných mesiacov v každom desaťročí.

Najväčší počet dní (213) bez zrážok sa vyskytol v zimnom období v rokoch 1881-1890. Naopak najnižšie hodnoty (30) čo sa týka počtu suchých dní boli zaznamenané v letnom období a to v rokoch 1971-1980, a rovnako aj v jesennom období rokov 1911-1920.

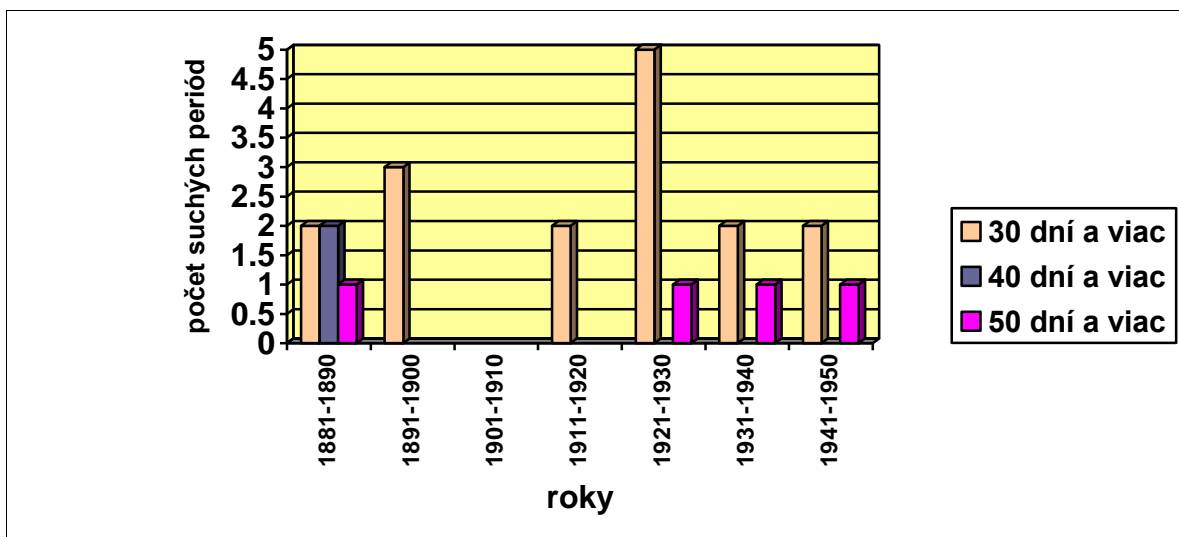


Obr. 2 Počet periód sucha vyskytujúcich sa v jednotlivých ročných obdobiach (1881-2007, Hurbanovo)

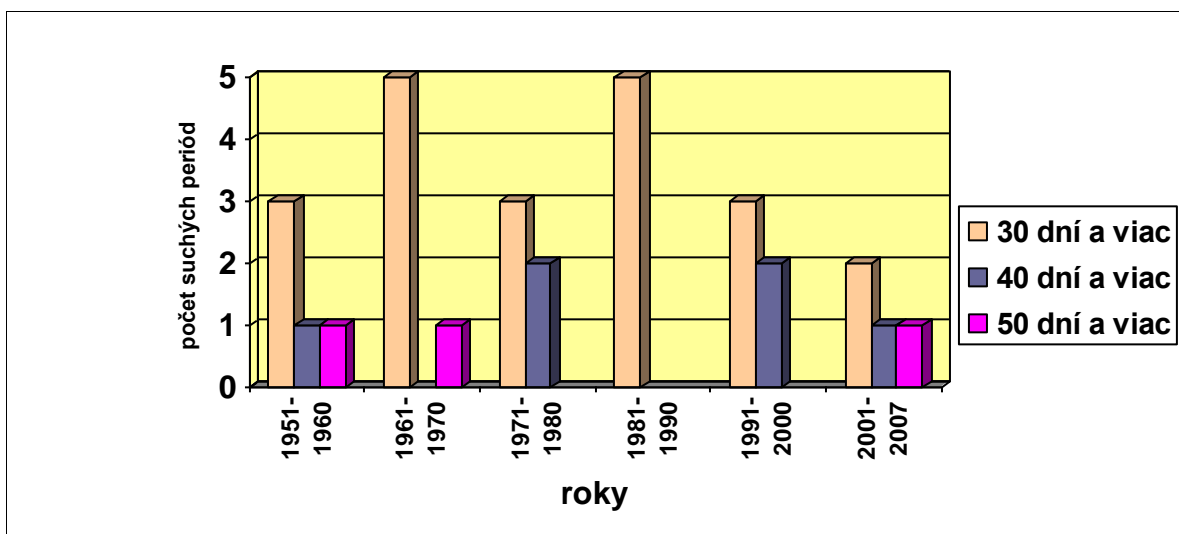


Obr. 3 Počet suchých dní v jednotlivých ročných obdobiach po desaťročiach (1881-2007, Hurbanovo)

Na Obr. 4 a Obr. 5 sú vykreslené počty extrémnych suchých periód v trvaní 30 dní a viac pre jednotlivé dekády a posledných 7 rokov sledovaného obdobia. Priemerný výskyt týchto období je 3 - 5 a je pozoruhodné, že v desaťročí 1901 až 1910 sa nevyskytla žiadna takáto perióda. Suché periódny v trvaní od 50 do 59 dní bez zrážok sa vyskytli 6 krát a od 60 do 90 dní 1 krát za 130 rokov meraní v Hurbanove, t.j. približne jedna takáto udalosť za 20 rokov.

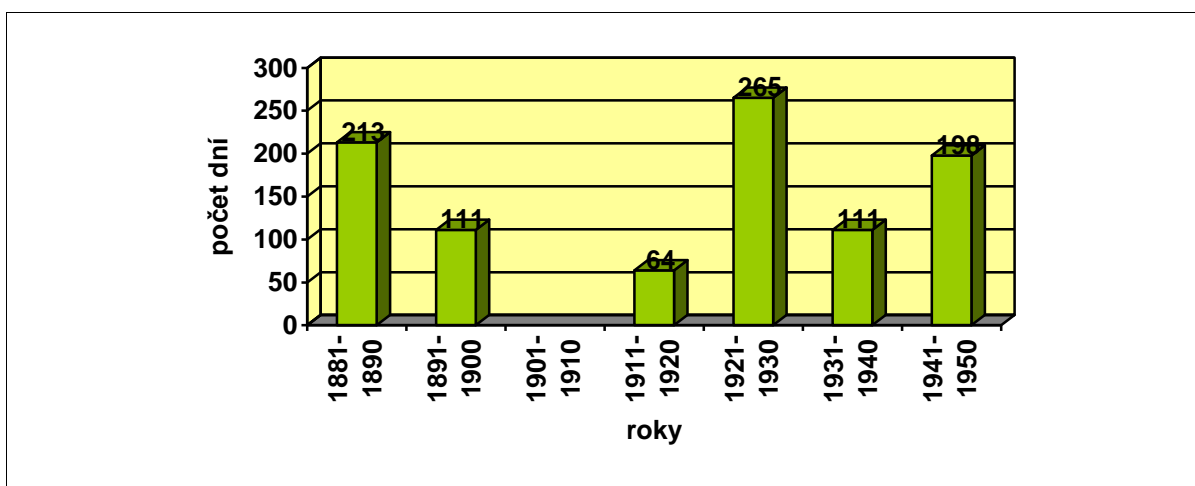


Obr. 4 Počet suchých periód po desaťročiach v období rokov 1881-1950, stanica Hurbanovo

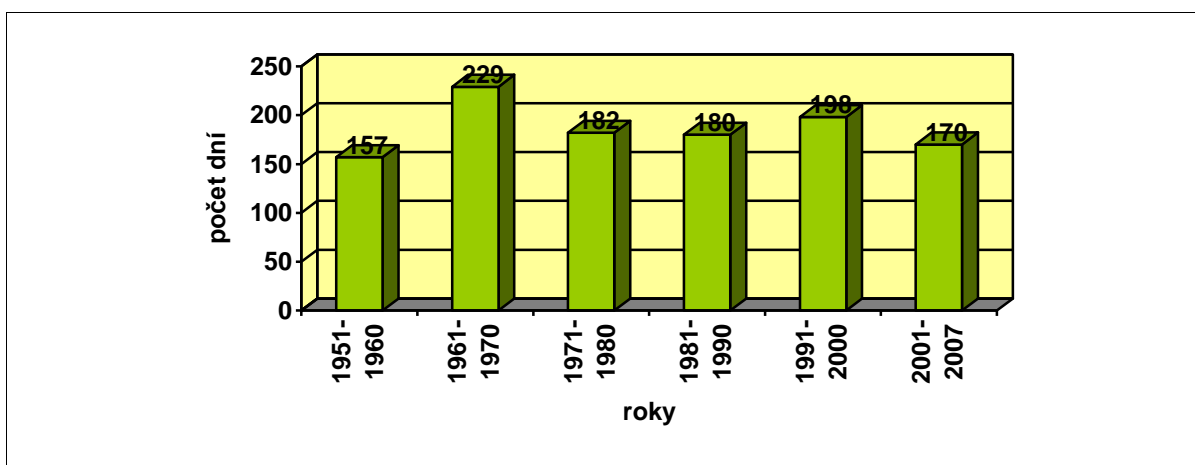


Obr. 5 Počet suchých periód po desaťročiach v období rokov 1951-2007, stanica Hurbanovo

Celkový počet dní v suchých periódach zobrazujú Obr. 6 a Obr. 7, kde možno pozorovať najväčší počet suchých dní, t.j. 265 za desaťročie od roku 1921 do roku 1930. Za zmienku stojí fakt, že v roku 1947 sa vyskytlo najdlhšie obdobie sucha v trvaní 83 dní. V tomto roku v Hurbanove zrážkový úhrn vo vegetačnom období bol iba 148 mm, čo voči dlhodobému normálu predstavuje zrážkový deficit 170 mm a priemerná kladná odchýlka teplôt mala hodnotu 2,2 °C. Takéto sucho spôsobuje najväčšie škody v poľnohospodárstve.



Obr. 6 Celkový počet dní v suchých periódach (Hurbanovo, 1881-1950)



Obr. 7 Celkový počet dní v suchých periódach (Hurbanovo, 1951-2007)

Pre doplnenie spracovaných údajov ďalej uvádzam Tab. 9 s presnými dátumami začiatku dní bez zrážok a ich trvanie, ktorú som prevzala z práce Pekára a kol. (2008).

Tab. 9 Dátumy začiatku výskytu obdobia bez zrážok nad 30 dní a počet dní bez zrážok, stanica Hurbanovo

Dátum začiatku	počet dní	Dátum začiatku	počet dní	Dátum začiatku	počet dní	Dátum začiatku	počet dní
22.XII.1881	58	24.VIII.1926	34	1.I.1964	31	8.X.1988	36
8.I.1887	42	28.II.1929	31	30.IX.1965	35	9.I.1989	40
2.XII.1888	39	10.VI.1932	30	7.IX.1966	36	1.I.1991	36
8.II.1889	41	3.VIII.1932	50	21.I.1968	35	13.II.1991	34
28.I.1890	33	17.VII.1933	31	29.VIII.1969	57	14.VII.1992	49
27.X.1892	36	26.VII.1947	83	28.VII.1973	30	5.I.1997	38
18.I.1896	37	10.II.1949	33	25.III.1975	41	23.I.1998	41
1.XII.1897	38	2.III.1950	32	9.III.1976	44	5.II.2003	59
4.II.1913	34	6.IV.1952	30	23.X.1978	35	14.X.2005	34
22.X.1920	30	5.III.1953	35	6.V.1979	32	20.IX.2006	34
8.III.1921	34	7.XI.1953	50	27.III.1981	31	17.XII.2006	43
19.IX.1921	34	10.I.1959	42	18.X.1983	39		
5.XII.1924	56	13.IX.1961	35	10.IX.1985	34		

Z vyššie uvedenej tabuľky vyplýva, že extrémne periódy sucha a síce periódy bez zrážok v trvaní 30 dní a viac sa nevyskytujú v každom roku v sledovaných desaťročiach, avšak vzhľadom k ich dĺžke trvania zasahujú do niekoľkých mesiacov v danom roku, čo by v prípade výskytu v každom roku už nebolo únosné pre dané pestované plodiny. V súvislosti s celkovým počtom dní suchých periód v jednotlivých desaťročiach možno z teoretického a veľmi všeobecného hľadiska konštatovať, že ich výskyt je približne rovnaký a tým sa desaťročia navzájom vyrovnávajú. Je však dôležité pozorovať, v ktorých obdobiach roka sa tieto vyskytujú a ako zasahujú do vegetačného obdobia plodín.

5 Diskusia

Na základe vyhodnotenia extrémne suchých períód v lokalite Hurbanovo možno konštatovať rad zistených skutočností, ktoré sú ale len na teoretickej úrovni a vychádzajú zo štatistického spracovania prevzatých výsledkov.

Klementová (2001) vo svojej práci použila na zhodnotenia sucha v oblasti Hurbanovo (za obdobie rokov 1931-1990) Langov dažďový faktor a tiež využila vzťah Köppen-Gregora. Na základe ktorých dospela k záverom, že vo všeobecnosti sa oblasť Hurbanova nejaví ako suchá v dôsledku nedostatku zrážok, no toto tvrdenie ďalej vyvracia posudzovaním prostredníctvom Minařovej vlahovej istoty, ktorá poukazuje na oblasť veľmi suchú. Uvádza tiež, že suché obdobia sa z dlhodobého hľadiska kumulujú len do niekoľkoročných období. Rovnako ako moja práca poukazuje na najsuchšie roky a to 1947 až 1952. Z uvedených vyhodnotení v mojej práci vidno, že aj napriek týmto extrémnym rokom sa desaťročia, v ktorých sa vyskytujú, nejavia ako najextrémnejšie. Aj táto skutočnosť poukazuje na potrebu hodnotenia períód sucha v konkrétnejšom zmysle.

Vo svojej práci som vyhodnotila periódy sucha len z hľadiska výskytu zrážok, ale ako ďalej uvádza Klementová, pri všeobecnom posudzovaní sucha treba prihliadať aj na hodnotenie bilancie vody v pôde. Pretože prostredníctvom obsahu vody v pôde sa pohľad na sucho mení. Pôda má schopnosť si za určitých podmienok udržiavať požadovanú vlhkosť. Je to spôsobené priebehom zásob vody v pôde v jednotlivých horizontoch. No aj tieto činitele sa navzájom ovplyvňujú. Na základe prihliadnutia na tieto skutočnosti možno povedať, že ak je nedostatok zrážok (alebo ak naberajú nulové hodnoty), nemusí to ešte celkom znamenať suchu neúnosnú pre rastliny, keďže pôda má ešte svoje zásoby vody. Pravdaže, toto konštatovanie je veľmi jednoduché a v skutočnosti je ovplyvňované ďalším radom faktorov.

Vyhodnotenie celkového počtu dní bez zrážok pre desaťročia sledovaného obdobia poukazuje na neustálenosť výskytu daných períód v období od roku 1881 až do roku 1940. Dá sa povedať, že od roku 1940 sa početnosť týchto dní ustálili, no hovoríme stále len o ich výskyte po desaťročiach. Viac sa dá konkretizovať na základe štatistického vyhodnotenia ich výskytu podľa ročných období. Na výsledkoch vidieť kumulovanie dní bez zrážok najmä na zimné a menej na jesenné obdobie, ktoré sa tiež prejavilo aj takmer v každom desaťročí. Ak sa sústredíme len na počty períód, môže sa ich množstvo v prvom pohľade javiť ako pomerne malé, ale treba si uvedomiť ich trvanie. Práve z dĺžky trvania je zrejmé, že suchu je častejším javom ako vlhko. V tejto súvislosti je nutné pripomenúť, že v práci som neprihliadala aj na periódy s trvaním 5 dní a viac, 10 dní a viac, 15 dní a viac. Na druhej strane však

v posledných 7 rokoch sledovaného obdobia vidno pokles opakovaní suchých období, ale opäť sa objavuje dĺžka trvania 50 dní a viac a to konkrétne v roku 2003.

Vychádzajúc z teoretických skutočností spomenutých v kapitole 1 a podkapitole 1.3, posudzovanie sucha je zložité a výsledky sa líšia, pretože rôzni autori hodnotili sucho z rôznych aspektov. Rovnako teda aj hodnotenie v tejto bakalárskej práci nemusí korešpondovať z hodnoteniami v iných prácach, a to najmä z dôvodu upriamenia sa len na štatistické zhodnotenie extrémnych períód sucha v lokalite Hurbanovo.

6 Záver

Definovanie sucha je podmienené vymedzením pojmu a rozborom prvkov, ktoré ho podmieňujú. V súčasnosti chýba jednotná a špecifická definícia na posudzovanie sucha, preto sa sucho posudzuje z rôznych hľadísk a kvantifikuje sa rôznymi údajmi. Rozlišujeme základné typy sucha, a to miestne a klimatické. Posudzovanie klimatického sucha vychádza z oblastných podmienok, ovplyvňovaných meteorologickými a klimatickými pomermi. Pre miestne sucho sú to hydrologické, orografické, hydropedologické alebo hospodárske podmienky. Vo všeobecnosti by zjednodušená definícia mohla charakterizovať sucho ako deficit vody s určitou dobou trvania.

Dopad klimatických podmienok a s nimi súvisiacich klimatických zmien je rôzny, či už kladný alebo záporný. V prvom rade je nutné ich posudzovať komplexne a vyvíjať snahy na ich zmierenie.

V pozadí prebiehajúcich klimatických zmien a následným skúmaním sucha (jeho výskyt, závažnosť a množstvo prirodzených atmosférických zrážok) som sa v práci zaoberala hodnotením výskytu extrémnych suchých období s dĺžkou trvania 30 dní a viac, 40 dní a viac, a 50 dní a viac v lokalite Hurbanovo za obdobie rokov 1881-2007.

Analýzou bol zistený najčastejší výskyt suchých období 30 dní a viac, ktoré sa najviac sústreďujú do jesenno-zimného obdobia, t.j. mesiace september až február. Pozoruhodný je výskyt období s trvaním 40 dní a viac. Aj keď ich výskyt nie je zanedbateľný, svojou početnosťou ich predčili obdobia s dĺžkou trvania 50 dní a viac. Z tohto obdobia je nutné poukázať na najdlhšie trvajúce sucho, ktoré sa vyskytlo v roku 1947 s 83 dňovou dĺžkou trvania. Zo všeobecného hľadiska sa posudzované extrémne obdobia vyskytli takmer v každom desaťročí, okrem rokov 1901 až 1910. Možno konštatovať, že počet dní s uvedenými dĺžkami trvania bez zrážok nemá stúpajúcu tendenciu, ani klesajúcu, avšak v posledných 7 rokoch sledovaného obdobia sa vyskytujú všetky 3 typy suchých období.

Získané výsledky a ich analýza sú prvotným podkladom pre pokračovanie danej témy v diplomovej práci, kde sa budem obdobiami sucha v Hurbanove venovať v užšom zmysle. Možno ich však využiť ako teoretický podklad pre konkrétnejšie riešenie výskytu období bez zrážok a následné navrhnutie riadenia režimu závlah.

Použitá literatúra

ANTAL, J. – ŠPÁNIK, F. a kol. 2004. Hydrológia poľnohospodárskej krajiny. 2. vyd. Nitra: SPU, 2004. 250 s. ISBN 80-8069-428

ANTAL, J. 1998. Agrohydrológia. Nitra: SPU. 1996.

BRABLEC, J. 1948. Príspevek k výzkumu a zjistení suchých oblastí ČSR. *Meteorologické zprávy*. 1948. roč. II. č. 5. s. 104.

BURGER, F. 2005. Koncept a identifikácia hydrologického sucha - deficitu podzemnej vody. *Acta Hydrologica Slovaca*, 6, 1, 3–10.

DEMETEROVÁ, B.- ŠKODA, P. 2004. Porovnanie vybraných denných prietokov v období 1961–2000 a 1931–1980 na území Slovenska. Režim minimálnych prietokov na slovenských tokoch v období. *Met. Čas.*, 7, 137–142.

HRAŠKO, J. – BEDRNA, Z. 1988. Aplikované pôdoznalectvo. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1988. 474 s.

HRAŠKO, J. a kol. 1962. Rozbory pôd. 1. vyd. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry. 1962. 342 s.

HRVOL, J. - TOMLAIN, J. 2008. Dlhodobý chod indexu sucha na vybraných staniách Slovenska za obdobie 1951–2007. In: 16. Medzinárodný posterový deň. ÚH SAV. Bratislava. 225–231.

KLEMENTOVÁ, E. 1990. Hodnotenie vybraných oblastí indexom sucha. ZS VÚ II-5-6/0301.4, Bratislava KHM SvF 1990, 23s.

KLEMENTOVÁ, E. - LITSCHMANN, T. 2001. Výsledky hodnotenia sucha v oblasti Hurbanova. Rožnovský, J., Janouš, D. (ed): Sucho, hodnocení a predikce. Pracovní seminář, Brno 2001

KOBZOVÁ, E. 1998. Počasí. 1. vyd. Olomouc: Rubico, 1998. 276 s. ISBN 80-85839-26-1

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

KURPELOVÁ, M., COUFAL, L., ČULÍK, J.(1975): Agroklmatické podmienky ČSSR. Príroda, Bratislava, 266s.

KUTÍLEK, M. 1978. Vodohospodářská pedologie. 2. prepracované vyd. Praha: SNTL, ALFA 1978. 295s. ISBN 04-721-78

LAPIN, M. 2010. Čo rozumieme pod pojmami „zmeny“ a „zmena klímy“. Akademický repozitár. Dostupné na internete: < <http://www.akademickyrepozitar.sk/Milan-Lapin/Co-rozumieme-pod-pojmami-zmeny-a-zmena-klimy>> [cit. 1.4.2010]

LEŠKOVÁ, D. 1997. Selected statistical and probability characteristics of low flow. SVH, SHMÚ Bratislava, 57.

MELO, M., LAPIN, M., DAMBORSKÁ, I. (2007): Končekov index zavlaženia ako možný indikátor aridizačných trendov v krajine. In: Acta Hydrologica Slovaca, ročník 8, č. 2, Bratislava, 2007, s. 224 – 230

METELKA, L. – TOLASZ, R. 2009. Klimatické zmeny: fakta bez mýtů. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí, 2009. ISBN 978-80-87076-13-2

NETOPIL, R. a kol. 1984. Fyzická geografie. Praha: SPN. 1984. 272 s.

PATASSIOVÁ, M. - KLEMENTOVÁ, E. 2001. Hodnotenie výskytu sucha a analýza zrážok pri jeho výskyte. Acta Hydrologica Slovaca 2001, roč.2. č.2. UH SAV Bratislava, 2001. s.198-205. ISSN 1335-2563

PEKÁR, J. a kol. 2008. Analýza zmien štatistických charakteristík denných úhrnov zrážok na stanici Hurbanovo v rôznych obdobiach. Acta Hydrologica 2008. roč.9. č.1. UH SAV Bratislava, 2008. s.77 - 88

RACKO, S. Periódy sucha v Humennom. SHMÚ. Dostupné na internete:< <http://www.chmi.cz/meteo/om/mk/prace/persuch/persuch.html> > [cit. 3.4.2010]

SMAKHTIN, V.U. - HUGHES, D.A. 2007. Automated estimation and analyses of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data. Environmental Modelling & Software, 22/6, 880–890.

SHMÚ. 2010. Analýzy historického počasia. Dostupné na internete: <<http://www.shmu.sk/sk/?page=1074>> [cit. 23.1.2010]

SOBÍŠEK, B. a kol. 1993. Meteorologický slovník, výkladový a terminologický. 1. vyd. Praha: Academia, 1993. 594 s. ISBN 80-85368-45-5

STŘELCOVÁ, K., ŠKVARENINA, J., BLAŽENEC, M. (eds.): “BIOCLIMATOLOGY AND NATURAL HAZARDS” International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, September 17 - 20, 2007, ISBN 978-80-228-17-60-8

ŠPÁNIK, F. – ŠIŠKA, B. a kol. 2006. Biometeorológia. 2. vyd. Nitra: SPU, 2006. 227 s. ISBN 80-8069-794-9

ŠÚTOR, J., GOMBOŠ, M., MATI, R., TALL, A., IVANČO, J. 2007. Voda v zóne aerácie pôd Východoslovenskej nížiny. Bratislava: Michalovce, ÚH SAV, 279 s.

ŠÚTOR, J.- REHÁK Š. 1999. Evaluation of disposable water supply in soil for biosphere in the area of Žitny ostrov. In : Scientific Papers of the Research Institute of Irrigation Bratislava, No 24, 1999, s. 173-187.

TATE, E.L. - GUSTARD, A. 2000. Drought definition: a hydrological perspective, In: Drought and Drought Mitigation in Europe (ed. by J.V.Vogt and F.Somma), Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 23-48.

TOMLAIN, J. (1997): Rozloženie evapotranspirácie na území Slovenska za obdobie 1961-1990. Podzemná voda, N 3/I, 1997, Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava.

TOMLAIN, J. – ŠPÁNIK, F. – VALŠÍKOVÁ, M. 2004. Relative evapotranspiration-a suitable indicator of water regime evaluation of the agricultural landscape. In: Acta horticulturae et regioteecturae. roč. 6. č.2. Bratislava: 2003. s. 32-35