

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA
Katedra krajinného inžinierstva

Vplyv klimatickej zmeny na potrebu závlahy v povodí rieky Žitava

Autoreferát dizertačnej práce
na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor
vo vednom odbore: 41-96-9
Krajinné inžinierstvo

Ing. Beáta Novotná

Nitra 2004

Dizertačná práca bola vypracovaná v internej a externej forme doktorandského štúdia na Katedre krajinného inžinierstva Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Predkladateľ: Ing. Beáta Novotná
Katedra krajinného inžinierstva, FZKI SPU Nitra

Školiteľ: prof. Ing. Dušan Húska, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Oponenti: prof. Ing. František Špánik, CSc.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
FZKI – KBH
Mariánska 10
949 76 Nitra

RNDr. Štefan Rehák, CSc.
Hydromeliorácie, š. p.
Vrakunská 29
825 63 Bratislava 211

RNDr. Július Šútor, DrSc.
Ústav hydrologie SAV
Račianska 75
830 08 Bratislava

Autoreferát bol rozoslaný:

Stanovisko k dizertácii vypracovala Katedra krajinného inžinierstva, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Obhajoba dizertačnej práce sa koná.....o.....hod. pred komisiou pre obhajoby dizertačnej práce v odbore doktorandského štúdia 41-96-9 Krajinné inžinierstvo, vymenovanou predsedom spoločnej odborovej komisie dňa.....

Miesto konania obhajoby: Katedra krajinného inžinierstva
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva SPU Nitra
Hospodárska 7
949 76 Nitra

S dizertačnou prácou sa možno oboznámiť na dekanáte Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva, SPU Nitra.

prof. Ing. Jozef Stred'anský, DrSc.
predseda spoločnej odborovej komisie
FZKI SPU Nitra

Abstract

In the thesis are analysed present and in the future expected water management relationships of Žitava river basin (903 km²) by the physical model WaSiM-ETH with simulation step one day. Contemporaneity in simulations had been represented by the time series of years 1951-1980. For the future it had been set time horizons to the years 2010, 2030 and 2075 according to scenarios of climate change CCCM (Canada) and GISS (USA). Direct measurements of actual background characteristics had been realized in years 1994-1999.

Input bases for analysis create data about spatial land exploitation, about soil, topographic, hydrologic and climatic relationship of the analysed area.

From analyses result many changes of hydrologic (discharge) and climatic (air temperature, precipitation, evaporation a.o.) components and characteristics, bring about assumed climate change in the present time and in the future.

On the base of model results it had been changed climatic characteristics applied on the crop rotations, which had been proposed for Žitava river basin and by its structure the best represents structure of cultivated agriculture plants at the present time. Crop rotations had been proposed for irrigation conditions, while it had been suggested with the potential climate change negative consequences reduction by irrigation. At the calculation of the water amount reservation required for irrigation of individual plants, it had been considered with already existing water reservoirs, which are located in the river basin, whether for the present, or for changed climate relationship. An advantage is, that in interested area are constructed spacious irrigation systems, situated near by water reservoirs.

Simulation results realized on the base of individual scenarios applications had been compared with the present water management balances of all 9 evaluated water reservoirs. Differences in results are related to the change of the river basin climate relationship and required water guarantee amount change for irrigation consumptions according to individual scenarios.

On the base of results it is supposing, that climate change by its negative influence affects permanently on the water management relationship in the area and it will influence on quantitative and qualitative water resources in Žitava river basin.

Abstrakt

V práci sú analyzované súčasné a v budúcnosti predpokladané vodohospodárske pomery povodia rieky Žitava (903 km²) fyzikálnym modelom WaSiM-ETH s denným krokom simulácie. Súčasnosť v simuláciách bola reprezentovaná referenčným radom rokov 1951-1980. Pre budúcnosť boli vytypované časové horizonty k rokom 2010, 2030 a 2075 podľa scenárov klimatickej zmeny CCCM (Kanada) a GISS (USA). Priame merania aktuálnych charakteristík prostredia boli realizované v rokoch 1994-1999.

Vstupné podklady k analýzám tvoria údaje o plošnom využívaní krajiny, pôdnych, topografických, hydrologických a klimatických pomeroch analyzovaného územia.

Z analýz vyplynuli početné zmeny hydrologických (odtok) a klimatických (teplota vzduchu, zrážky, výpar a i.) prvkov a charakteristík vyvolané u v súčasnosti sa prejavujúcou a v budúcnosti predpokladanou klimatickou zmenou.

Na základe výsledkov modelu boli zmenené klimatické charakteristiky aplikované na oševné postupy, ktoré boli navrhnuté pre povodie rieky Žitava a svojou štruktúrou najlepšie vystihujú štruktúru v súčasnosti pestovaných poľnohospodárskych plodín. Oševné postupy boli navrhnuté pre závlahové podmienky, pričom sa plánovalo s potencionálnym zmiernením negatívnych dôsledkov klimatickej zmeny závlahou. Pri výpočte zabezpečenia množstva vody potrebnej na závlahu jednotlivých plodín, či už pre súčasné, alebo zmenené klimatické pomery, bolo uvažované s už existujúcimi vodnými nádržami nachádzajúcimi sa v povodí. Výhodou je, že v záujmovom území sú vybudované rozsiahle závlahové systémy situované v blízkosti vodných nádrží.

Výsledky simulácií uskutočnené na základe aplikácií jednotlivých scenárov boli porovnané so súčasnými vodohospodárskymi bilanciami všetkých hodnotených 9 vodných nádrží. Rozdiely vo výsledkoch súvisia so zmenou klimatických pomerov povodia a so zmenou zabezpečenia potrebného množstva vody na odbery pre závlahy podľa jednotlivých scenárov.

Na základe výsledkov sa predpokladá, že zmena klímy svojim negatívnym vplyvom trvalejšie pôsobí na vodohospodárske pomery v krajine a ovplyvní kvantitatívne a kvalitatívne vodné zdroje v povodí rieky Žitava.

OBSAH

1.	ÚVOD	3
2.	CIEĽ DIZERTAČNEJ PRÁCE	3
3.	MATERIÁL A METÓDY	4
3.1	Stručná charakteristika záujmového územia	4
3.2	Použitý matematický model	5
4.	SÚHRN VÝSLEDKOV S UVEDENÍM NOVÝCH POZNATKOV	6
4.1	Zhodnotenie trendu priemerných mesačných teplôt vzduchu	6
4.2	Zhodnotenie trendu priemerných zrážkových úhrnov	6
4.2.1	Posudzovanie potreby závlah podľa rôznych kritérií	7
4.3	Kalibrácia a verifikácia modelu	8
4.4	Klimatické scenáre	9
4.5	Modelované zmeny vybraných hydrologických prvkov spôsobené potenciálnou klimatickou zmenou pre celé povodie Žitavy	10
4.5.1	Priebeh úhrnov zrážok podľa scenára CCCM	10
4.5.2	Priebeh úhrnov zrážok podľa scenára GISS	10
4.5.3	Priebeh odtoku podľa scenára CCCM	11
4.5.4	Priebeh odtoku podľa scenára GISS	11
4.5.5	Priebeh aktuálnej evapotranspirácie podľa scenára CCCM	11
4.5.6	Priebeh aktuálnej evapotranspirácie podľa scenára GISS	12
4.6	Určenie potreby vody na závlahy pre vzorové oševné postupy	12
4.7	Určenie potreby vody na závlahy pre vzorové oševné postupy a bilancie vodných nádrží na základe klimatických scenárov	13
4.8	Vodné nádrže – vodohospodárska bilancia	14
5.	NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV PRE ĎALŠÍ ROZVOJ VEDY	16
5.1	Odporúčania pre prax	16
5.2	Odporúčania pre ďalší vedecký výskum	17
6.	ZÁVER	17
7.	LITERATÚRA CITOVANÁ V AUTOREFERÁTE	18
8.	ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC AUTORKY SÚVISIACICH S RIEŠENOU PROBLEMATIKOU	19

1. ÚVOD

Klimatická zmena je typickým dôsledkom ľudského záujmu o využívanie prírodných zdrojov. Jedným z príkladov je aj využívanie fosílnych palív ako sú uhlie, ropa, zemný plyn, ale aj urán. Počas uplynulého storočia ľudstvo vytlačilo a spálilo obrovské zásoby týchto palív, ktoré sa v prírode vytvorili za milióny rokov. Pri súčasnej úrovni spotreby budú zásoby týchto prírodných zdrojov vyčerpané a môžu ohroziť existenciu ľudstva na Zemi (BĚDI, 1996).

Prírodný a spoločenský život bol neustále formovaný klimatickými zmenami. V minulosti premeny klímy spôsobili obrovské vyhynutia stoviek biologických druhov. Predpokladá sa, že niektoré z dávnych civilizácií vymizli následkom ovplyvnenia podnebia, ktoré viedlo k obmedzeniu zdrojov vody a potravy. Napriek tomu, klimatická zmena, s ktorou sme konfrontovaní v súčasnosti je nezvyčajná. Atmosférická koncentrácia oxidu uhličitého dosiahla najvyššiu úroveň za posledných 150 tisíc rokov a stále narastá. Predpokladá sa, že svet bude v nasledujúcich desaťročiach pravdepodobne vystavený 10-násobne rýchlejšej zmene klímy ako v prípade prirodzených procesov, ktoré prebiehali v minulosti.

Rast koncentrácie tzv. „skleníkových plynov“ a pokračujúci trend zvyšovania antropogénnych emisií predstavuje teda reálnu hrozbu globálnej klíme. Podiel týchto plynov sa vplyvom odpadových plynov z priemyslu v atmosfére zvyšuje, tým sa zachytáva príliš veľa tepelného žiarenia a povrch Zeme sa začína otepľovať. Pretrvávajúca imisná záťaž a zmeny klimatických podmienok spolu s narušovaním ich ochranných vlastností atmosféry pravdepodobne existenčne ovplyvnia ekosystémy v treťom tisícročí. Vyvolaná premena ekologických podmienok bude vo vzťahu k rastlinným spoločenstvám implikovať ovplyvnenie druhej diverzity, ekologickej stability, biochemických cyklov a ekofyziologických procesov, najmä na úrovni hlavnej biotickej zložky ekosystémov.

V čase, kedy sa populácia obyvateľov Zeme zvyšuje a súčasne dochádza k bezpríkladnej likvidácii lesov a iných prírodných systémov, ľudstvo nebude pravdepodobne schopné takéto prírodné premeny zvládnuť. Zmena klímy, ktorej prejav je zrejмый, má negatívny vplyv na vodohospodárske pomery v krajine a ovplyvní kvantitatívne a kvalitatívne vodné zdroje. Ekonomické a iné škody môžu mať pre spoločnosť katastrofálne dôsledky. Otázka, či sa dokážeme s týmto vývojom v budúcnosti vyrovnáť, bude preto nadobúdať na stále väčšom význame..

2. CIEĽ DIZERTAČNEJ PRÁCE

V rámci dizertačnej práce boli vytýčené nasledovné ciele:

1. Overiť vhodnosť modelu WaSiM-ETH na vodnom toku v podmienkach poľnohospodárskeho povodia na Slovensku. Pre praktické použitie, v súvislosti so stanovenými cieľmi a s perspektívnym zabezpečením vodných zdrojov pre poľnohospodársky výskum, bolo zvolené povodie Žitavy, kde sú vybudované závlahové systémy. Tok Žitavy parametizovať, aby sa čo možno najviac zhodoval odtok nameraný a vypočítaný.

2. Zhodnotiť využitie poľnohospodárskeho pôdneho fondu

Vplyv klimatickej zmeny vyhodnotiť na základe skutočných a vypočítaných hodnôt odtoku. Modelom WaSiM-ETH simulované podmienky stanoviť tak, aby sa čo najviac podobali skutočným s vytvorením vzorových osevných postupov a stanovením

bilancie potreby vody pre vybrané druhy rastlín na základe noriem pre doplnkovú závlahu.

3. Zhodnotiť klimatickú zmenu, stanovenú rôznymi scenármi modelom WaSiM-ETH

Spracovať prognózy vývoja klimatických pomerov v povodí predpokladaných v súvislosti s globálnou zmenou klímy na základe distribuovaného, fyzikálne založeného zrážkovo-odtokového matematického modelu WaSiM-ETH s denným krokom simulácie.

4. Vyhodnotiť potrebu vody pre závlahy v záujmovej oblasti (osevný postup pre súčasné a zmenené klimatické podmienky)

Potrebu vody pre zavlažovanie vypočítať pre súčasnosť a s použitím scenárov klimatickej zmeny, simulovať predpokladaný vývoj potreby vody na závlahy k jednotlivým časovým horizontom v budúcnosti.

5. Zhodnotiť disponibilné zásoby vody v záujmovej oblasti (na základe zrážok a odtoku)

Potrebu vody určiť pre modifikované oševné postupy v uvedenej lokalite a pre existujúce vodné nádrže.

3. MATERIÁL A METÓDY

3.1 Stručná charakteristika záujmového územia

Pre výskum bolo vytypované povodie rieky Žitava. Plocha povodia Žitavy je 1.224,0 km² (ŠVP ČSR, 1956). Dĺžka údolia Žitavy je $L = 99,3$ km, charakteristika povodia $\alpha = Sp : L^2 = 0,13$, zalesnenosť povodia je 32%. V území sa nachádza 60,5% poľnohospodársky využívanej pôdy, lesy tvoria 32,48%, intravilán 6,78%, vodné plochy 0,162% a ostatné plochy cca 0,049%. Poľnohospodárska plocha je využívaná na pestovanie poľných plodín, ale vyskytujú sa i sady, vinice a intenzívne zeleninárske pestovateľské plochy.

Podľa základných agroklimatických ukazovateľov záujmové územie je zaradené do veľmi teplej agroklimatickej oblasti, veľmi suchej agroklimatickej podoblasti, agroklimatického okrsku prevažne miernej zimy.

V povodí Žitavy úplne prevažujú ťažšie druhy pôdy na pahorkatine. Na svahoch Tríbeča a Pohronského Inovca sú v značnej miere zastúpené ľahšie pôdy. Zastúpené druhy pôd na území povodia sú ílovité pôdy (1,2%), ílovito - hlinité pôdy (10,6%), hlinité pôdy (79,8%), piesočnato - hlinité pôdy (7,6%), hlinito - piesočné (0,8%).

Z typov pôd na území povodia sú zastúpené prevažne hnedozeme (8,7%), černoze (4,9%), rendziny (1,35%), pôdy hnedé (2,0%) a nivné (3,2%).

Celková rozloha lesov v povodí je 25 604 ha, lesnatosť je podpriemerná 32,0 %. Druhovú skladbu lesov v povodí je nasledovná:

Ihličnaté: smrek (0,75%), jedľa (3,5%);

Listnaté: buk (34,0%), dub (57,5%), agát biely (0,75%), ostatné listnáče (3,5%).

Z rozboru poľnohospodárskych plodín podľa genomických typov SR možno povedať, že sa tu pestujú bežné poľné plodiny teplých, nížinných a polosuchých oblastí (kukuričný výrobný typ) a to je napr. pšenica, kukurica na zrnó, slnečnica, jačmeň, kukurica na siláž,

cukrová repa, lucerna, skoré i neskoré zemiaky, vinič hroznorodý, teplomilná zelenina, marhule, broskyne a pod.

Povodie sa vodohospodársky hodnotí ako pasívne povodie. Rieka je typu stredohorského. Vyteká zo stredohôr. Na dolnom toku preteká nížinami. Na rieke Žitava má SHMÚ Bratislava zriadené vodočetné stanice na profiloch: Obyce, Vieska nad Žitavou, Dvory nad Žitavou a profil Radava na toku Liska.

Žitava nezaručuje potrebné množstvo vody nielen pre závlahy, ale ani pre zásobovanie obyvateľstva a priemyslu. Okrem závlah limitovaných vodnými zdrojmi a samotnej úpravy Žitavy, možno ostatnú melioračnú výstavbu hodnotiť ako intenzívnu (Štúdia, 1980). Dôkazom toho je napr. úprava tokov v správe bývalej ŠMS, kde prakticky všetky rozhodujúce prítoky boli upravené. Vzhľadom na nízky režim prítokov Žitavy i jej prítokov, boli závlahy budované výlučne po predchádzajúcej výstavbe malých vodných nádrží na prítokoch Žitavy. V tabuľke 1 je uvedený prehľad malých vodných nádrží v povodí rieky Žitava.

Tabuľka 1: Prehľad malých vodných nádrží v povodí rieky Žitava (JURÍK, 1999)

P.č.	Názov nádrže	Tok	Plocha povodia [km ²]	Plocha závlah projektovaná [ha]	Plocha závlah súčasná [ha]	Chov rýb projektovaný [áno/nie]	Chov rýb súčasný [áno/nie]	V prevádzke od roku	Celkový priestor objem [m ³]
1	Jelenec	Jelenský	11.1	80	80	áno	áno	1969	173 000
2	Slepčany	Čerešňový	56.74	1100	200	-	áno	1986	1 400 000
3	V.Vozokany	Širočina	41.9	300	180	áno	áno	1971	577 500
4	Vráble	Host'ovský	57.4	345	345	áno	áno	1967	884 500
5	Trávnica II	Liska	23			áno	áno	1965	448 000
6	Velčice	Čerešňový	18.7			áno	áno	1966	86 150
7	Čifáre	Telinský	25.5	200	99	áno	áno	1964	270 000
8	Mankovce	Stránka	-	áno	áno	áno	áno	1960	50 000
9	Maňa	Dolinský	8.11	175	-	áno	áno	1966	217 000
10	Melek	Melecký	2.12	-	0	áno	áno	1962	18 450
11	Nemčiňany	Rohožnícky	-	50	50	áno	áno	1967	70 500
12	Nevidzany	Podegerský	10.6	90	150	áno	áno	1964	146 000
13	N.V.N.Žitavou Drevenica		-	100	100	-	-	1985	122 000
14	Tesáre nad Žitavou	Majerský	3.78	-	-	áno	áno	1960	16 000
15	Trávnica	Trávnický	3.58	175	285	áno	áno	1959	270 000

3.2 Použitý matematický model

Na dosiahnutie stanovených cieľov bol použitý model WaSiM-ETH (SCHULLA a JASPER, 1999), distribuovaný a založený na fyzikálnom podklade, s denným časovým krokom, s výpočtom akumulácie snehu a jeho topenia. Rastlinná intercepcia bola modelovaná s použitím tzv. leaf area index v závislosti na intercepčnej zásobe. Infiltračný model bol použitý podľa

Green-Ampt. Priestorové rozlíšenie pravidelnej siete (gridy) bolo zvolené 250x250m pre profil Obyce, 100x100m pre profil Vieska nad Žitavou, 500x500m pre profil Vlkaš.

Na výpočet boli použité časovo konštantné geografické údaje, pričom ich priestorová distribúcia popisuje vlastnosti povodia. Z týchto údajov boli vytvorené jednotlivé vrstvy potrebné pre chod modelu. Digitálny model bol získaný na základe údajov z mapy v mierke 1:50.000, vytvorený programom ARCVIEW-Spatial Analys a importovaný do modelu. Údaje o využití krajiny boli získané z LAND COVER. Údaje o pôdnych druhoch, boli odvodené z bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ) z kódov zrnitosti. Ďalším geografickým údajom bola vrstva lesa, vrstva expozície, odvodená z mapy M 1:50.000; vrstva sklonitosti, odvodená z mapy M 1:50.000, vrstva povrchového odtoku odvodená z mapy M 1:50.000 a vrstva dielčích povodí, vygenerovaná pre každú sekciu hydrologickej siete v programe ARCVIEW a exportovaná do výmenného formátu, ktorý podporuje WaSiM-ETH.

Pre optimálnu konfiguráciu modelu WaSiM-ETH boli použité súbory dát meteorologických údajov od roku 1993 až po rok 1999. Použité boli údaje o teplote vzduchu [$^{\circ}\text{C}$] (priemerné denné hodnoty), o zrážkach [mm/za časový krok], ďalej rýchlosť vetra [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$], globálne žiarenie [$\text{Wh}\cdot\text{m}^{-2}$], tlak pár [mbar], relatívna vlhkosť vzduchu [%], relatívne trvanie slnečného svitu. [1/1]. Štatistické údaje z jednotlivých klimatických staníc boli do programu vložené v súradnicovom systéme JTSK, spolu s údajmi o nadmorskej výške jednotlivých staníc.

Pre výpočet zrážkovej korekcie v predloženej práci boli použité koeficienty regresnej rovnice závislosti korekčného koeficientu K pre opravy systematických chýb meraní zrážok od nadmorskej výšky v m, vypočítaných za obdobie 1965 až 1989 podľa LAPINA et al.(1999).

4. SÚHRN VÝSLEDKOV S UVEDENÍM NOVÝCH POZNATKOV

4.1 Zhodnotenie trendu priemerných mesačných teplôt vzduchu

Teploty vzduchu boli hodnotené na základe priemerných mesačných hodnôt za obdobie 1951-80 a porovnávané s teplotami vzduchu za modelované obdobie 1993-99. Porovnávané údaje sú z klimatických staníc v Hurbanove, Nitre, Podhájskej, Prievidzi, Tesárskych Mlyňanoch, Topoľčanoch a v Žikave. Na všetkých sledovaných klimatických stanicích sa preukázal nárast priemerných mesačných teplôt vzduchu za obdobie január až august, okrem stanice v Žikave, kde bol zaznamenaný pokles priemernej teploty vzduchu o $0,4^{\circ}\text{C}$ v mesiaci marec a v klimatickej stanici Podhájska, kde bol pokles iba o $0,03^{\circ}\text{C}$ v mesiaci marec.

Pri celkovom ročnom hodnotení priebehu bol zaznamenaný nárast priemerných ročných teplôt vzduchu, ako aj teplôt počas letného polroka (LP - mesiace IV-IX) vo všetkých sledovaných stanicích (Hurbanovo $+0,62^{\circ}\text{C}$ a $+0,79^{\circ}\text{C}$ v LP; Nitra $+0,35^{\circ}\text{C}$ a $+0,60^{\circ}\text{C}$ v LP; Podhájska $+0,50^{\circ}\text{C}$ a $+0,87^{\circ}\text{C}$ v LP; Prievidza $+0,11^{\circ}\text{C}$ a $+0,09^{\circ}\text{C}$ v LP; Tesárske Mlyňany $+0,70^{\circ}\text{C}$ a $+0,99^{\circ}\text{C}$ v LP; Topoľčany $+0,81^{\circ}\text{C}$ a $+1,08^{\circ}\text{C}$ v LP a Žikava o $+0,34^{\circ}\text{C}$ a $+0,83^{\circ}\text{C}$ v LP).

4.2 Zhodnotenie trendu priemerných zrážkových úhrnov

Zmena hodnôt atmosférických zrážok je vyjadrená priemernými mesačnými úhrnmi za obdobie 1951-1980 v porovnaní s priemernými mesačnými úhrnmi za modelované obdobie 1993-1999. Zhodnocované klimatické stanice sa nachádzajú v Hurbanove, Nitre, Podhájskej,

Tesárskych Mlyňanoch a v Topoľčanoch. Podľa výsledkov je viditeľný pokles priemerných zrážkových úhrnov v mesiacoch január, február, marec (t. j. pokles o 3,8% za január, 40,16% za február, 9,4% za marec v Hurbanove; 11,38% za január, 33,34% za február, 41,94% za marec v Nitre; 23,27% za január, 45,3% za február, 43,7% za mesiac marec v Podhájskej; o 21,73% za január, 36,92% za február, 40,95 za marec v Tesárskych Mlyňanoch; pokles o 19,06% za január, 28,15% za február a 17,92% za mesiac marec na klimatickej stanici v Topoľčanoch). Naopak nárast úhrnov atmosférických zrážok bol zaznamenaný v mesiacoch apríl a máj na všetkých sledovaných staniaciach. V Hurbanove predstavoval tento nárast 17,5% za mesiac apríl a 23,43% za mesiac máj; v Nitre 41,49% za apríl a 14,36% za mesiac máj; v Podhájskom 39,25% za apríl a 45,86% za máj; v Tesárskych Mlyňanoch 28,25% za apríl a 11,34% za máj; v Topoľčanoch 44,84% za apríl 20,02% za máj. V mesiaci jún bol zaznamenaný mierny pokles priemerných mesačných úhrnov atmosférických zrážok na stanici v Hurbanove, v Nitre a v Tesárskych Mlyňanoch, pričom tento pokles bol najväčší v Tesárskych Mlyňanoch, čo predstavuje približne 23,53 % a najmenší o 0,9 % v Hurbanove, 5,91% v Nitre. Naopak nepatrný nárast priemerného úhrnu atmosférických zrážok v mesiaci jún bol zaregistrovaný na stanici v Podhájskej 0,19%, v Topoľčanoch predstavoval tento nárast 28,02%. Mesiac júl je charakteristický vzostupom zrážok v dolnej časti povodia, teda na staniaciach v Hurbanove 10,39 %, v Nitre 0,75% a v Podhájskej 0,87 %, naopak v hornej a v strednej časti povodia bol zaznamenaný úbytok zrážok (o 14,03% v Tesárskych Mlyňanoch, 15,52% v Topoľčanoch). Mesiac august je charakterizovaný miernym poklesom zrážkových úhrnov vo všetkých hodnotených staniaciach, v Hurbanove o 5,2%, v Nitre o 18,66%, v Podhájskej o 2,8%, v Tesárskych Mlyňanoch o 2,34% a v Topoľčanoch o 9,17%. V mesiacoch september a október výrazne vzrástli zrážkové úhrny v období 1993-1999 oproti obdobiu 1951-1980. V Hurbanove tento nárast predstavuje 51,7% v mesiaci september a 40,03% v októbri. Ešte výraznejší je nárast úhrnov zrážok v Nitre, až 89,57% v septembri a 37,07% v októbri, pričom v Podhájskej je nárast o 44,75% v septembri a 36,89% v októbri; v Tesárskych Mlyňanoch o 38,23% v septembri, o 41,12% v októbri; v Topoľčanoch o 46,89% v septembri a 55,31% v októbri. V mesiaci november bol nepatrný nárast zrážkových úhrnov na stanici v Hurbanove (o 2,01%) a v Podhájskej (o 8,77%), stanice v Nitre, v Hurbanove a Topoľčanoch vykazujú pokles priemerných zrážkových úhrnov, t.j. Nitra o 15,74%, Tesárske Mlyňany o 9,69% a Topoľčany o 12,85%. Úbytok zrážok v mesiaci december bol o 4,55% v Hurbanove, 8,97% v Nitre, o 16,71% v Podhájskej, o 19,97% v Tesárskych Mlyňanoch a o 15,59% v Topoľčanoch.

4. 2. 1 Posudzovanie potreby závlah podľa rôznych kritérií

Pre objektívnejšie stanovenie potreby závlah v skúmanej klimatickej oblasti boli použité nasledovné bilančné a hodnotiace metódy:

- **Kritérium suchosti kraja**, ktoré vychádza z priemerného ročného úhrnu zrážok 694 mm, na základe ktorých sa skúmaná oblasť povodia Žitavy zaraďuje do **humídnej** klimatickej oblasti. Toto zatriedenie je však značne nepresné (BENETIN et al., 1979).
- **Langov dažďový faktor $D_f = 69$** , podľa ktorého je povodie Žitavy zatriedené do **humídneho** typu podnebia. Na základe tohto kritéria je potreba vody pre závlahy v danej oblasti závislá od intenzity poľnohospodárskej výroby a miestnych podmienok.
- **Index zavlaženia** pre podmienky našej republiky zostavil M. Konček. Na základe jeho hodnoty $I_z = 29,25$ sa povodie rieky Žitavy zaraďuje do teplej oblasti – **mierne vlhkej klimatickej podoblasti**.

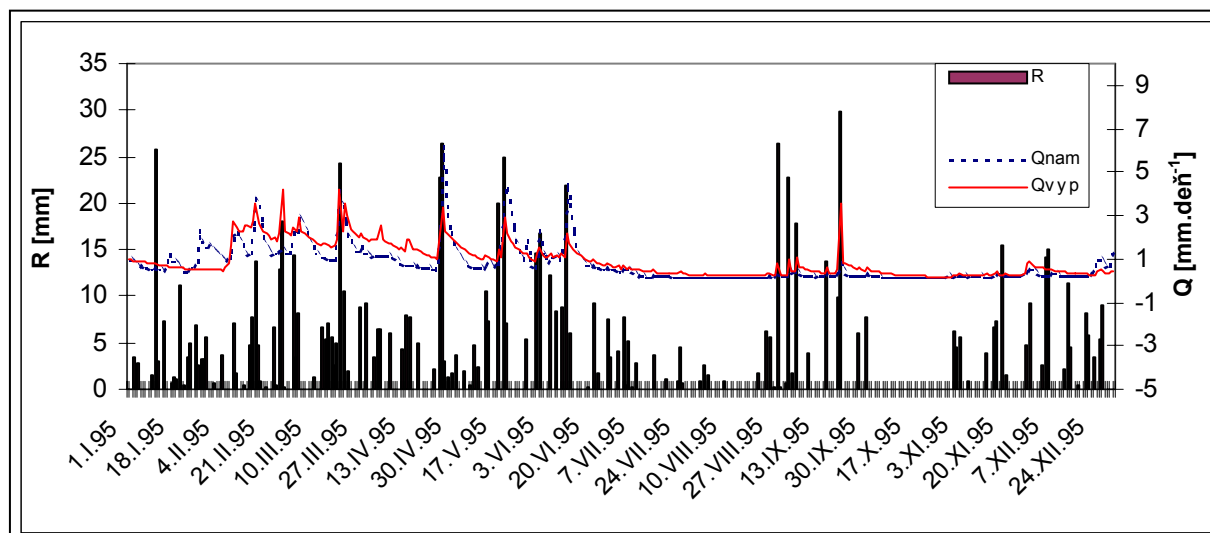
Uvedené spôsoby určovania klimatického sucha sú iba orientačné. Potrebu závlah je potrebné posudzovať na základe komplexného rozboru všetkých rozhodujúcich klimatických faktorov za dlhšie obdobie s využitím štatistických metód. Takto je možné získať podklady pre účelné a ekonomické množstvo závlahovej vody, ktoré je potrebné zabezpečiť a dodať rastlinám (HÚSKA a LÁTEČKA, 1989).

4.3 Kalibrácia a verifikácia modelu

Pre kalibráciu modelu bol náhodne vybraný rok 1995, z dôvodu najlepšieho vystihnúť hodnôt priemerných odtokov v sledovanom období. Pre verifikáciu boli použité roky 1993–1999, pričom boli aplikované rovnaké parametre modelu ako v kalibračnom období. Pri kalibrácii a verifikácii v podmienkach povodia rieky Žitava boli porovnávané hydrologické údaje namerané v jednotlivých profiloch Obyce: (75,49km²), Vieska nad Žitavou (292,21km²) a Vlka (793,51km²). Zhoda meraných a simulovaných hodnôt bola vyhodnotená pomocou koeficientu korelácie R^2 a vyhodnotením rovnice hydrologickej bilancie.

Z analýz citlivosti vykonaných pri kalibrácii modelu, ako aj z výsledkov analýz vykonaných autormi modelu WaSiM-ETH (SCHULLA, 1997, SCHULLA a JASPER, 1999), ako aj podľa KOSTKU (2000) vyplýva, že modelované prietoky sú najcitlivejšie na odpor porastu voči prenosu vodných pár, hraničnú teplotu fázového prechodu z kvapalného na tuhé skupenstvo, alebo opačne, „degree-day faktor pre topenie snehu, hraničnú teplotu topenia snehu.

Spomedzi všetkých hodnotených profilov, simulácie uskutočnené v profile Obyce (75,49 km²) pre obdobie rokov 1993 až 1999 s veľkosťou gridu 250x250m, svojimi priebehmi najlepšie vystihujú skutočný priebeh klimatických i hydrologických charakteristík dielčieho povodia, preto ich možno označiť za výborné. Súvisí to pravdepodobne s tým, že sa jedná o najmenšiu hodnotenú plochu s vysokým rozlíšením a s tým, že plochu takmer celého dielčieho povodia pokrýva zmiešaný les, ktorý svojou štruktúrou najlepšie vystihuje skutočný stav v povodí, pretože vegetácia podstatne ovplyvňuje predovšetkým podiel zložiek aktuálnej evapotranspirácie, intercepcie a transpirácie.



Obrázok 4.3.1: Priebeh nameraných (Q_{nam}) a vypočítaných (Q_{vyp}) prietokov, nameraných teplôt a zrážok v Obyciach pre rok 1995 pre veľkosť gridu 250x250m; $R^2=0.790$, $Q_{nam(priem)}=0.81$, $Q_{vyp(priem)}=0.93$, $n_{nam}=0.85$, $n_{vyp}=0.78$

V hodnotenom profile Vieska nad Žitavou (292.21 km²) sa presnosť vypočítaných prietokov znižuje, aj keď veľkosť gridu je 100x100m, ale aj preto, že vzrástlo percentuálne zastúpenie ornej pôdy nachádzajúcej sa v dielčom povodí. Je možné, že sa nepodarilo vystihnúť skutočnú štruktúru osevu počas hodnotených rokov, preto nastali niektoré nepresnosti vo výpočtoch modelu WaSiM-ETH. I keď rozdiely neboli veľké, ich vplyv bol sezónny i ročný. Celkový priebeh modelom vypočítaných prietokov je však veľmi dobrý.

S veľkosťou čiastočného povodia a rozlíšením 500x500m vzrastá aj počet nepresností vo výpočtoch modelu WaSiM-ETH pre profil Vlkaš (793,51 km²). Nielen veľké zastúpenie ornej pôdy v povodí, ale aj existujúce vodné nádrže, ktoré sa využívajú na účely závlah, i keď voda na závlahy bola prevažne z územia povodia, sú príčinou niektorých nekorektných priebehov prietokov oproti hodnotám prietokov nameraných. Zo všetkých troch sledovaných profilov sa vyznačuje profil Vlkaš najmenšou presnosťou hodnotených vypočítaných prietokov. Aj napriek spomenutým nedostatkom možno označiť simulácie celkovej vodnej bilancie pre daný profil a všetky sledované obdobia rokov 1993 až 1999 ako dobré.

4.4 Klimatické scenáre

V práci boli použité scenáre klimatickej zmeny CCCM a GISS, ktoré najlepšie vyhovujú našim prírodným podmienkam (LAPIN a MELO, 2002). Aplikované boli na priemerné časové rady rokov 1993 až 1999 a na časové horizonty rokov 2010, 2030 a 2075. Aplikované scenáre boli použité pre grid o veľkosti 500x500m na celé povodie Žitavy. Zrážkomerné stanice boli rozdelené na základe nadmorských výšok a umiestnenia v povodí rieky Žitavy. Hodnoty pre Hurbanovo 125m n. m. boli prepočítavané aj pre Dvory nad Žitavou 122 m n.m., hodnoty pre Nitru 135 m n.m., boli použité aj pre stanicu v Želiezovciach 135 m n.m., stanica Podhájska 140 m n.m., bola prepočítavaná samostatne, pre Topoľčany 181 m n.m., Tesárske Mlyňany 190 m n.m., Jelenec 196 m n.m. boli použité údaje z Vrábiel 145 m n.m., pre Mochovce 220 m. n.m. a Žikavu boli použité hodnoty zo Zlatých Moraviec, pre Zlatno 323 m n.m., Jedľové Kostalany 380 m n.m., Veľkú Lehotu 570 m n.m. a Malú Lehotu 600 m n.m. boli použité údaje zo Skýcova 415 m n.m. Rovnaký postup prepočítavania zrážkových kvocientov bol zvolený pre scenáre CCCM a GISS (LAPIN et al., 1999).

Scenáre úhrnov zrážok s názvom CCCM97 (LAPIN, 2002) vznikli regionálnou modifikáciou výstupov modelu CCCM (Kanada), verzia z roku 1997. V prvom kroku boli vypočítané úhrny zrážok z modelu CCCM97 v 4 najbližších uzlových bodoch pre stav koncentrácie CO² od roku 1900 do roku 1990 a potom pre situáciu s rastúcim CO² o 1% ročne a rastom aerosólov až do roku 2100. Scenáre CCCM97 sú vypočítané z porovnania 50 ročných horizontov (období) výstupov modelu CCCM97 (1986-2035 atď.) a výstupov CCCM97 v období 1901-1990 (v prvom kroku pre 4 uzlové body v okolí SR). Priemerné mesačné úhrny zrážok v kratšom období 1951-1980 sa môžu podstatne líšiť od dlhodobého priemeru z obdobia 1901-1990. Súvisí to predovšetkým s nedostatočnou dĺžkou obdobia 1951-1980 na výpočet klimatických normálov.

Scenáre úhrnov zrážok s názvom GISS98 vznikli regionálnou modifikáciou výstupov modelu GISS (USA), verzia z roku 1998. V prvom kroku boli vypočítané úhrny zrážok z modelu GISS98 v 4 najbližších uzlových bodoch pre verziu modelu so stavom CO² z roku 1989 a pre verziu s rastúcim CO² o 1% ročne. Porovnaním týchto úhrnov v 50-ročných horizontoch 2030 a 2075 a 40-ročným horizontom 2010 vznikli scenáre zmien úhrnov zrážok v 4 uzlových bodoch. Porovnával sa ročný chod úhrnov zrážok na jednotlivých staniaciach v období 1901-1990 a v 4 uzlových bodoch v období 1989-2079 pre verziu s konštantným CO²

z roku 1989 jednoduchou koreláciou. Ďalší postup bol rovnaký ako u scenára CCCM97 (LAPIN, 2002).

Teplota vzduchu bola prepočítaná podľa scenárov platných pre celé územie Slovenska. Pretože denné scenáre neboli k dispozícii a použitý matematický model pracuje s denným krokom, pri prepočte vstupných údajov boli použité mesačné scenáre. Pri simuláciách sa tiež predpokladalo, že nedôjde k zmene využitia krajiny (vegetačného pokryvu), ani k zmenám fyziologických vlastností rastlín (napríklad k zvýšeniu odporu prieduchov).

4.5 Modelované zmeny vybraných hydrologických prvkov spôsobené potencionálnou klimatickou zmenou pre celé povodie Žitavy

Hodnotené bolo obdobie rokov 1994 až 1999, na ktoré boli aplikované jednotlivé klimatické scenáre. V hodnotenom období sa vyskytol atypický priebeh počasia, nasledovalo bezprostredne po najvýraznejšom suchom a teplom období v 20. storočí (1989-1994). Keďže údaje klimatických scenárov boli aplikované na toto obdobie, predpokladá sa, že podobný netypický priebeh klímy by sa mohol vyskytnúť aj v budúcich časových horizontoch.

4.5.1 Priebeh úhrnov zrážok podľa scenára CCCM

Podľa výsledkov scenára CCCM2010 sa poklesy priemerných zrážkových úhrnov oproti súčasnému obdobiu predpokladajú v mesiacoch február o 0,2%, marec o 16%, jún o 0,7%, august o 14,9%, október o 2,4%, december o 18,1%. Na základe uvedených výsledkov nárast priemerných zrážkových úhrnov sa predpokladá v mesiacoch január o 12,5%, apríl o 11,3%, máj o 22,4%, júl o 4,3%, september o 13,3% a november o 6,7%.

Ako vyplýva z výsledkov podľa scenára CCCM2030 predpokladajú sa poklesy priemerných zrážkových úhrnov v mesiaci február o 7,3%, jún o 11%, júl o 1,5% a v mesiaci august o 4,7%. Prírastok priemerných ročných zrážkových úhrnov uvedený scenár predpokladá v mesiaci január o 8,4%, marec o 4,4%, apríl o 10,6%, máj o 17,4%, september o 11,2%, október o 21,3%, november o 9,2% a december o 9,8%.

Podľa výsledkov na základe scenára CCCM2075 sa uvažuje s poklesom priemerných zrážkových úhrnov oproti súčasnosti v mesiaci február o 9,4%, jún o 17,3%, júl o 8,8%, august o 14,2%. Podobne ako pri predchádzajúcom scenári, to bude mať za následok zmenšenie množstva akumulovanej vody vo vodných nádržiach a to najmä v letnom období. Vzostup priemerných zrážkových úhrnov sa uvažuje v mesiaci január o 22,6%, február o 11,2%, apríl o 3,0%, máj o 11,7%, september o 9,1%, október o 14,7%, november o 15,8% a december o 20,2%.

4.5.2 Priebeh úhrnov zrážok podľa scenára GISS

Na základe klimatického scenára GISS2010 priemerné zrážkové úhrny poklesnú pre všetky mesiace v roku okrem septembra, kde sa predpokladá nárast o 5%. Očakávané úbytky by mali nastať o 6,7% v mesiaci január, o 9,0% vo februári, o 26% v marci, o 2,3% v apríli, v máji o 1,5%, v júni o 4,1%, v júli o 4,8%, v auguste o 2,2%, októbri o 1,1%, novembri o 5,6% a v decembri o 6,9%.

Podľa výsledkov dosiahnutých na základe klimatického scenára GISS2030 sa podobne ako pri scenári GISS2010 predpokladá pokles priemerných zrážkových úhrnov a to v mesiaci január o 8,7%, február o 11,2%, marec o 27,5%, apríl o 2,3%, máj o 1,5%, jún o 4,1%, júl

o 4,8%, august o 2,2%, október o 1,1%, november o 6,6% a december o 7,7%. Nárast sa predpokladá iba v mesiaci september o 5,0%.

Podľa výsledkov stanovených na základe klimatického scenára GISS2075 sa predpokladá pokles priemerných zrážkových úhrnov počas mesiacov marec o 10,6%, jún o 5,0%, júl o 6,3%, august o 7,7%, september o 0,3%. Prírastky sa podľa tohto scenára očakávajú v mesiacoch január o 10,5%, február o 8,0%, apríl o 3,9%, máj o 1,5%, október o 2,2%, november o 1,6% a december o 2,9%.

4. 5. 3 Pribeh odtoku podľa scenára CCCM

Podľa klimatického scenára CCCM2010 sa pokles priemerných hodnôt odtoku v povodí očakáva v mesiaci apríl o 2,7%, jún o 5,5%, júl o 10,8%, august o 15,3% a september o 0,4%. Nárast priemerných hodnôt odtoku má nastať v mesiacoch január o 10,3%, február o 6,8%, máj o 11,5%, október o 9,7%, november o 9,1%, december o 7,8%. V mesiaci marec uvedený scenár neuvažuje so žiadnymi zmenami oproti súčasnému stavu.

Na základe výsledkov podľa klimatického scenára CCCM2030 sa predpokladá pokles priemerných mesačných hodnôt odtoku v mesiaci marec o 2,1%, apríl o 16,2%, júl o 15,5% a august o 12,4%. Dosiahnuté výsledky poukazujú na to, že priemerné mesačné odtoky majú poklesnúť v mesiaci január o 14,9%, február o 0,7%, apríl o 3,7%, máj o 12,5%, september o 2,1%, október o 11,9%, november o 13,5% a december o 10,5%.

Podľa klimatického scenára CCCM2075 sa predpokladá zmena oproti súčasnému stavu vo všetkých mesiacoch roka. Pokles odtokov sa predpokladá v mesiacoch marec o 22,9%, apríl o 14,5%, máj o 8,2%, jún o 57,5%, júl o 63,8%, august o 36,6%, september o 23,9%, október o 15,7% a nárast v mesiacoch január o 14,9%, február o 18,9%, november o 1,5%, december o 14,7%.

4. 5. 4 Pribeh odtoku podľa scenára GISS

Priebehy priemerných súm mesačného odtoku stanovených na základe klimatického scenára GISS2010 a výpočtov modelu WaSiM-ETH predpokladajú, že sa tieto hodnoty znížia vo všetkých mesiacoch roka, január o 9,7%, február o 15,7%, marec o 26,4%, apríl o 15%, máj o 14,5%, jún o 17,5%, júl o 19%, august o 9,2%, september o 2,0%, október o 7,2%, november o 11,8% a december o 10,7%.

Na základe výsledkov podľa klimatického scenára GISS2030 sa očakáva zníženie priemerných hodnôt mesačných odtokov v mesiacoch január o 14,5%, február o 26,2%, marec o 48,5%, apríl o 22,4%, máj o 20,4%, jún o 23,2%, júl o 23,5%, august o 12,2%, september o 6,1%, október o 12,8%, november o 16,4%, december o 12,8%.

Modelom WaSiM-ETH uskutočnené výpočty na základe klimatického scenára GISS2075 predpokladajú úbytok súm priemerného mesačného odtoku počas celého roka, v mesiaci január o 13,7%, február o 5,9%, marec o 52,1%, apríl o 21,3%, máj o 27%, jún o 40,9%, júl o 43,1%, august o 30,3%, september o 33,2%, október o 32,6%, november o 23,1% a december o 6,6%.

4. 5. 5 Pribeh aktuálnej evapotranspirácie podľa scenára CCCM

Podľa výsledkov získaných na základe klimatického scenára CCCM2010 sa očakáva pokles priemerných mesačných úhrnov dennej aktuálnej evapotranspirácie oproti súčasnému stavu v mesiaci august o 6,9%. K zmene nedôjde v mesiaci marec. Pre ostatné mesiace roka uvedený scenár predpokladá prírastok priemerných mesačných úhrnov dennej aktuálnej

evapotranspirácie oproti súčasnému stavu, pre január o 19,5%, február o 16,4%, apríl o 11,1%, máj o 7,8%, jún o 6,1%, júl o 4,6%, september o 9,7%, október o 8,1%, november o 10,9% a december o 18,5%.

Podľa priemerných mesačných úhrnov dennej aktuálnej evapotranspirácie uskutočnených na základe klimatického scenára CCCM2030 možno konštatovať, že priemerné mesačné úhrny dennej aktuálnej evapotranspirácie pravdepodobne poklesnú iba v mesiaci august o 3,4%. Prírastky sa očakávajú v mesiacoch január o 26,8%, február o 23,5%, marec o 17,6%, apríl o 13,5%, máj o 10,4%, jún o 10,1%, júl o 5,5%, september o 14,9%, október o 15,6%, november o 15,8% a december o 27,6%.

Podľa klimatického scenára CCCM2075 sa predpokladá, že priemerné mesačné úhrny dennej aktuálnej evapotranspirácie poklesnú iba v mesiaci august o 20%. Pre ostatné mesiace roka sa predpokladá s ich nárastom a to konkrétne v mesiaci január o 47,9%, február o 40%, marec o 21,8%, apríl o 24,6%, máj o 23,3%, jún o 15,2%, júl o 2,8%, september o 27,1%, október o 27,6%, november o 34,6% a december o 48,7%.

4. 5. 6 Pribeh aktuálnej evapotranspirácie podľa scenára GISS

Podľa klimatického scenára GISS2010 sa predpokladá úbytok priemerných mesačných úhrnov dennej aktuálnej evapotranspirácie v mesiacoch júl o 2,3% a august o 12,6%. Prírastky sa očakávajú v mesiaci január o 13%, február o 8%, marec o 11,5%, apríl o 10,6%, máj o 10%, jún o 2,3%, september o 0,9%, október o 0,4%, november o 10,9% a december o 19,3%.

Podľa priebehu priemerných mesačných úhrnov dennej aktuálnej evapotranspirácie podľa klimatického scenára GISS 2030 vyplýva predpokladaný pokles týchto hodnôt v mesiacoch júl o 3,0% a august o 13,2%. Prírastok priemerných mesačných úhrnov dennej aktuálnej evapotranspirácie sa podľa tohto scenára predpokladá v mesiaci január o 32,9%, február o 18%, marec o 14,3%, apríl o 11,1%, máj o 11,3%, jún o 2,7%, september o 5,3%, október o 6,5%, november o 24,0% a december o 37,6%.

Výsledky dosiahnuté podľa klimatického scenára GISS2075 predpokladajú pokles priemerných mesačných úhrnov dennej aktuálnej evapotranspirácie v mesiacoch júl o 0,8% a august o 15,4%. Prírastky priemerných mesačných úhrnov dennej aktuálnej evapotranspirácie sa očakávajú v mesiacoch január o 51,7%, február o 34,3%, marec o 30,1%, apríl o 23,1%, máj o 18,6%, jún o 7,1%, september o 17,4%, október o 20,6%, november o 43,3% a december o 59,3%.

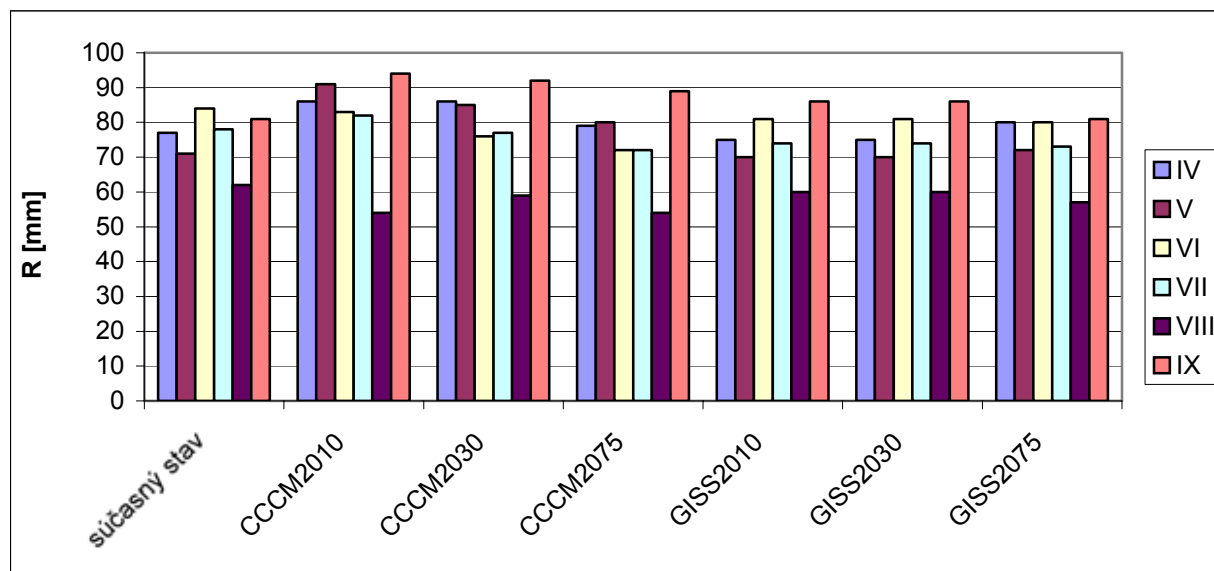
4. 6 Určenie potreby vody na závlahy pre vzorové oševné postupy

Výpočet potreby vody doplnkovej závlahy vychádzal z ON 83 06 35, kde sa pri výpočte vychádza z podrobného rozboru miestnych klimatických, pôdnych, terénnych, výrobných a ostatných podmienok, ktoré rozhodujúcou mierou vplyvajú na určenie nárokov na závlahovú vodu. Vypočítané množstvo závlahovej vody sa určí v takej výške, aby sa pôdna vlhkosť udržiavala v rozmedzí, ktoré možno označiť za optimálne (HÚSKA a LÁTEČKA, 1989).

Rozdielne hodnoty priemerných mesačných zrážkových úhrnov boli vypočítané na základe zmenených klimatických podmienok podľa klimatických scenárov CCCM a GISS. Na základe výsledkov modelu WaSiM-ETH sa predpokladá, pokles sumy zrážkových úhrnov vo vegetačnom období Vo (suma za mesiace IV-IX). Najvýraznejší pokles (na 443mm) bol stanovený scenárom GISS2075. Podľa scenára GISS2010, GISS2030 a CCCM2075 bol

zhodne stanovený pokles na 446mm. Súčasný stav v povodí je 453mm. Nárast sa podľa modelu WaSiM-ETH predpokladá podľa scenára CCCM2030 na 475mm. Najvýraznejšie majú vzrásť priemerné zrážkové úhrny vo V₀ podľa scenára CCCM2010 na 490mm.

Na obrázku 4.6.1. je zobrazené súčasné rozloženie priemerných mesačných zrážkových úhrnov na celom povodí Žitavy a ich predpokladaná zmena stanovená klimatickými scenármi CCCM a GISS v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia.



Obrázok 4.6.1: Rozloženie priemerných mesačných zrážkových úhrnov za vegetačné obdobie (V₀-IV-IX) v súčasnosti a ich predpokladané zmeny na základe klimatických scenárov CCCM a GISS na celom povodí Žitavy.

4.7 Určenie potreby vody na závlahy pre vzorové oševné postupy a bilancie vodných nádrží na základe klimatických scenárov

Stanovené bolo merné závlahové množstvo, pričom ako výmera zavlažovanej plochy boli použité skutočné výmery závlah, ktoré boli v danom povodí vybudované pri jednotlivých vodných nádržiach. Pretože neboli k dispozícii informácie o odberoch z vodných nádrží počas hodnoteného obdobia, hodnoty odberov boli stanovené orientačne na základe výpočtov celkového merného závlahového množstva prislúchajúceho k jednotlivým vodným nádržiam. Následne boli tieto hodnoty odčítané pri výpočte vodohospodárskej bilancie vodnej nádrže, ku ktorej bol závlahový oševný postup navrhnutý.

Výpočet merného závlahového množstva podľa jednotlivých klimatických scenárov sa uskutočnil na základe zmenených priemerných mesačných úhrnov zrážok. Podľa týchto údajov boli prepočítané hodnoty merných závlahových množstiev a odčítané v zmenených vodohospodárskych bilanciách, podobne ako aj prítoky, ktorých hodnoty boli zmenené na základe percentuálnej zmeny predpokladaných prietokov uskutočnených podľa prepočtov modelu WaSiM-ETH. Mesačné hodnoty výparu boli zmenené podľa percentuálnych hodnôt potencionálnej evapotranspirácie prináležiacich jednotlivým klimatickým scenárom a taktiež odčítané vo výpočte zmenenej vodohospodárskej bilancie pre jednotlivé vodohospodárske bilancie.

4.8 Vodné nádrže – vodohospodárska bilancia

Vodné nádrže boli vyhodnotené z hľadiska súčasných klimatických podmienok a zmenených podmienok podľa klimatických scenárov CCCM a GISS pre jednotlivé časové horizonty. Vodohospodárska bilancia bola vypočítaná na základe objemu stáleho nadržania ku ktorému sa pripočítali hodnoty prítokov pre jednotlivé mesiace, ktoré boli vypočítané na základe dlhodobých prítokov Q_{priem} . Pri výpočte vodnej bilancie sa odčítali odtoky vypočítané na základe Q_{355} a výpar, ktorý bol dosiahnutý na základe tabuľky približného rozdelenia výparu pre jednotlivé mesiace v roku (boli odčítané z grafu na základe nadmorskej výšky vodnej nádrže) a odber vody pre závlahy.

Z vodných nádrží, ktoré sú situované v hornej časti povodia sa predpokladaná klimatická zmena najvýraznejšie prejaví na zmene vodohospodárskej bilancie VN Nemčiňany a to pokles o 34,0% pri klimatickom scenári GISS2075. U VN Jelenec je predpokladaný pokles vodohospodárskej bilancie maximálne o 31,3% pri klimatickom scenári GISS2075. Najmenší vplyv predpokladanej klimatickej zmeny má nastať pri VN Veľké Vozokany a to o 28,3% pri scenári GISS2075. Prírastky vodohospodárskej bilancie v hornej časti povodia sa očakávajú podľa scenára CCCM2030 u VN Nemčiňany o 2,0% a u VN Jelenec a VN Veľké Vozokany zhodne o 1,9%.

Z vodných nádrží nachádzajúcich sa v hornej časti povodia sa úbytky vodohospodárskych bilancií u vodnej nádrže Jelenec (súčasný stav 1 389 956m³) predpokladajú pri scenári GISS2075 o 31,1% (na 954 497m³), pri scenári GISS2030 o 22,5% (na 1 077 645m³), o 18,6% pri scenári CCCM2075 (na 1 131 752m³), o 14,9% pri scenári GISS2010 (na 1 182 918m³). Prírastky vodohospodárskej bilancie v hornej časti povodia oproti súčasnému stavu sa očakávajú podľa scenára CCCM2030 u VN Nemčiňany o 2,0% a u VN Jelenec a VN Veľké Vozokany zhodne o 1,9%. Nárast vodohospodárskych bilancií u vodnej nádrže Jelenec sa predpokladá pri scenári CCCM2010 o 1,5% (na 1 410 342m³) a o 1,9% pri scenári CCCM2030 (na 1 416 287m³).

U VN Nemčiňany (súčasný stav 768 440m³) sa predpokladá najvýraznejší pokles vodohospodárskej bilancie u scenára GISS2075 o 34,0% (na 507 335m³), o 24,4% pri scenári GISS2030 (na 581 142m³), o 20,1% (na 613 667m³) pri scenári CCCM2075, o 16,2% (na 644 279m³) pri scenári GISS2010. Vzostup sa predpokladá pri scenári CCCM2010 o 1,6% (na 780 534m³), ako aj pri scenári CCCM2030 o 2,0% (na 784 126m³).

Podobne ako u ostatných vodných nádrží nachádzajúcich sa v hornej časti povodia Žitavy aj u VN Veľké Vozokany (súčasný stav 6.779 358m³) sa predpokladá najväčší pokles vodnej bilancie u scenára GISS2075 a to o 28,3% (na 4 861 794m³), pri scenári GISS2030 o 20,3% (5 402 048m³), pri scenári CCCM2075 o 16,7% (5 644 001m³) a pri scenári GISS2010 o 13,1% (na 5 888 303m³). Prírastky hodnôt vodohospodárskej bilancie by mali nastať v prípade scenára CCCM2010 o 1,5% (na 6 882 474m³) a CCCM2030 iba o 1,9% (na 6.905 661m³).

Z vodných nádrží, ktoré sa nachádzajú v dolnej časti povodia rieky Žitavy sa najvýraznejšie prejavenie klimatickej zmeny predpokladá pre VN Trávnica, t. j. pokles o 36,8% pre scenár GISS2075, ďalej u VN Nevidzany pokles o 29% pre scenár GISS2075, podobne ako u VN Nová Ves nad Žitavou pokles o 28,6% pre scenár GISS2075. U VN Čifáre sa predpokladá pokles hodnôt vodohospodárskej bilancie o 27,2% pri scenári GISS2075, u VN Vráble o 27,1% GISS2075 a u VN Slepčany o 26,9% pri scenári GISS2075. Na základe výpočtov modelu WaSiM-ETH sa najmenšia zmena vodohospodárskej bilancie u vodných nádrží nachádzajúcich sa v dolnej časti povodia pravdepodobne prejaví u VN Slepčany

o 1,8%, u VN Vráble a VN Čifáre zhodne o 2%, u VN Nová Ves nad Žitavou o 2,2%, u VN Nevidzany o 2,7% a u VN Trávnica o 7,5%.

Z vodných nádrží, ktoré sa nachádzajú v dolnej časti povodia rieky Žitavy sa najvýraznejšie prejavenie klimatickej zmeny predpokladá pre VN Trávnica, t. j. pokles o 36,8% pre scenár GISS2075, ďalej u VN Nevidzany pokles o 29% pre scenár GISS2075, podobne ako u VN Nová Ves nad Žitavou pokles o 28,6% pre scenár GISS2075. U VN Čifáre sa predpokladá pokles hodnôt vodohospodárskej bilancie o 27,2% pri scenári GISS2075, u VN Vráble o 27,1% GISS2075 a u VN Slepčany o 26,9% pri scenári GISS2075.

Na základe výpočtov modelu WaSiM-ETH sa najmenšia zmena vodohospodárskej bilancie u vodných nádrží nachádzajúcich sa v dolnej časti povodia pravdepodobne prejaví u VN Slepčany o 1,8%, u VN Vráble a VN Čifáre zhodne o 2%, u VN Nová Ves nad Žitavou o 2,2%, u VN Nevidzany o 2,7% a u VN Trávnica o 7,5%. Súhrnný percentuálny prehľad poklesov vodohospodárskych bilancií uvádza tabuľka 4.5.1 a 4.5.2.

Podľa modelu WaSiM-ETH vypočítaných hodnôt u VN Slepčany (súčasný stav 11 633 239m³) sa predpokladá najväčšie ovplyvnenie vodohospodárskej bilancie povodia podľa klimatického scenára GISS2075 a to konkrétne pokles o 26,9% (na 8 501 178m³), podľa GISS2030 o 19,4% pri scenári GISS2030 (na 9 380 231m³), o 16% pri scenári CCCM2075 (na 9 770 999m³), o 12,9% pri scenári GISS2010 (na 10 132 614m³). Prírastky sa očakávajú pri scenári CCCM2010 o 1,8% (na 11 839 434m³) a pri scenári CCCM2030 o 2,0% (na 11 866 603m³).

Predpokladaná klimatická zmena sa najviac prejaví na poklese vodohospodárskej bilancie u VN Vráble (súčasný stav 8 758 033m³) podľa klimatického scenára GISS2075 o 27,1% (na 6 387 038m³), pri scenári GISS2030 o 19,5% (7 047 389m³), pri scenári CCCM2075 o 16,1% (7 351 869m³), pri scenári GISS2010 o 13% (7 615 938m³). Prírastok vodohospodárskej bilancie sa očakáva pri scenári CCCM2010 o 2,0% (8 935 327m³) a pri scenári CCCM2030 o 2,2% (na 8 952 124m³).

U VN Čifáre (súčasný stav 2 592 290m³) sa očakávaná klimatická zmena prejaví zmenou vodohospodárskej bilancie, konkrétne jej poklesom, ako sa to očakáva podľa scenára GISS2075 o 27,2% (na 1 887 360m³), podľa scenára GISS2030 o 19,6% (na 2 084 353m³), podľa scenára CCCM2075 o 16,2% (na 2 172 589m³), podľa scenára GISS2010 o 13,1% (na 2 253 216m³). Nárast vodohospodárskej bilancie u VN Čifáre sa predpokladá podľa scenára CCCM2010 o 2,0% (na 2 644 080m³) a podľa scenára CCCM2030 o 2,2% (na 2 648 604m³).

Zmena vodohospodárskej bilancie vplyvom klimatickej zmeny pre VN Nová Ves nad Žitavou (súčasný stav 2 456 473m³) sa očakáva najviac prejavíť podľa klimatického scenára GISS2075 poklesom o 28,6% (na 1 754 251m³) oproti súčasnému stavu. Podľa klimatického scenára GISS2030 sa predpokladá pokles o 20,6% (na 1 949 569m³), podľa scenára CCCM2075 o 16,9% (na 2 040 338m³), podľa scenára GISS2010 o 13,8% (na 2 117 992m³). Mierne prírastky vodohospodárskej bilancie sa očakávajú podľa scenára CCCM2010 o 2,2% (na 2 509 382m³) a scenára CCCM2030 o 2,4% (na 2 514 568m³).

Na základe výpočtov modelu WaSiM-ETH možno konštatovať, že predpokladaná klimatická zmena sa prejaví poklesom vodohospodárskej bilancie u VN Trávnica (súčasný stav 337 493m³) podľa klimatického scenára GISS2075 o 36,8% (na 213 180m³), o 27,8% podľa scenára CCCM2075 (na 243 836m³), o 25,4% podľa scenára GISS2030 (na 251 756m³), o 17,9% podľa scenára GISS2010 (na 276 954m³). Prírastky vodohospodárskej bilancie u VN Trávnica sa predpokladajú podľa klimatického scenára CCCM2010 o 7,5% (na 362 642m³) a o 4,3% pre klimatický scenár CCCM2030 (na 351 893m³).

Z výsledkov modelu WaSiM-ETH vyplýva, že pokles vodohospodárskej bilancie sa predpokladá u VN Nevidzany (súčasný stav 1 524 657m³) podľa scenára GISS2075 o 29,0%

(na 1 081 932m³), podľa scenára GISS2030 o 21,0% (na 1 203 898m³), podľa scenára CCCM2075 o 17,3% (na 1 261 500m³). Prírastky sa očakávajú podľa scenára CCCM2010 o 2,7% (na 1 566 564m³) a podľa scenára CCCM2030 o 2,9% (na 1 568 134 m³).

Tabuľka 1: Zmena bilancie vodných nádrží pre horný a dolný tok povodia Žitavy – prepočítané na odbery so skutočnými výmerami plôch so závlahou

	Výmera vybudovaných						
	Závlah	CCCM 2010	CCCM 2030	CCCM 2075	GISS 2010	GISS 2030	GISS 2075
	[ha]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
HORNÝ TOK							
Jelenec	80	1.5	1.9	-18.6	-14.9	-22.5	-31.3
Veľké Vozokany	180	1.5	1.9	-16.7	-13.1	-20.3	-28.3
Nemčiňany	50	1.6	2	-20.1	-16.2	-24.4	-34
DOLNÝ TOK							
Slepčany	200	1.8	2	-16	-12.9	-19.4	-26.9
Vráble	345	2	2.2	-16.1	-13	-19.5	-27.1
Čífare	99	2	2.2	-16.2	-13.1	-19.6	-27.2
Nová Ves nad Žitavou	100	2.2	2.4	-16.9	-13.8	-20.6	-28.6
Trávnica	285	7.5	4.3	-27.8	-17.9	-25.4	-36.8
Nevidzany	150	2.7	2.9	-17.3	-14.1	-21	-29

Tabuľka 2: Zmena bilancie vodných nádrží pre horný a dolný tok povodia Žitavy – prepočítané na odbery so závlahou na 100ha

	výmera						
	závlah	CCCM 2010	CCCM 2030	CCCM 2075	GISS 2010	GISS 2030	GISS 2075
	[ha]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
HORNÝ TOK							
Jelenec	100	1.4	1.8	-18.7	-15	-22.6	-31.6
Veľké Vozokany	100	1.6	1.9	-16.7	-13.2	-20.2	-28.1
Nemčiňany	100	1.1	1.8	-20.8	-16.6	-25.1	-35.1
DOLNÝ TOK							
Slepčany	100	1.7	1.9	-15.9	-12.8	-19.3	-26.8
Vráble	100	1.7	2	-15.9	-12.8	-19.3	-26.8
Čífare	100	2	2.2	-16.2	-13.1	-19.6	-27.2
Nová Ves nad Žitavou	100	2.2	2.4	-16.9	-13.8	-20.6	-28.6
Trávnica	100	1.6	-0.3	-23	-13.8	-20.4	-30.6
Nevidzany	100	2.4	2.6	-17	-13.9	-20.8	-28.7

5. NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV PRE ĎALŠÍ ROZVOJ VEDY

5.1 Odporúčania pre prax

V práci použitý hydrologický model WaSiM-ETH je možné použiť pre rozdielne povodia v akomkoľvek regióne Slovenska. Aj keď bol pôvodne model navrhnutý na horské podmienky, dobre sa osvedčil aj na povodí rieky Žitava, ktoré má prevažne poľnohospodársky charakter, iba 20% tvoria lesy. Napriek tomu, že k dispozícii neboli dostatočné údaje, model uspokojivo modeloval celkový priebeh súčasných hydrologických procesov, na základe čoho možno predpokladať aj jeho hodnovernosť pri hodnotení prvkov hydrologickej bilancie v budúcich časových horizontoch stanovených podľa jednotlivých klimatických scenárov, ktoré boli použité v práci. Model WaSiM-ETH možno teda označiť za plne funkčný a vhodný aj pre naše klimatické podmienky. V praxi je možné poznatky využiť

na skúmanom povodí rieky Žitavy, pre konkrétny klimatický scenár a sledovať zmenu potreby vody pre závlahy, ako aj dostupnosť vody pre jednotlivé oševné postupy a stanovenie disponibilnosti vody v príslušných vodných nádržiach.

Súčasný stav vedeckého poznania neumožňuje stanovenie spoľahlivého priebehu prognózy budúceho vývoja klímy. Nedostatky, ktoré súvisia s klimatickými scenármi sa teda zákonite premietajú aj do neurčitostí pri modelovaní zmien klímy v povodí, čo vedie následne k neistote pri posudzovaní dopadov hydrologických procesov na hospodárenie s vodnými zdrojmi. Napriek tomuto nedostatku môžu byť použité výsledky aplikované v celom povodí rieky Žitava. Podstatné však je, na adaptačné opatrenia smerujúce k zmierneniu negatívneho účinku klimatickej zmeny sa pripraviť s dostatočným predstihom. Je preto potrebné sa problematikou klimatickej zmeny zaoberať už v súčasnosti.

Predkladaná práca môže byť podkladom pre inováciu koncepcie hospodárneho využívania pôdneho fondu a všetkých foriem zúrodňovania pôdy, ako aj pre vytvorenie integrovaného prístupu k hospodáreniu v krajine a pre racionálne využívanie prírodných zdrojov.

5.2 Odporúčania pre ďalší vedecký výskum

Predkladaná práca sa zaoberá stanovením vplyvu zmien klímy na potrebu závlahy v hodnotenom povodí rieky Žitava. V práci sú posúdené zmeny jednotlivých hydrologických prvkov vplyvom zmenených klimatických podmienok a ich aplikácia na jednotlivé oševné postupy a príslušné vodné nádrže nachádzajúce sa v povodí.

V súčasnosti neustále prebieha inovácia modelu WaSiM-ETH, je stále vo vývine, pridávajú sa do neho rôzne moduly a parametre na spresnenie jeho výpočtov a priblíženie modelom prepočítaných prietokov skutočnosti. Výsledky práce môžu byť použité ako podklad pri odstránení určitých nedostatkov z modelu. Parametrizované veličiny obsiahnuté v práci môžu byť použité ako podklad na dosadenie do iného hydrologického modelu na spresnenie, alebo porovnanie výsledkov hydrologických bilancií s inými hydrologickými modelmi a pre stanovenie vplyvu klimatickej zmeny na rozdielne oblasti poľnohospodárstva.

Výsledky práce je možné využiť na úseku vedy, výskumu a vývoja, pri riešení problémov obrábania pôdy z hľadiska šetrenia pôdnou vodou a zvyšovania jej vodnej kapacity, pri rajonizácii odrôd a hybridov, pri šľachtení orientovanom na predpokladanú klimatickú zmenu, pri modifikácii výživy a ochrany rastlín, pri návrhu hospodárnych závlahových systémov z hľadiska techniky zavlažovania a závlahových režimov, ale môžu slúžiť aj ako podklad pre vybudovanie monitorovacích systémov zásobovania poľnohospodárstva vodou v rozličných regiónoch a pre spracovanie metód na zlepšenie využitia vody. Výsledky práce môžu byť využité v rámci stratégie ochrany poľnohospodárstva pred negatívnymi vplyvmi predpokladanej klimatickej zmeny, najmä pri diverzifikácii štruktúry poľnohospodárskej výroby podľa jednotlivých regiónov.

6. ZÁVER

Analýza klimatických pomerov v povodí rieky Žitava na základe minulých období potvrdila, že znižovanie úhrnu zrážok a zvyšovanie priemerných teplôt má za následok ovplyvnenie súčasných podmienok prebiehajúcou klimatickou zmenou, ktorej je preto potrebné venovať náležitú pozornosť a v dostatočnom predstihu hľadať opatrenia na elimináciu jej nepriaznivých dôsledkov. Nevyhnutné je poukázať na závažnosť tohto problému, ako aj načrtnúť možné opatrenia na elimináciu dôsledkov vplyvu sucha na krajinné prostredie.

Pomocou modelu WaSiM-ETH uskutočnené modelové výpočty, na základe skutočných klimatických charakteristík a výpočtov realizovaných na základe scenárov zmien klímy pre jednotlivé časové horizonty, sú ukázkou pravdepodobného vývoja charakteru zmien klímy v povodí. Pravdepodobne najvýznamnejší dôsledok klimatickej zmeny v poľnohospodárstve nastane dôsledkom zmeny obehu vody so zreteľom na zásoby vody pre zavlažovanie, kde sa očakávajú zmeny v ročnom rozložení odtoku v nadväznosti na zmeny snehových zrážok, očakáva sa zníženie snehových i celkových zrážok, významnejšie znižovanie dopĺňovania zásob podzemných vôd, čo bude podmieňovať ich rýchlejšie vyčerpanie. Výsledky modelu potvrdili rastúci trend priemerných denných teplôt a poklesy trendov zrážkových úhrnov, najmä však ich nerovnomerné rozdelenie počas roka. V budúcnosti sa teda predpokladá častejší výskyt suchých období bez zrážok, ako aj častejšie výskytu privalových dažďov. Bolo by preto potrebné aj v budúcnosti týmto problémom venovať zvýšenú pozornosť. Zmeny klímy svojim dopadom zasiahnu rôzne odvetvia poľnohospodárskej výroby, najviac rastlinnú výrobu. Jednou z možností na zmiernenie negatívne pôsobiacich a častejšie sa vyskytujúcich období je použitie závlahových systémov. Výhodou je, že v hodnotenom povodí rieky Žitava sú už v súčasnosti vybudované rozsiahle závlahové systémy. Navrhnuté boli vzorové oševné postupy pre dolnú a hornú časť povodia Žitavy. Pre navrhnuté vzorové oševné postupy bolo vypočítané celkové závlahové množstvo, v ktorých potreba vody bola vypočítaná na základe súčasných priemerných klimatických podmienok a zmenených klimatických podmienok, ktorých výskyt predpokladajú jednotlivé klimatické scenáre.

Dôležitou úlohou vodohospodárskych systémov je zaistiť dlhodobé zásobenie vody pre závlahu, či už z hľadiska kvantity, alebo kvality. Pretože vodné nádrže sú hlavnými zdrojmi vody pre závlahu v sledovanom povodí, bolo potrebné vykonať ich posúdenie, kvôli odhadu ich ďalšieho zabezpečenia a rozvoja. Výsledky poukázali na zníženie množstva vodohospodárskych bilancií vo všetkých sledovaných vodných nádržiach.

Predpokladaná klimatická zmena sa svojim účinkom rozdielne prejaví v jednotlivých regiónoch Slovenska. Použitý hydrologický model WaSiM-ETH je preto možné použiť pre rozdielne povodia, na ktorých môže byť zhodnotený vplyv predpokladanej klimatickej zmeny. Iba dôkladným poznaním možného pôsobenia zmeny klímy na konkrétne povodie je možné navrhnúť konkrétne adaptačné opatrenie. Či sa už bude jednať o navrhnutie hospodárnych závlahových systémov z hľadiska techniky zavlažovania a závlahových systémov, alebo o pestovanie plodín, ktoré sú odolnejšie na výkyvy teplôt a lepšie znášajú aj dlhotrvajúce sucho, potrebné bude viac ako kedykoľvek predtým v súvislosti s predpokladanou klimatickou zmenou racionálnejšie hospodárenie s vodou a efektívnejšie využívanie poľnohospodárskeho pôdneho fondu.

7. LITERATÚRA CITOVANÁ V AUTOREFERÁTE

- BÉDI, E. 1999. Čo znamená skleníkový efekt? [on-line]. 1999, [cit. 1999-02-28] Dostupné na internete <http://www.seps.sk/zp/fond/klima/22.htm>
- BENETIN, J. – FÍDLER, J. – HRABAL, A. – RAUČINA, Š. 1979. Závlahy: Príroda. 1979, s. 69
- HÚSKA, D. - LÁTEČKA, M. 1989. Návod na cvičenia zo závlah. Vysoká škola poľnohospodárska v Nitre, Nitra, 1989, s. 6.
- JURÍK, Ľ. 1999. Stav malých vodných nádrží v povodí rieky Žitava. In: Enviro Nitra, Nitra, Slovenská poľnohospodárska univerzita, 1999, s. 192

- KOSTKA, Z. 2000. Metódy stanovenia indexu oblačnosti pre výpočty energie slnečného žiarenia. Acta Hydrologica Slovaca, 1, 2000, s. 33-40.
- KOSTKA, Z. 2000. Určovanie priestorového rozdelenia obsahu vody v pôde v podmienkach horského povodia, Autoreferát dizertačnej práce, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Liptovský Mikuláš, 2000, s.7.
- KOSTKA, Z. - HOLKO, L. 2000. Vplyv klimatickej zmeny na priebeh odtoku v malom horskom povodí. Národný klimatický program slovenskej republiky, MŽP SR a SHMÚ, Bratislava, 2000, s. 91-109
- LAPIN, M. - FAŠKO, P. - KOŠŤÁLOVÁ, J. - ŠAMAJ, F. 1999. Zrážkové pomery na Slovensku po oprave systematických chýb meraní atmosférických zrážok, Vodohospodársky časopis, 39, č. 3 - 4, 1999 s. 207 – 220
- LAPIN, M. - MELO, M. 2002. Scenáre časových radov 10 klimatických prvkov pre obdobie 2001-2090 podľa modelov CCCM2000 a GISS98. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds): Zborník z XIV. Česko-slovenskej bioklimatologickej konferencie "Bioklima-Prostředí-Hospodářství". Lednice 2.-4.9.2002, plný text na s. 254-266 na CD ISBN 80-85813-99-8.
- SCHULLA, J.- JASPER, K: Model Description WaSiM-ETH (Water Balance Simulation Model ETH). Institute of Geography ETH, Zürich, 1999.
- SCHULLA, J. 1997. Hydrologische Modellierung von Flussgebieten zur Abschätzung der Folgen von Klimaänderungen. Zürcher Geographische Schriften, Heft 69, ETH Zürich, 1997, s. 161.
- ŠVP ČSR, Hlavné povodie Dunaja, Čiastkové povodie XXIX - Nitra, I., II., III., Bratislava - VRS, resp. VRIS, 1954, resp. 1956.
- Štúdia. 1980. Koncepcia závlah v oblasti Zlaté Moravce – Vráble, Vysoká škola poľnohospodárska v Nitre, Agronomická fakulta, Katedra poľnohospodárskych meliorácií, 1980

8. ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC AUTORA SÚVISIACICH S RIEŠENOU PROBLEMATIKOU

- NOVOTNÁ, B. 1999. Vplyvy na riečne režimy tokov, In: ENVIRO Nitra, Nitra, 1999, s. 129.
- NOVOTNÁ, B. 1999. Možné zmeny odtokov vplyvom klimatickej zmeny, In: Atmosféra 21 storočia, organizmy a ekosystémy, Zvolen, 1999, s. 219. ISBN 80-228-0840-7.
- NOVOTNÁ, B. 1999. Zhodnotenie možného vplyvu klimatickej zmeny na potrebu závlahy, In: Hydromeliorácie na hranici 21 storočia, Bratislava, 1999, s. 73. ISBN 80-85755-08-4.
- NOVOTNÁ, B. 2000. Vplyv závlahy na redukciiu dôsledkov klimatickej zmeny, In: zborník z medzinárodnej konferencie, Litava, 2000.
- NOVOTNÁ, B. - TÁTOŠOVÁ, L. 2000. Krajino-ekologické vplyvy klimatickej zmeny, In: ENVIRO Nitra, Nitra, 2000, str. 167.
- NOVOTNÁ, B. 2000. Závlaha, ako potencionálny faktor na redukciiu vplyvov klimatickej zmeny, In: Bioklimatológia a životné prostredie, Košice, 2000. ISBN 80-88985-22-6.
- NOVOTNÁ, B. 2000. Povrchové a podzemné zdroje vody v povodí rieky Žitavy a ich

- potreba pre závlahy, In: Využitie vodných zdrojov v poľnohospodárstve a ich kvalita, celoslovenský odborný seminár, Únia krajinných inžinierov Slovenska, Bratislava, 5. december 2000, str. 54.
- NOVOTNÁ, B. 2001. Vplyv klímy na celkovú hydrologickú bilanciu povodia, In: Bioklimatické pracovné dni 2001 Extrémy prostredia (počasie) – limitujúce faktory bioklimatologických procesov, medzinárodná vedecká konferencia, Račková dolina, 2001. ISBN 80-137-910-7.
- NOVOTNÁ, B. - JURÍK, Ľ. 2003. Vplyv klimatickej zmeny na vodnú bilanciu v povodí rieky Žitava. In: Prvá vedecká konferencia mladých, november 2003 [CD-ROM-poster]. Račkova dolina. ISBN 80-8069-262-9.
- NOVOTNÁ, B. 2003. Možnosti stanovenia vplyvu zmeny klímy na priebeh odtoku pomocou hydrologického modelu. In: Bulletin Slovenskej bioklimatickej spoločnosti SAV, ročník XXII, číslo 32, Bratislava 2003, s. 3 – 9.
- JURÍK, Ľ. - NOVOTNÁ, B. 2003. Hydrologické charakteristiky poľnohospodársky využívanej krajiny. Medzinárodná vedecká konferencia: Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatických systémoch. Račková dolina, 2,-4, september 2003. [CD-ROM]. str. 33. ISBN 80-8069-244-0.
- JURÍK, Ľ., NOVOTNÁ, B. 2004. Hydrologic characteristics of the agricultural exploiting landscape, Acta horticulturae et regiotecturae (v tlači).
- NOVOTNÁ, B., BÁREK, V. 2004. Stanovenie vplyvu klimatickej zmeny na vodnénádržu v povodí rieky Žitava. In: Zmeny podnebia – extrémny počasie – organizmy a ekosystémy Viničky 2004. (v tlači).