

ЦЕНТАР ЗА УПРАВЉАЊЕ СУШОМ ЗА ЈУГОИСТОЧНУ ЕВРОПУ

Резиме резултата пројекта

www.dmcsee.eu

www.dmcsee.eu

Центар за управљање сушом за Југоисточну Европу - DMCSEE

Резиме резултата пројекта,

који је кофинансирао Програм транснационалне сарадње у Југоисточној Европи (Уговор бр. SEE/A/091/2.2/X)

Аутори:

Ставрос Александрис
Габор Балинт
Атила Бездан
Грегор Грегорич
Христос Каравитис
Золт Матањи
Ана Павловић
Славица Радовановић
Шандор Салај
Деметриос Сесмелис
Николаос Скондрас
Деметриос Стамакос
Василија Фасули
Арпад Херцег
Ана Шовљански

Фотографије:

Снежана Кузмановић
Андреја Сушник
Јоже Урхан

Редакција:

Зоран Крајиновић
Милица Арсић

Издавач:

Републички
хидрометеоролошки завод
Београд, Кнеза Вишеслава 66
2012



Дизајн:

Сабина Кошак

Штампа:

СЗРГ Студио Вејић

*Сви ставови изнети у
публикацији су лични
ставови аутора, и
Управни орган Програма
за Југоисточну Европу не
може бити одговоран за
било какве последице које
могу настати на основу
информација садржаних у
њој.*

САДРЖАЈ



Уводна реч.....	4
Предговор издању на српском језику.....	7
Дефиниције суше.....	11
Праћење суше у DMCSEE.....	15
Праћење и анализа суше у Републичком хидрометеоролошком заводу.....	21
Палфаи индекс суше.....	26
Проширивање продуката за праћење суше: процена садржаја воде у снежном покривачу.....	31
Процена рањивости на сушу: увод и теоријска основа	35
Архива утицаја суше и индекс рањивости на сушу.....	43
Последице суше у Србији.....	49
Процена рањивости на сушу заснована на примени модела време-усев.....	53
Литература.....	60

УВОДНА РЕЧ

Током последњег века, а нарочито у последњих 20 година, југоисточна Европа (као и већина других региона у свету) суочила се са штетним утицајима повећане варијабилности климе, која је уз пораст температуре, условила и значајано повећање учесталости суше. Према расположивим сценаријима климатских промена, не постоји велика вероватноћа да ће се стање поправити у наредним деценијама. Пројекција климе предвиђа погоршање проблема несташнице и квалитета воде у многим областима у региону које њоме већ оскудевају. Очекује се да ће топлотни таласи, као и појава интензивних падавина током лета постати све учесталији широм Европе. Као последица предвиђених сценарија промене климе, у јужном делу Европе ће се вероватно повећати ризик од суше.

Да би умањиле негативне последице постојећег ризика од суше, као и пројектованих утицаја климатских промена, земље југоисточне Европе (Албанија, Босна и Херцеговина, Бугарска, Хрватска, Бивша Југословенска Република Македонија, Грчка, Мађарска, Црна Гора, Молдавија, Румунија, Србија, Словенија и Турска) одлучиле су да оснују Центар за управљање сушом за југоисточну Европу (DMCSEE - Drought Management Centre for Southeastern Europe). Ту замисао даље је разрадила Међународна комисија за наводњавање и исушивање (International Commission on Irrigation and Drainage - ICID) и Конвенција Уједињених Нација за борбу против дезертификације (UN Convention to Combat Desertification - UNCCD). Националне контакт особе UNCCD-а и стални национални представници при Светској метеоролошкој организацији (World Meteorological Organisation – WMO) сложили су се око главних задатака DMCSEE-а. Мисија DMCSEE-а је да координира и олакша развој, процењивање и примену алата за управљање сушом. DMCSEE треба да помогне у успостављању система за праћење и рану најаву, а затим, примењујући приступ умањивања негативних последица применом одрживих пракси у пољопривреди и управљању водама, осигура безбедност хране и ефикасну употребу воде.

Организација послa везаног за DMCSEE поверена је Агенцији за животну средину Словеније 2006. године. Као први корак, било је потребно обезбедити неопходна средства. DMCSEE се ради тога пријавио на први позив за подношење предлога пројеката Програма транснaционалне сарадње у југоисточној Европи

(South East Europe Transnational Cooperation Programme). Пријава је била успешна, те је у оквиру пројекта сарађивало петнаест партнера из девет земаља из региона, како оних које су чланице ЕУ (Бугарска, Грчка, Мађарска и Словенија), тако и оних које су ван ЕУ (Албанија, Хрватска, Бивша Југословенска Република Македонија, Црна Гора и Србија). Партнерство у оквиру DMCSEE пројекта изграђено је на иницијативу националних институција одговорних за управљање природним ресурсима у земљама учесницама у пројекту. Партнерство се састојало од организација које су могле да обезбеде релевантне податке неопходне за праћење суше и процену ризика у региону, углавном националних метеоролошких и хидролошких служби. Универзитети и институти који се баве истраживањем у области пољопривреде и земљишта пружили су неопходно знање везано за процену ризика и добре праксе. Пошто суша није ограничена државним границама, региону је недостајала адекватна компатибилност података и координација везана за управљање сушом. Тај недостатак отклоњен је испуњавањем главних пројектних циљева. Информације везане за тренутну ситуацију у вези суше у земљама учесницама у DMCSEE пројекту доступне су на DMCSEE интернет сајту.

Ова завршна публикација посвећена DMCSEE пројекту има за циљ да вам представи неке активности и резултате пројекта. Неки резултати ће, без сумње, помоћи доносиоцима одлука у поменутим земљама при планирању активности за умањење последица суше и омогућити различитим привредним гранама да се боље припреме за сушу. Неки резултати, засновани на релевантним информацијама о суши, дистрибуирани корисницима путем DMCSEE интернет сајта, помоћи ће при предузимању ефикасних мера у борби против суше. Резултати пројекта ће несумњиво имати кључну улогу у постизању одрживог функционисања DMCSEE-а у будућности.

На крају бисмо желели да се захвалимо свим партнерима који су учествовали у нашем заједничком раду током последње три године. Имајући у виду велику разноликост међу земљама југоисточне Европе у свим областима, надамо се да смо радећи заједно изградили добру основу за даљу сарадњу у оквиру DMCSEE-а. Такође сматрамо да је учешће у овом пројекту допринело будућој организацији рада унутар DMCSEE-а, с обзиром на то да су основе за сарадњу са сваком земљом учесницом већ успостављене. Радујемо се будућој сарадњи!

Агенција за животну средину Словеније



Бунар је пресушио. Вода је кључна за живот,
здравље и одрживи развој, али све је више
људи који немају приступ свежој води

ПРЕДГОВОР ИЗДАЊУ НА СРПСКОМ ЈЕЗИКУ

Имплементација регионалног пројекта: „Центар за управљање сушом за Југоисточну Европу“ - DMCSEE („Drought Management Centre for South East Europe“) одвијала се у оквиру Програма транснационалне сарадње у Југоисточној Европи (ЈЕ): <http://www.southeast-europe.net/en/>. Основни циљ овог програма је развијање регионалне сарадње ради територијалне, економске и друштвене интеграције, подстицање усклађивања и повећање стабилности и конкурентности ЈЕ. Програм пружа подршку пројектима стратешког карактера који су релевантни за ЈЕ, квалитетно припремљени и усмерени ка конкретним, лако примењивим резултатима.

Последњих деценија повећао се утицај суше на привреду свих држава у ЈЕ, као и на животну средину и друштво посматрано у целини. Недовољна сарадња између суседних земаља и непостојање заједничког приступа мониторингу, процени последица и управљању сушом представља значајан проблем који умањује ефикасност држава Региона у ублажавању последица суше.

Током 2008. године, конзорцијум састављен од представника националних хидрометеоролошких служби и научних институција, као и министарстава у земљама ЈЕ одговорних за смањење утицаја суше отпочео је припрему пројекта „Центар за управљање сушом за Југоисточну Европу“. Активностима је координирала Агенција за животну средину Словеније. Аплицирање је било успешно, пројекат је прихваћен, а његова имплементација трајала је три године: од јуна 2009. до маја 2012. године.

Општи циљ DMCSEE пројекта био је унапређење мониторинга, анализе, ране најаве и приправности на сушу у ЈЕ. Планирано је да се он достигне остваривањем неколико специфичних циљева. То су:

- успостављање регионалног система за мониторинг, анализу и рану најаву суше, као и унапређење праксе у тој области на националном нивоу;
- усклађивање приступа и утврђивање процене рањивости на сушу за ЈЕ;
- промоција значаја мониторинга и анализе суше, као и јачање капацитета у тој области организацијом експертских радионица и националних семинара за кориснике информација о суши;

- размена знања, искустава и добре праксе у вези са сушом (успостављање мреже за размену информација о суши за ЈЕ);

- дефинисање заједничке политике у вези суше, која би се узимала у обзир при изради националних стратегија;

- подизање свести доносилаца одлука и потенцијалних корисника о значају постојања ефикасног система за приправност и управљање сушом;

- припрема смерница, препорука и планова за наставак институционализоване сарадње земаља ЈЕ у овој области.

Пројектне активности одвијале су се у оквиру седам радних пакета:

- Планирање активности, припрема пројектне документације и спровођење процедуре одобравања пројекта;

- Управљање и координација: тематско, административно, финансијско и управљање квалитетом, састанци управног одбора и конзорцијума, активности у вези са екстерном евалуацијом пројекта;

- Комуникација и дисеминација: информисање корисника (развој и промоција интернет платформе, итд), организација завршне конференције;

- Климатологија, мониторинг суше и картирање: процедура обраде и картирања климатских података; оперативна примена индекса суше и система за одређивање нормe наводњавања;

- Процена ризика суше: последице суше; калибрација индекса суше и рана најава суше; процена рањивости на утицај суше - различити приступи;

- Обука - јачање капацитета: организација експертских радионица и националних семинара за кориснике;

- Формирање сталног регионалног центра за управљање сушом: програм рада, могућности за финансирање, организациона структура и статус.

Између петнаест институција - пројектних партнера који су имплементирали DMCSEE пројекат из Србије била су два: Републички хидрометеоролошки завод, који је имао улогу водећег партнера у погледу финансијских аспеката реализације у Србији и Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду - Депарتمان за уређење вода. Такође, у пројекту је узело учешће и Јавно водопривредно предузеће „Воде Војводине“ у својству посматрача.

Пројектни партнери из Србије су током имплементације пружили значајан допринос заједничком раду на достизању постављених циљева пројекта, узели су

учешће у активностима у оквиру свих радних пакета. Што се тиче послова координације, администрације и извештавања, пројектни партнери из Србије учествовали су у раду на свим састанцима DMCSEE конзорцијума, као и на завршној конференцији. Уз то, ЈВП „Воде Војводине“ и Пољопривредни Факултет били су и домаћини једном од састанака који је одржан у Новом Саду. Пажња је посвећена и дисеминацији информација о пројекту и постигнутим резултатима: активирању интернет страница, представљању пројекта (презентације, постери) на конференцијама, симпозијумима, радионицама и другим скуповима, изради и дистрибуцији промотивног материјала, публикавању стручних радова, итд. Од резултата пројекта могу се поменути: унапређење мониторинга суше који је заснован на индексима суше; имплементацију процедура за прогнозу и рану најаву суше на основу прогнозираних вредности индекса; процена рањивости на сушу на основу климатских и геоморфолошких података; примена модела време-усев за процену рањивости на сушу и за процену потреба за наводњавањем усева; унапређење метода за контролу и хомогенизацију климатских података и технике картирања климатских параметара и индекса суше; итд. Експерти пројектних партнера из Србије учествовали су на десетак семинара и радионица у оквиру пројекта, а Републички хидрометеоролошки завод је био домаћин националног семинара за кориснике који је под називом: „Суша – мониторинг, рана најава и процена рањивости“ одржан у Београду.

Уз резултате који су постигнути, пројекат је допринео јачању капацитета пројектних партнера у вези са припремом и техником имплементације међународних пројекта овог типа. Такође, међусобна сарадња између пројектних партнера из Србије на овом пројекту може послужити као пример за успешну сарадњу.

Израда ове завршне публикације DMCSEE пројекта на српском језику имала је за циљ да допринесе приближавању информација о активностима и резултата пројекта потенцијалним корисницима у Србији.

Републички хидрометеоролошки завод





Вода: ограничен ресурс.
Спасимо свежу воду....сада!

ДЕФИНИЦИЈЕ СУШЕ

Шандор Салај

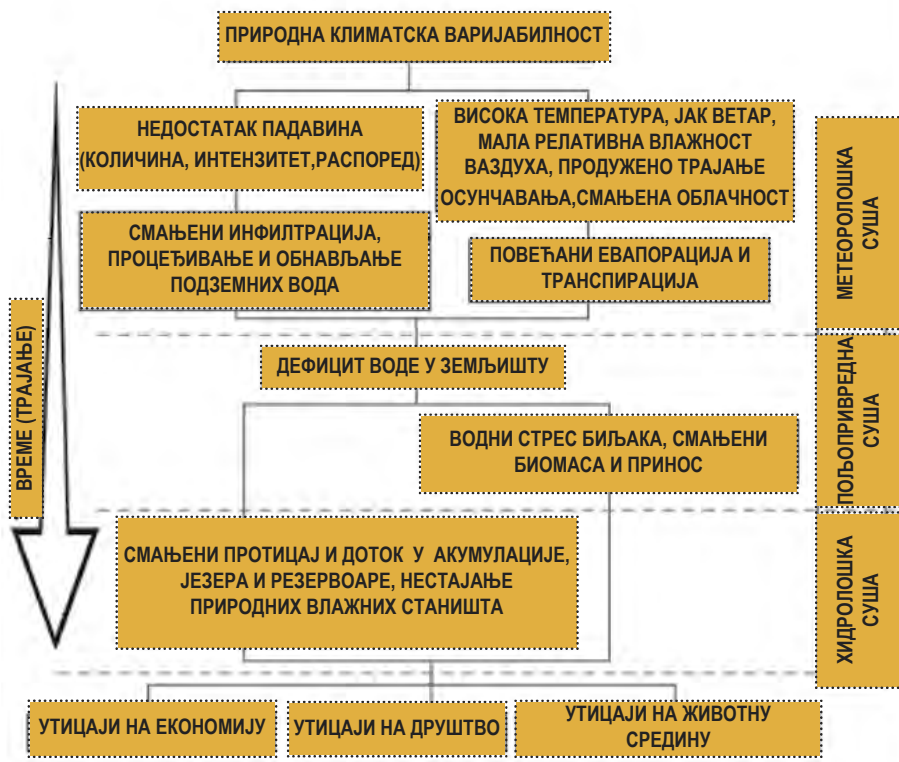
Универзитет Сент Иштван

Суша је сложена појава за коју не постоји општеприхваћена дефиниција. Углавном се користе радне дефиниције за неку ограничену потребу, тј. за одређену студију. У овом случају, користимо следећу дефиницију суше: суша је привремено смањење доступности воде које може проузроковати штету у различитим областима природе, економије и друштва. Неке речи из ове радне дефиниције захтевају додатно појашњење. „Привремено“ се односи на краткорочно негативно одступање од дугорочног просека (то је обично климатолошки просек или нормала). Уколико је трајање негативног одступања упоредиво са дужином периода за који се утврђује „дугорочни“ просек, онда се може говорити о аридности. Доступност воде је мањак или вишак воде у односу на просечну (нормалну) количину доступне воде. Природни системи и системи које је створио човек прилагођени су различитој просторној променљивости доступности воде. Стога, да би проузроковало штету, одступање мора да досегне граничну вредност која зависи од процеса. Величина и трајање штетног негативног одступања доступности воде могу да зависе од датог процеса, доба године и географске локације. Ова зависност од неколико параметара чини одређивање тачне опште дефиниције суше немогућим.

Узрок смањене доступности воде је смањена количина падавина. Одступања у падавинама се не морају нужно јавити на тачној локацији суше, већ се могу се јавити и у другим областима. На пример, смањена количина падавина у области горњег тока реке може да доведе до суше у региону доњег тока због смањеног протика. Настанак суше може да буде измештен и временски. На пример, смањена количина падавина у чврстом стању током зиме може да проузрокује сушу после периода њиховог топљења.

Постоји општа сагласност да је суша искључиво природна појава. Природна варијабилност заправо не може да буде издвојена као једини узрок суше, будући да, у складу са постојећом теоријом о климатским променама, људска активност утиче на расподелу температуре и падавина на Земљи, што такође има утицаја на учесталост, јачину и трајање суше. Међутим, сушу директно изазивају искључиво природни чиниоци.

Као што је већ напоменуто, сушу карактеришу начин утицаја и подручје (процес) на које она утиче. Суше стога разликујемо према сфери утицаја, па тако можемо да говоримо о хидролошким, пољопривредним, друштвено-економским, итд. сушама. Према одређеним локалним условима могу се разликовати и друге врсте суше (на пример, суша пашњака у регионима у којима се много стоке гаји у екстензивним условима). Као што је већ речено, основу сваке врсте суше представља дуготрајније негативно одступање количине падавина од нормале. Та појава назива се метеоролошка суша. У зависности од трајања метеоролошке суше, влажност земљишта ће се смањити (краће трајање), а водостај подземних вода може да опадне (дуже трајање). Када суша непосредно утиче на пољопривредну производњу, назива се пољопривредна суша. Вода се акумулира у језерима, резервоарима, рекама, итд. на одређеној територији (сливно подручје). Уколико је та територија погођена метеоролошком сушом, онда ће ниво воде у резервоарима,



Веза између различитих врста суше (www.drought.unl.edu)

рекама и осталим токовима опасти. Оваква ситуација назива се хидролошка суша. Ова врста суше лако се може проширити и на друге територије.

Уколико суша достигне такве размере да почне да угрожава животне услове локалног становништва, то такође погађа и њихове друштвене односе – у најгорем случају, значајан проценат становништва може одлучити да мигрира. Ова ситуација најчешће настаје у Африци и назива се социјална суша. Може бити изазвана исушивањем ливада или великим смањењем залиха воде која се користи за наводњавање.

Неопходно је разликовати сушу и несташицу воде. Суша је по свом пореклу природна појава – привремено смањење залиха воде. Међутим, одржива употреба природних ресурса, привреда и друштво захтевају (требало би да захтевају) равнотежу између залиха и потражње. Потражња за водом обухвата природне (потреба за водом биљака, животиња, људи) и антропогене (индустрија, потреба за додатном водом у пољопривреди, градовима, итд.) чиниоце. Уколико током дужег периода потражња превазилази залихе, онда долази до несташице воде. У складу са наведеним дефиницијама, несташица воде представља и природну и антропогену појаву. Стога, несташица воде може и мора да буде смањена и применом метода управљања залихама и потражњом.

Управљање залихама представља планирано коришћење различитих резервоара воде (подземне воде, реке, језера, воде из дубљих слојева, итд.). Да би то било могуће, морамо да знамо капацитет датих резервоара и време које им је потребно да се напуне. Од метода управљања потражњом обично се примењују увођење економичне потрошње воде и ефикасне технологије, премда су ту такође и навике људи (употреба воде у домаћинствима, итд.)

Методе управљања залихама и потражњом помажу у успостављању дугорочне равнотеже између залиха и потражње воде, тј. доприносе да се побољша ситуација и евентуално потпуно уклони несташица воде. Дугорочна несташица воде може да уништи одрживост расположивих водних ресурса. Међутим, тај проблем не представља предмет којим се методе управљање сушом у пракси непосредно бави.



Анализа рањивости обезбеђује оквир за
утврђивање социјалних и економских
чинаца, као и чинаца животне
средине који представљају узроке
негативних утицаја суше

ПРАЋЕЊЕ СУШЕ У DMCSEE

Грегор Грегорич

Агенција за животну средину Словеније

Пошто не постоји јединствена дефиниција суше, нема ни универзалне одреднице за мерење њене јачине и трајања. Уобичајена пракса је примена индекса суше. Индекс суше је нумеричка вредност без димензија, понекад вештачка мешавина вредности различитих променљивих и индикатора, везана за аномалије падавина и/или стање водних ресурса у изданима. Некада је постојала тежња за развојем посебних индекса за различите врсте суше и различите климатске регионе. Из тог разлога постоји доста индекса, али ниједан од њих не може да се користи универзално.

Индекси варирају од сасвим једноставних одредница које користе само податке о падавинама (као што је Стандардизовани индекс падавина – Standardized Precipitation Index – SPI), до сложенијих индекса који укључују процену расположиве енергије за евапотранспирацију са расположивом количином воде (за евапотранспирацију). Сложеност може да се повећа употребом параметара који не спадају у метеоролошке, попут података о земљишту. Земљиште је један од највећих делова климатског система за складиштење воде, па је стога важно укључити га у анализу суше. Главни проблем везан за параметре земљишта јесте њихова велика просторна променљивост и недостатак поузданих метода за просторну интерполацију.

Међутим, праћење суше је много више од пуког израчунавања индекса. Важно питање је контрола квалитета података. Будући да покушавамо да извршимо процену одступања од „нормалног“ стања, мале разлике и недоследности у историјским подацима могу да доведу до великих грешака у коначним резултатима. Систем за праћење обично треба да садржи систем за дисеминацију података у реалном времену. У случају система за рану најаву суше нису неопходни подаци у реалном времену због спорог развоја догађаја, али ипак је потребан је разумно брз систем за обезбеђивање података. Систем ране најаве суше може да буде веома једноставан, заснован само на подацима о падавинама, или може да буде сложенији и садржи интердисциплинарске информације. Интердисциплинарност захтева истовремену употребу система за праћење уз усаглашавање развоја најспоријег система. Зато је усклађивање различитих система за праћење веома важно

у случају сложеног праћења суше. Центар за управљање сушом за југоисточну Европу врши праћење суше засновано на SPI.

Стандардизовани индекс падавина постао је један од најчешће коришћених „алата“ за праћење суше широм света. Иако је развијен у скорије време (Меки је објавио први чланак са описом израчунавања SPI 1993. године), данас је најзаступљенији у пракси праћења суше. SPI се заснива на статистичким техникама помоћу којих се може одредити степен сушности или влажности на више временских скала. Одговарајућа временска скала треба да буде изабрана у складу са убицајеним временским трајањем суве аномалије која утиче на друштво и економију (укратко – суше). Та скала се значајно разликује од региона до региона. Обично се у обзир узимају падавине током 1, 3, 6, 12 или чак (понекад) 24 месеца и пореде са климатолошким подацима о падавинама.

Пошто SPI зависи само од количине падавина, његово тумачење (углавном везано за његов однос са утицајем суше) мора да се врши пажљиво. SPI пре свега захтева различита тумачења у зависности од временске скале. На пример, једномесечни SPI углавном приказује краткорочне услове, а његова примена може да буде уско повезана са влажношћу земљишта. То би могло да буде повезано са

Табела 1. Класификација суше на основу вредности SPI и одговарајућа вероватноћа појаве

Вредност SPI	Класификација	Вероватноћа (%)
2.00 или већа	Екстремно влажно	2.3
1.50 до 1.99	Веома влажно	4.4
1.00 до 1.49	Умерено влажно	9.2
0 до 0.99	Мало влажно	34.1
-0.99 до 0	Блага суша	34.1
-1.00 до -1.49	Умерена суша	9.2
-1.50 до -1.99	Јака суша	4.4
-2.00 или мања	Екстремна суша	2.3

стресом изазваним сушом у одређеним развојним фазама усева. Тромесечни SPI даје сезонску оцену падавина, која је обично везана за укупан принос усева и услове у водотоковима малих река. Шестомесечни и деветомесечни SPI указују на средњорочне трендове падавина, а дванаестомесечни одражава стање током још дужег временског периода, које је углавном у вези са већим водотоковима, водостајима у резервоарима, па чак и са нивоом подземних вода. Још једна предност израчунавања SPI потиче од његове стандардизације, што осигурава да учесталост екстремних суша на било којој локацији и на било којој временској скали буде упоредиво. Суша настаје онда када је SPI у континуитету негативан и има вредност од -1.0 или мању од те. Суша се завршава када SPI постане позитиван. Трајање сваке суше одређено њеним почетком, крајем и интензитетом током трајања.

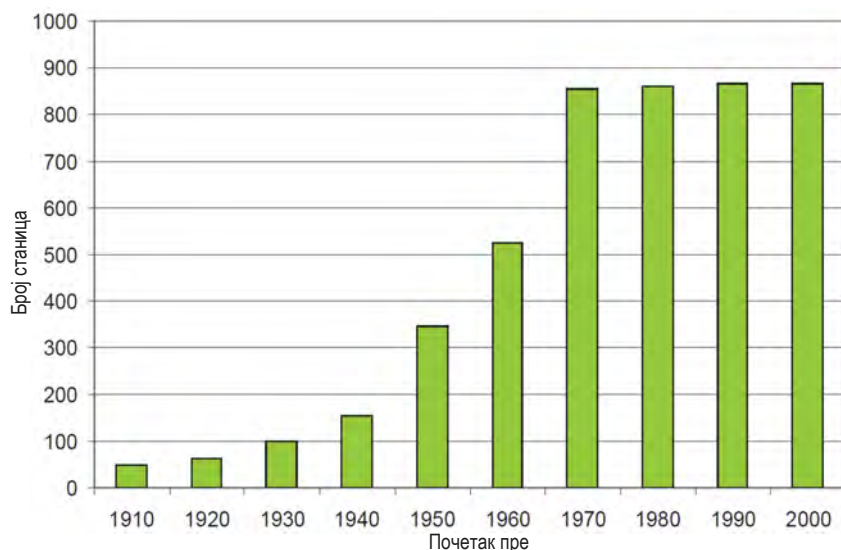
Један од проблема могу да представљају недоследни закључци добијени због различитих дужина временских низова података о падавинама које се користе при рачунању SPI. Што је низ података који се користи при рачунању SPI дужи, то ће добијене његове вредности бити поузданије, што се нарочито односи на вредности за дуже периоде на временској скали. При анализи реакција климе на хидролошке процесе пожељно је коришћење робустне статистике због непоклапања у подацима са станица које укључује нехомогеност и недоследност осматрања у простору и времену. Да би се могући проблеми везани за недоследност свели на најмању могућу меру, калибрациони период и основна обрада података треба да буду стандардизовани.

Распрострањеност коришћења широм света, умерени захтеви везани за податке и робустност прорачуна главни су разлози за увођење рачунања SPI у региону. Такође је важно да суседне земље размене искуства везана за софтверске апликације, податке потребне за калибрацију, као и контролу квалитета и обраду података.

Метеоролошке мреже, врсте осматрања и расположивост података веома су важни чиниоци у праћењу суше. Има великих разлика у врсти и расположивости података унутар DMCSEE партнерства, како због природе институција-партнера (неки партнери управљају националним метеоролошким мрежама, док други имају ограничен приступ националним подацима), тако и због ситуације унутар националних метеоролошких служби земаља учесница у пројекту (код неких је дошло до великих смањења мрежа и/или аутоматизације мерења, а има и случајева да подаци нису расположиви у дигиталном облику). У сваком случају, блиска сарадња

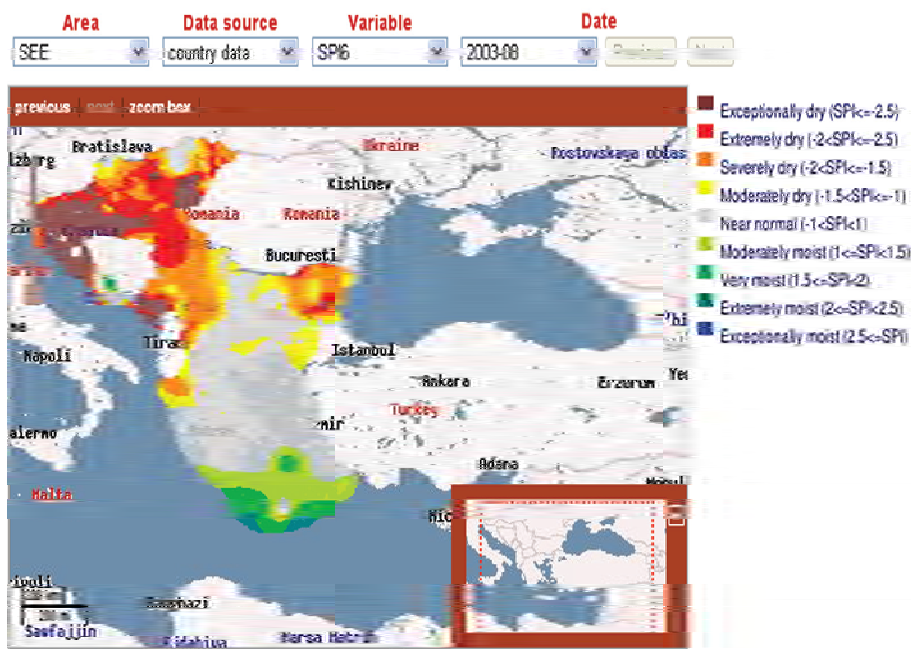


Слика 1. Мапа станица са расположивим подацима за калибрацију и прорачун SPI (према извештају партнера)



Слика 2. Број станица према почетку периода са подацима

националних метеоролошких служби кључна је за успешно спровођење управљања сушом. Метеоролошке службе оперативно користе различите врсте мрежа станица; мреже су такође и интерно хетерогене. Основу већине система и даље чине класичне метеоролошке станице са осматрачима - добровољцима и професионалцима. Већина служби ради на томе да успостави мрежу аутоматских метеоролошких станица која би евентуално заменила класична осматрања. Међутим, због зависности SPI (као и других индекса суше) од хомогених историјских података на мерном месту потребно је да се тај прелаз припреми и изврши пажљиво.



Слика 3. Пример регионалне мапе SPI

Оперативно израчунавање SPI обавља се на основу дневних података о падавинама. Већина станица располаже подацима за 40 година или мање (погледати слику 2). Из тог разлога, као и ради избегавања година са екстремним условима с почетка 21. века, договорено је да се за најприкладнији калибрациони период узме интервал од 1971. до 2000. године. Иако је међународни стандард за климатолошки референтни период и даље период од 1961. до 1990. године, из практичних разлога (за приближно трећину већи број станица) одлучено је да се користе подаци који датирају након 1971. године. Оваквим избором калибрационог

периода, на располагању је приближно 860 станица у земљама партнерима на пројекту за прорачун SPI на месечној основи.

Прорачун SPI за једно место може да илуструје сушне услове у некој географској локацији у садашњем и претходним периодима. Међутим, мапирањем SPI настају мапе које могу да се користе за приказивање ситуације изнад већих региона и које могу да покажу динамички развој суше. За мапирање се обично користе геостатистичке методе попут кригинга или оптималне интерполације. Слика 3 показује пример једне такве мапе.

Имплементација (израчунавање и картирање) SPI свакако није једини и коначни корак у развоју система за праћење суше. Међутим, због његове једноставности и робустности, Светска метеоролошка организација га је прогласила референтним индексом суше. Из тог разлога, SPI представља први и кључни корак, као и основну компоненту регионалних продуката праћења суше. Уз коришћење сложенијих „алата“ (као што је процедура за оптимизацију наводњавања) могуће је прецизније проценити озбиљност одређене (пољопривредне) суше за одређене потребе (процена приноса усева). Међутим, сложеност проблематике и усредсређеност на одређене последице суше у суштини воде до губитка увида у општу слику. Успешан систем за праћење суше треба истовремено да пружи општи преглед ситуације, као и процену појединих последица.

ПРАЋЕЊЕ И АНАЛИЗА СУШЕ У РЕПУБЛИЧКОМ ХИДРОМЕТЕОРОЛОШКОМ ЗАВОДУ

Ана Шовљански, Славица Радовановић
Републички хидрометеоролошки завод

Оперативни послови и примењена истраживања који се обављају у Одељењу за агрометеорологију у Републичком хидрометеоролошком заводу имају за циљ да допринесу повећању ефикасности пољопривредне производње у Србији и њеном одрживом развоју.

У Одељењу за агрометеорологију РХМЗ врше се анализе, праћења и оцене услова за раст и развиће пољопривредних култура на основу актуелних, историјских метеоролошких података и других информација, као и процене могућих утицаја очекиваних промена климе на пољопривреду у Србији. Праћење, анализа и оцена временских и климатских услова заснива се на агрометеоролошким индексима, примени агрометеоролошких модела и резултатима климатских модела.

Оперативне процедуре мониторинга суше обухватају израчунавања неколико индекса суше и параметара услова влажности, на основу дневних метеоролошких података са метеоролошких станица. То су: Стандардизовани индекс падавина, Палмеров Z индекс, залиха влаге у земљишту и потенцијална евапотранспирација. Оперативно се примењује и модел време-усев CropSyst. Током имплементације DMCSEE пројекта, осим што је унапређена регионална сарадња на смањењу последица ове штетне метеоролошке појаве, побољшан је и мониторинг суше на националном нивоу. То се односи како на побољшање рачунских поступака, тако и на увођење још неких индекса суше у оперативну примену, као што је нпр. Палфаијев индекс. Разноврсни продукти мониторинга суше доступни су на интернет презентацији РХМЗ: <http://www.hidmet.gov.rs/>, где се редовно ажурирају.

Оперативним процедурама у оквиру мониторинга услова влажности који спроводи РХМЗ обухваћено је одређивање вредности Стандардизованог индекса падавина (SPI) на основу количина падавина забележених у претходних 30, 60 и 90 дана. Осим ових прорачуна који се обављају са кораком у времену од један дан, израчунавају се и вредности SPI за претходних 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12 и 24 месеца и то по истеку сваког календарског месеца.

Вредности SPI одређене у различитим временским скалама омогућавају његову широку примену: од краткорочног планирања до истраживања дугорочнијих

колебања у режиму падавина. Тако, вредности SPI утврђене за периоде од једног до три месеца релативно добро су корелисане са залихама продуктивне влаге у површинским слојевима земљишта, па се могу користити за оцену услова влажности у којима се одвијају раст и развиће пољопривредних култура. Вредности SPI утврђене за дуже временске периоде указују на преовлађујуће карактеристике услова влажности током вегетационог периода, календарске године итд., а често постоји и корелација ових вредности са нивоима површинских и подземних вода у посматраном подручју.

На основу десетодневних прогноза падавина Европског центра за средњорочну прогнозу и РХМЗ-а, израђују се прогнозе SPI базираног на количини падавина у претходних 50 дана и прогнозираних падавина у наредних 10 дана.

У оквиру Виртуелног центра за климатске промене у југоисточној Европи који егзистира у оквиру РХМЗ, планирана је израда дугорочних прогноза SPI на бази количине падавина за 1, 2, 3 и 6 месеци унапред, као и израда прогноза још неких параметара који се односе на услове влажности.

Још један индекс који се користи у мониторингу суше је Палмеров Z индекс. Прорачун овог индекса представља део стандардне процедуре израчунавања Палмеровог индекса суше. Z индекс представља меру месечне аномалије влажности. Вредност овог индекса се одређује на основу релативно једноставног прорачуна водног биланса са кораком у времену при прорачуну од један месец. Вредности Z индекса се ажурирају на крају сваке декаде.

Залиха продуктивне влаге у слоју земљишта од један метар испод травнате површине представља један од параметара услова влажности. Израчунавање се на основу једноставног модела водног биланса и метеоролошких података са кораком у времену од једног дана. У овом моделу вредност потенцијалне евапотранспирације одређује се методом Penman-Monteith-a.

У РХМЗ, уз одређивање актуелних дневних вредности референтне евапотранспирације на основу оперативних података са Главних метеоролошких станица, припремају се и прогнозе дневних вредности потенцијалне евапотранспирације за десетодневни период за исте локације. Прогноза се заснива на детерминистичким прогнозама максималних и минималних дневних температура ваздуха (Европски центар за средњорочну прогнозу - ECMWF и РХМЗС). За израчунавање потенцијалне евапотранспирације користи се једначина Hargreaves-a, код које се израчунавање базира на максималним, минималним и средњим дневним

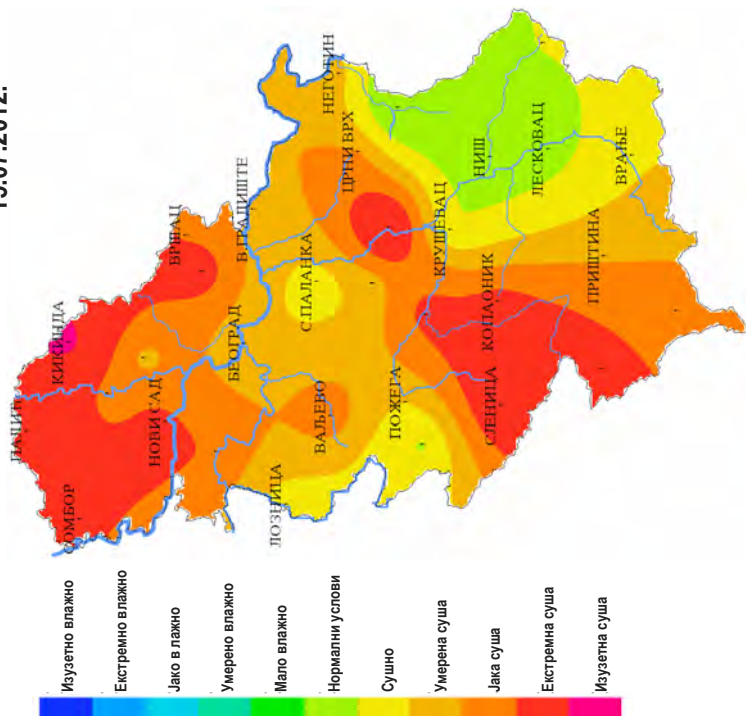
температурама ваздуха, као и на екстратерестричком Сунчевом зрачењу и дужини обданице током године за дати локалитет. Између осталог, ове вредности референтне евапотранспирације могу се, под условом да се примене и одговарајући коефицијенти културе, користити за оцену стања и процену потреба за наводњавањем усева у пољопривредној пракси.

У РХМЗ израђује се десетодневни билтен са одабраним продуктима који се добијају применом Cropsyst модела. Cropsyst је модел раста усева којим се могу симулирати биомаса и приноси различитих усева, резерве воде и азота у земљишту, фенологија усева. За сада се оперативно примењује за шест одабраних локација у различитим пољопривредним подручјима на територији Србије и то само за усев кукуруза. У периоду април-октобар, перманентно се обавља дневно процесирање актуелних метеоролошких података, прате се излазни продукти модела и врши анализа агрометеоролошких услова потребних за раст и развиће средње касних хибрида кукуруза. Посебна пажња поклања се водном билансу земљишта и усева. Прогнозира се утицај претпостављених временских услова на развиће и принос кукуруза у предстојећем преосталом делу вегетације. Различити временски сценарији (сушни и топли, хладни и влажни, као и просечни) дефинисани су за период од 1. јула до 31. августа на основу дневних метеоролошких података за период 1990-2005. године. У билтену се графички представљају актуелни подаци: дневне вредности стварне и потенцијалне евапотранспирације, дневне количине падавина, влажност земљишта до дубине од једног метра изражена у процентима приступачне воде. Такође, приказане су и кумулативне вредности потенцијалне и стварне евапотранспирације и падавина од почетка вегетационог периода до дана симулације тј. припреме билтена. У билтену се, такође, у табеларном облику дају параметри који се односе и на прогностички део симулације: кумулативне вредности потенцијалне и стварне евапотранспирације и количине падавина од почетка вегетационог периода до прогнозираног краја вегетације, датуми наступа појединих фенофаза кукуруза, као и прогноза приноса за три горе поменута сценарија будућих временских услова. По истеку вегетационог периода, припрема се посебан билтен који садржи рекапитулацију резултата добијених моделом, као што су: коначна процена приноса, процењен износ укупне потенцијалне евапотранспирације и укупне евапотранспирације усева кукуруза током вегетационог периода итд.

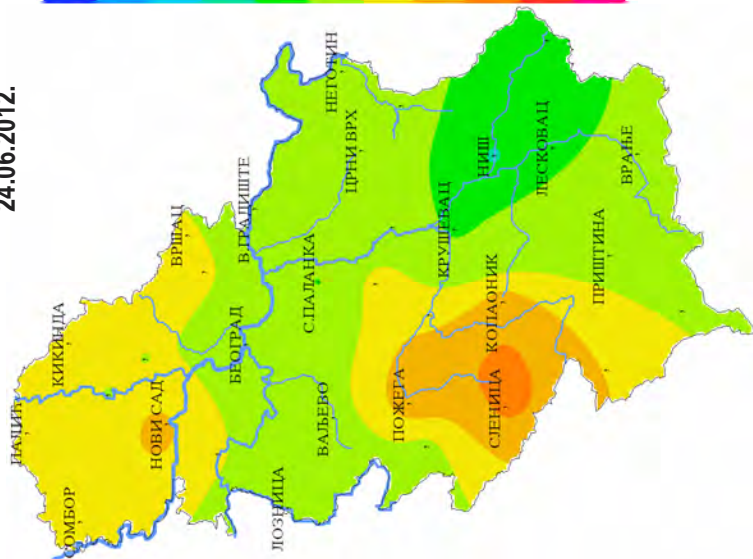
У прилогу је дат пример праћења развоја и процене интензитета суше на основу Стандардизованог индекса падавина одређеног за период од 60 дана на територији Србије. Ради се о летњој суши која је забележена у 2012. години.

ПРИЛОГ: Услови влажности на територији Србије процењени на основу вредности Стандардизованог индекса падавина израчунатих из количина падавина које су забележене у предходних 60 дана

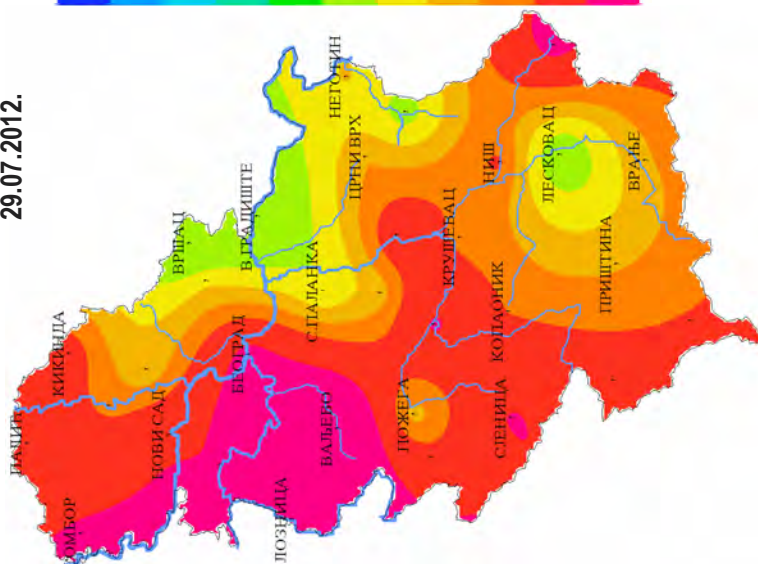
15.07.2012.



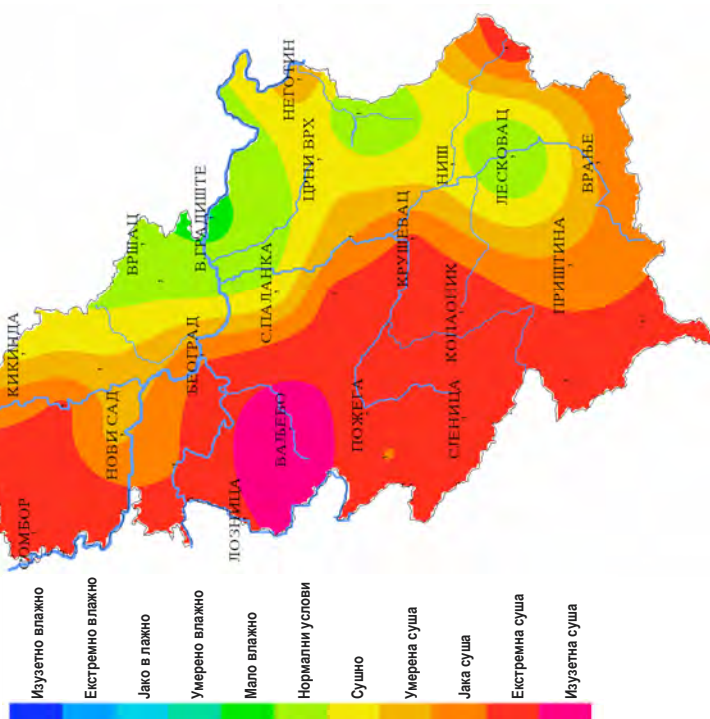
24.06.2012.



29.07.2012.



02.09.2012.



Екстремна суша која је у највећем делу Србије потрајала током читавог лета 2012. године проузроковала је велике штете у пољопривреди и веома ниске нивое воде у многим рекама и воденим акумулацијама

ПАЛФАИ ИНДЕКС СУШЕ

Арнолд Херцег
АТИ-ВИЗИГ

Палфаи индекс суше (Palfai drought index - PAI), развијен у Мађарској за кориснике из области пољопривреде и управљања водама, почео је да се користи за нумеричку карактеризацију суше почетком 80-тих година прошлог века. Овај индекс описује јачину суше током пољопривредне године једном нумеричком вредношћу, која кореспондира са лошим стањем усева.

Током рада на DMCSEE пројекту анализирана је могућност коришћења PAI индекса у области југоисточне Европе и испитивали какве промене захтевају његову ширу употребу, посебно имајући у виду расположивост основних података.

Рачунање основне вредности PAI индекса у суштини је једноставно, будући да захтеви за подацима могу лако да буду испуњени; за израчунавање овог индекса неопходно је имати само податке о средњој месечној температури и суми падавина. Међутим, у формули PAI индекса тешко је одредити три корекциона фактора заснована на дневним вредностима температуре и падавина, као и на нивоу подземних вода. Ради лакше практичне употребе развијен је нови, једноставнији метод израчунавања тих фактора, заснован на средњој месечној температури ваздуха и месечној суми падавина.

Једначина (1) за прорачун основне вредности тог модификованог индекса, названог Палфаијев индекс суше (Palfai's Drought Index - PaDI), гласи:

$$PaDI_o = \frac{\left[\sum_{i=apr}^{aug} T_i \right] / 5 \cdot 100}{c + \sum_{i=oct}^{sept} (P_i \cdot w_i)} \quad (1)$$

где је

$PaDI_o$ – основна вредност индекса суше, °C/100 mm

T_i – средња месечна температура од априла до августа, °C

P_i – месечна сума падавина од октобра до септембра, mm

w_i – корекциони фактори

c – константа (10 mm)

Корекциони фактори (w_i) за падавине у табели 1 показују разлику између акумулације влаге у земљишту и захтева биљака за водом.

Табела 1. Корекциони фактори

Месец	Корекциони фактори w_i
Октобар	0.1
Новембар, децембар	0.4
Јануар-април	0.5
Мај	0.8
Јун	1.2
Јул	1.6
Август	0.9
Септембар	0.1

Израчунавање $PaDI$:

$$PaDI = PaDI_o \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

$PaDI$ – Палфаијев индекс суше, $^{\circ}C/100\text{ mm}$

k_1 – корекциони фактор температуре

k_2 – корекциони фактор падавина

k_3 – корекциони фактор који карактерише падавине у претходних 36 месеци

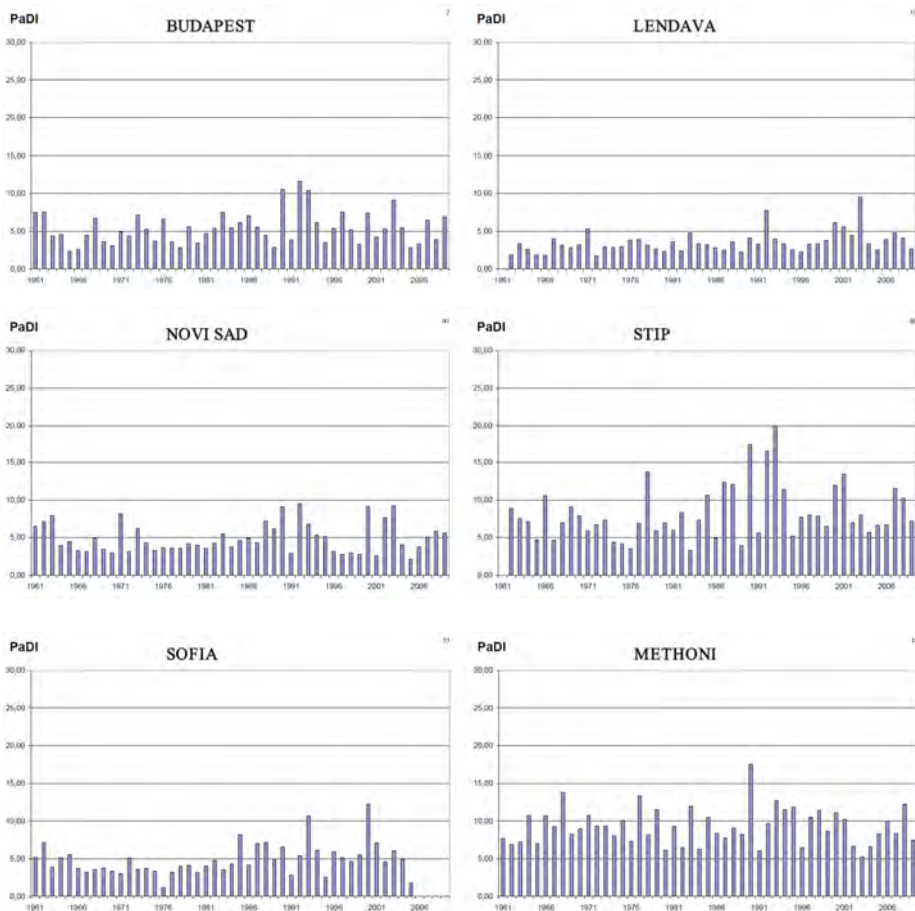
Од корекционих фактора, фактор температуре (k_1) представља однос између испитиване и просечне вишегодишње летње температуре, фактор падавина (k_2) представља однос количина падавина у летњим месецима које су одређене на основу дугогодишњег низа података и одговарајућих вредности забележених у посматраној години, а фактор k_3 представља стање у погледу количине падавина у претходних 36 месеци.

Табела 2. Категорије суше

$PaDI$, $^{\circ}C/100\text{ mm}$	Опис
< 4	Година без суше
4 – 6	Блага суша
6 – 8	Умерена суша
8 – 10	Умерено-јака суша
10 – 15	Јака суша
15 – 30	Врло јака суша
> 30	Екстремна суша

Израчунате су вредности PAI и $PaDI$ за осам станица у Мађарској за период од 1961. до 2009. године и нема значајне разлике међу добијеним резултатима. Будући да се географске и климатске одлике Мађарске унеколико разликују од одлика других земаља југоисточне Европе, класификација суше по јачини према $PaDI$ обухвата више категорија (Табела 2): уведено је седам категорија, уместо пређашњих пет.

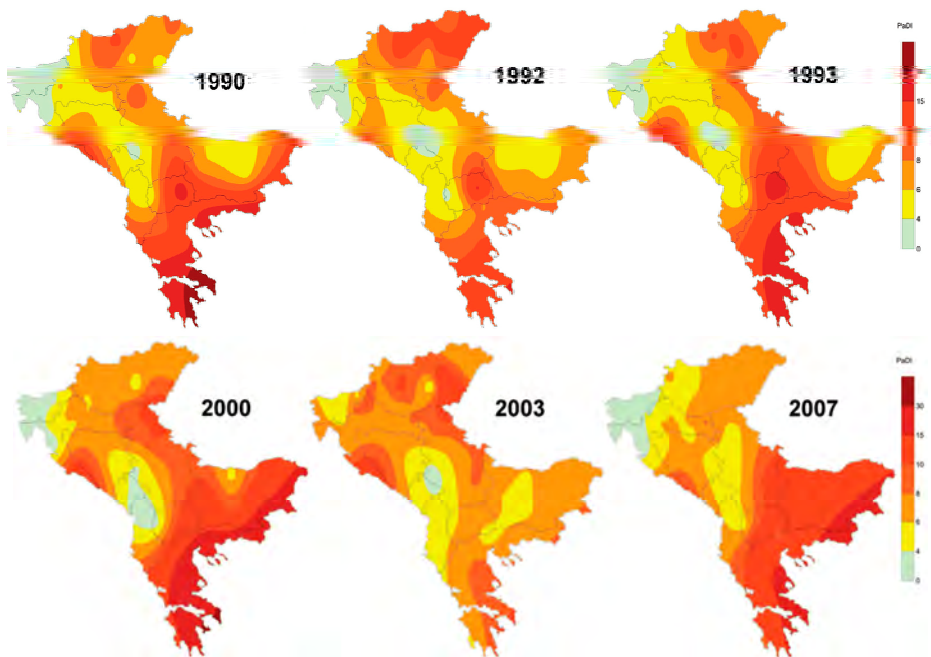
Вредности PaDI за неке станице из југоисточне Европе за период од 1961. до 2009. године представљене су графички помоћу вертикалних стубића на слици 1.



Слика 1. Временски низови PaDI за шест станица: Будимпешта (Мађарска), Лендава (Словенија), Нови Сад (Србија), Штип(Македонија), Софија (Бугарска) и Метони (Грчка)

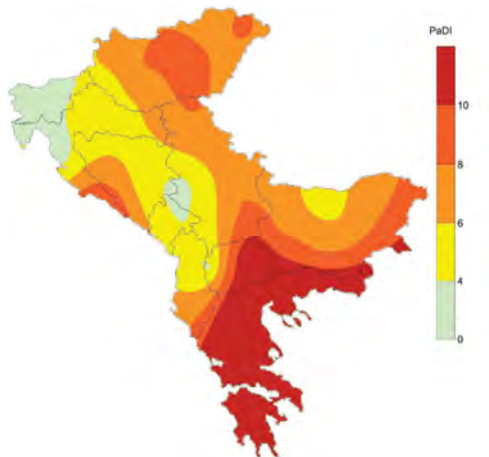
Према добијеним вредностима, сушније године су чешће у другом делу испитаног периода. Највеће вредности PaDI у целом региону забележене су 1990, 1992, 1993, 2000, 2003. и 2007. године. За наведене сушне године дефинисана је просторна расподела PaDI индекса за регион југоисточне Европе помоћу података са 63 станице. Расподеле су представљене на слици 2. Суша према јачини из године у годину има различиту просторну рас-

поделу, али углавном погађа јужни део испитане области. У планинским областима интензифицирано суше је знатно мањи (осим у 2003. години), али јој је учесталост слична.



Слика 2. Просторна расподела PaDI у региону југоисточне Европе за 1990,1992,1993,2000,2003. и 2007. годину

Мапа на слици 3 састављена од PaDI са вероватноћом јављања од 10% показује просторне разлике у јачини суше у региону.



Слика 3. PaDI са вероватноћом јављања од 10% у југоисточној Европи

Пошто PaDI показује јачину суше за целу пољопривредну годину, при карактеризацији сезонске суше такође је практично упоредо примењивати и SPI3 или SPI6 индексе. Поред карактеризације суше у претходним годинама, PaDI се такође може користити и за прогнозу суше тако што се подацима из претходног периода додају вредности прогнозиране за наредне месеце и то у више варијанти.

ОЦЕНА УСЛОВА ВЛАЖНОСТИ У СРБИЈИ ПРИМЕНОМ ПАЛФАИЈЕВОГ ИНДЕКСА СУШЕ (PADI) У ПЕРИОДУ 1992 - 2012. ГОДИНЕ

Табела: Оцена услова влажности по годинама за места у Србији на основу PADI

место/година	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Палић	УЈС	УЈС	УС	БС	БС	БС	Н	Н	ЈС	Н	УЈС	УЈС	Н	Н	Н	УС	Н	БС	Н	УС	ЈС
Сомбор	УС	УС	БС	БС	БС	БС	Н	Н	УЈС	Н	БС	ЈС	Н	Н	Н	УС	Н	УС	Н	БС	ЈС
Нови Сад	УЈС	УС	БС	БС	Н	Н	Н	Н	УЈС	Н	УС	УЈС	БС	Н	Н	БС	БС	БС	Н	УС	УЈС
Киkinda	ЈС	УС	БС	БС	УС	Н	БС	Н	ЈС	БС	УЈС	УС	БС	Н	БС	БС	УС	БС	Н	УС	ЈС
Београд	БС	УС	Н	БС	БС	Н	УС	Н	УЈС	Н	БС	УС	Н	Н	Н	БС	БС	БС	Н	УС	УЈС
Ђуприја	БС	УС	БС	БС	БС	Н	УС	Н	УС	Н	Н	УЈС	Н	Н	Н	УС	БС	Н	Н	БС	УС
Димитровград	Н	УЈС	БС	Н	БС	БС	БС	БС	УЈС	БС	Н	БС	Н	Н	Н	УС	БС	Н	БС	БС	УС
Крагујевац	БС	УЈС	БС	УС	УС	БС	БС	Н	УЈС	Н	БС	УЈС	БС	Н	БС	УС	УС	БС	БС	УС	УЈС
Краљево	БС	УС	БС	Н	УС	Н	БС	Н	УС	Н	БС	БС	Н	Н	Н	УС	Н	Н	Н	УС	УЈС
Крушевац	УС	УЈС	УС	Н	УС	БС	УС	Н	УЈС	Н	БС	ЈС	БС	Н	БС	УС	БС	БС	Н	БС	УС
Лесковац	УС	УЈС	БС	БС	УС	БС	БС	БС	УС	БС	БС	УЈС	БС	Н	Н	УЈС	БС	Н	БС	УС	УС
Лозница	БС	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	УС	Н	Н	УС	Н	Н	Н	УС	Н	Н	Н	УС	УС
Неготин	ЈС	ЈС	УС	БС	УЈС	БС	УС	БС	УЈС	УС	БС	УС	БС	Н	Н	ЈС	УС	БС	БС	УС	ЈС
Ниш	УС	ЈС	УС	БС	УЈС	БС	УЈС	БС	УЈС	БС	БС	УЈС	БС	Н	БС	ЈС	БС	БС	БС	УС	УС
Пожега	Н	БС	Н	Н	БС	Н	БС	Н	БС	Н	БС	УС	Н	Н	Н	БС	БС	Н	Н	УС	УС
См.Паланка	УС	УС	БС	БС	УС	БС	БС	Н	УЈС	БС	Н	УС	Н	Н	БС	УС	УС	БС	Н	УС	УС
Ср.Митровица	УЈС	БС	БС	БС	БС	БС	БС	Н	ЈС	Н	УС	УС	Н	Н	Н	БС	УС	УС	Н	УС	ЈС
Ваљево	БС	БС	БС	Н	Н	Н	БС	Н	УС	Н	БС	УС	Н	Н	Н	БС	БС	Н	Н	БС	УЈС
Вел.Градиште	УС	УС	БС	БС	БС	Н	БС	Н	УЈС	Н	БС	УЈС	БС	Н	Н	УС	УС	БС	БС	УС	БС
Врање	УС	УЈС	БС	БС	УС	БС	БС	УС	ЈС	БС	Н	УС	Н	БС	БС	УС	БС	БС	УС	УС	УЈС
Зајечар	УЈС	УЈС	БС	УС	УЈС	Н	УС	БС	ЈС	БС	БС	УЈС	БС	Н	Н	УЈС	БС	БС	Н	УС	УС
Зрењанин	ЈС	УЈС	УС	Н	БС	Н	БС	Н	ЈС	БС	УЈС	ЈС	БС	Н	БС	БС	УЈС	БС	Н	УС	УЈС
Вршац	УС	БС	БС	Н	БС	Н	УС	Н	ЈС	БС	УС	УЈС	БС	Н	Н	УС	УЈС	БС	Н	БС	УС
Бечеј	УЈС	УС	УС	БС	БС	Н	УС	Н	УЈС	Н	БС	УЈС	БС	Н	БС	УС	УС	УС	Н	УЈС	ЈС
Бан.Карловац	УЈС	УЈС	БС	Н	УС	Н	БС	Н	ЈС	Н	БС	УЈС	Н	Н	БС	УС	УС	БС	Н	УС	УС

Објашњење скраћеница:

нормални услови-Н	блага суша-БС	умерена суша-УС	умерено-јака суша-УЈС	јака суша-ЈС
-------------------	---------------	-----------------	-----------------------	--------------

У табели су дате квалитативне оцене услова влажности утврђене на основу категоризације Палфаијевог индекса суше (PADI) по местима у Србији. Овај индекс је показатељ који карактерише сушу са једном нумеричком вредношћу која се односи на једну пољопривредну годину (период октобар претходне године - септембар текуће године). Из табеле се може видети да су 2000, 2012. и 2003. година окарактерисане као изразито сушне у већини подручја. Сушне су биле и 1992, 1993, 2007. и 2011. година. Под категоријом „нормални услови” подразумева се одсуство суше.

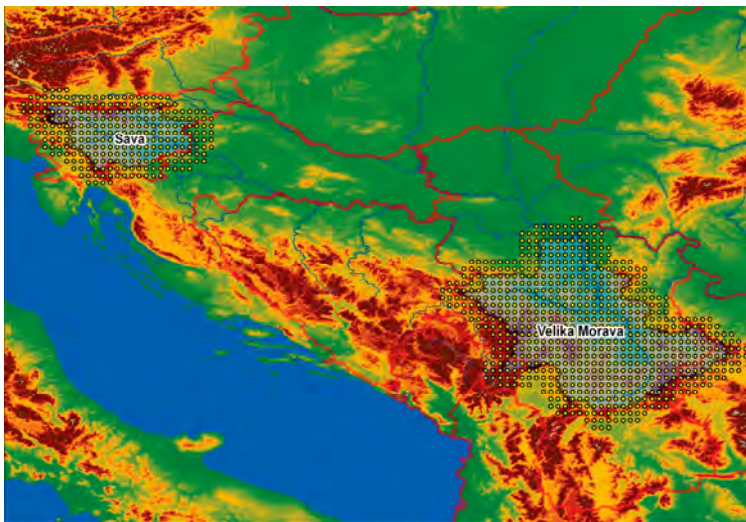
Анализа: Републички хидрометеоролошки завод

ПРОШИРИВАЊЕ ПРОДУКАТА ЗА ПРАЋЕЊЕ СУШЕ: ПРОЦЕНА САДРЖАЈА ВОДЕ У СНЕЖНОМ ПОКРИВАЧУ

Габор Балинт, Золт Матањи
ВИТУКИ

Падавине које доспевају на површину земље представљају један од најважнијих елемената хидролошког циклуса, и једини улазни елемент водног биланса Земљине површине. У оним областима Земље у којима део годишњих падавина доспева у облику снега, ритам хидролошког циклуса, то јест, ритам водног биланса током године, прати образац који одступа од онога који карактерише појаву падавина. Падавине у чврстом стању улазе у хидролошки циклус са закашњењем у односу на њихову појаву које може да износи и неколико месеци. Стога је, уместо осматраних вредности падавина, при описивању различитих елемената хидролошког циклуса практичније узети у обзир прилив површинских вода. То је део падавина који се на површини земље налази у течном стању. Из тог разлога најважнији задатак различитих нумеричких модела снега јесте претварање вредности осматраних падавина у вредности прилива површинских вода.

Модел топљења снега HOLV развила је мађарска Служба за хидролошко прогнозирање (Hungarian Hydrological Forecasting Service - VITUKI OVSZ).



Слика 1. Мрежна резолуција сликова у HOLV моделу топљења снега

Модел је настао раних осамдесетих година и стално се развија. Пре неколико година је дистрибуиран за потребе оперативне примене, и од тада се израчунавање врши на мрежи резолуције 0.1 степен (Слика 1).

Модел топљења снега HOLV има флексибилну структуру коју може да промени према расположивости података. У случају када су расположиви само подаци о падавинама и температури ваздуха користи се метод температурног индекса. Када су доступни и други подаци (облачност, тачка росе, брзина ветра), пожељније је користити модел енергетског биланса.

Уколико су расположиви одговарајући подаци за израчунавање енергетских вредности, може се користити метод енергетског биланса. У већини практичних случајева те вредности се не могу израчунати са прихватљивом тачношћу. Тада се може користити метод температурног индекса.

Сматра се да температурни индекс зависи од времена, што је последица сезонских промена вредности соларне радијације које кореспондирају се истом температуром ваздуха, па чак и променама рефлексионог фактора површине снега.

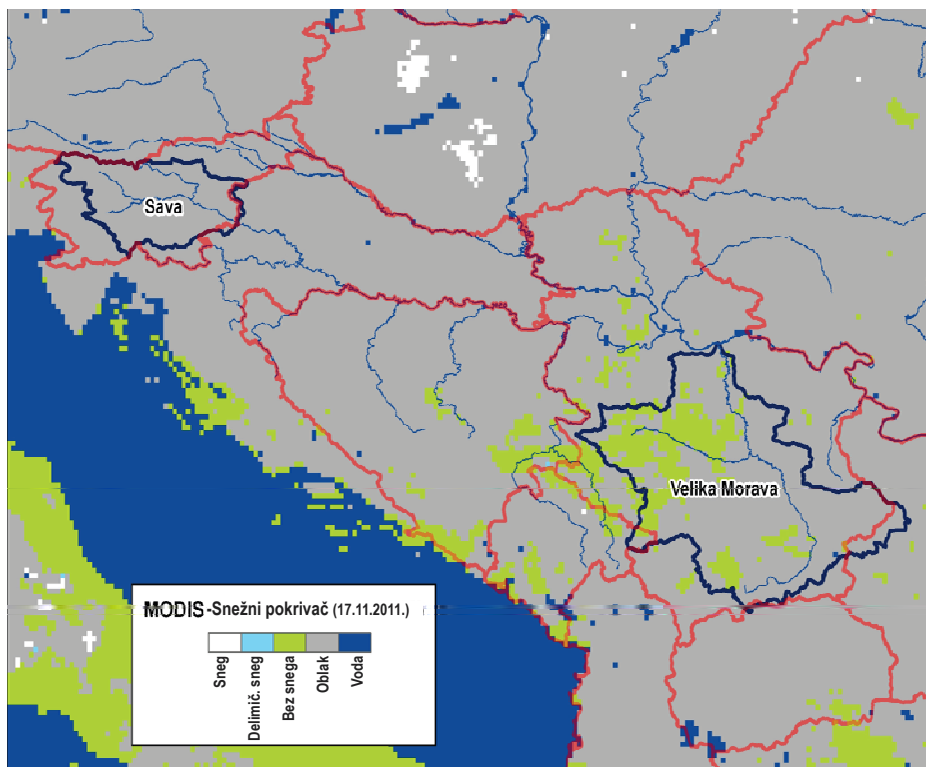
Модел топљења снега HOLV намењен је дневној употреби и користи се сваког дана после добијања јутарњих сетова података. Овај модел израчунава све вредности за последња 24 часа. Уколико се израчунавања вредности прескоче током неког дана, потребно их је обавити накнадно. Израчунавања морају да се извршавају са кораком у времену од један дан.

Пошто апликација при покретању за претпоставку узима услове без снега, са израчунавањем би требало отпочети у доба године када су сливна подручја покривена минималном количином снега.

Међу циљеве DMCSEE пројекта укључена је и могућа употреба сателитских информација при израчунавању садржаја воде у снегу. Привремена процена снежног покривача у великим областима може успешно да буде извршена уз помоћ различитих сателитских слика (Слика 2).

Квалитет израчунавања процеса везаних за снег (као што су акумулација снега, топљење снега) може се побољшати применом сателитских слика.

Међутим, после детаљних истраживања постало је очигледно да се развој универзално применљивог корекционог метода заснованог на сателитским информацијама суочава са озбиљним тешкоћама.



Слика 2. Сателитска слика са информацијама о снегу (MODIS)

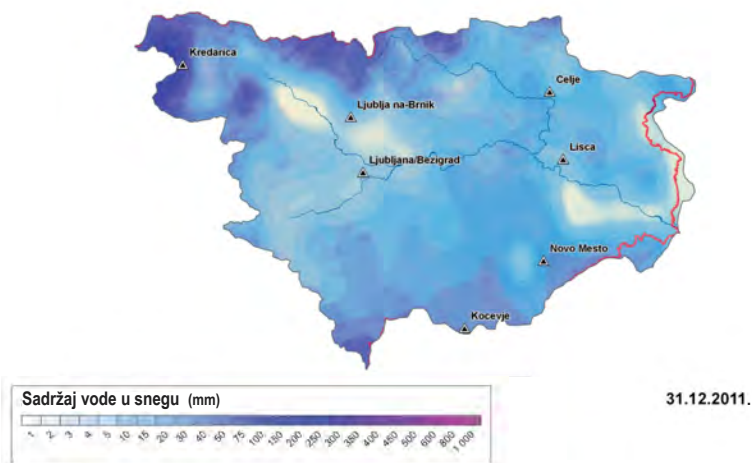
Главни извори тих проблема су:

- сателитске информације су доступне само за области без облака;
- сателитске информације садрже само податке о покривености снегом, али не и о количини воде садржане у снегу.

Све у свему, непрецизност метода за израчунавање количине воде садржане у снегу коришћењем сателитских информација може да буде сувише велика.

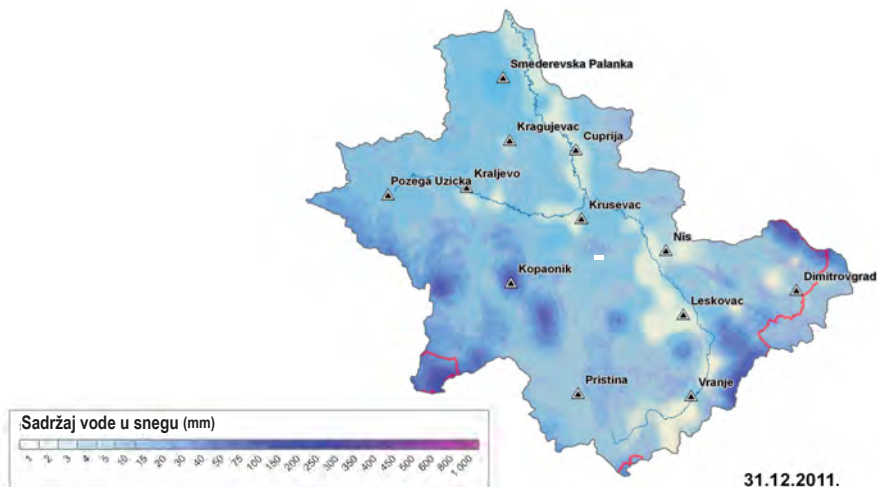
У складу са доступним подацима, HOLV модел (оригинално коришћен за горњи и средњи слив Дунава) у оквиру DMCSEE пројекта примењен је на горњи слив Саве и Велике Мораве. Узете су у обзир карактеристике сливова и нове метеоролошке станице, те је тако модел тестиран на два поменута слива.

На слици 3 је пример мапе садржаја воде у снегу на основу HOLV модела, са обележеним локацијама метеоролошких станица у горњем сливу Саве.



Слика 3. Расподела саржаја воде у снегу у горњем сливу Саве (31.12.2011. године)

Слика 4 приказује исту врсту мапе која се односи на слив Велике Мораве.



Слика 4. Расподела саржаја воде у снегу у сливу Велике Мораве (31.12.2011. године)

Коначни резултат је сложени модел акумулације и топљења снега спреман за коришћење од стране пројектних партнера за било који хидролошки слив или цео DMCSEE регион.

ПРОЦЕНА РАЊИВОСТИ НА СУШУ: УВОД И ТЕОРИЈСКА ОСНОВА

Христос Каравитис

Пољопривредни универзитет у Атини

Рањивост и термини везани за рањивост – отпорност и капацитет за адаптацију показали су се веома тешким за разумевање и примену (Walker et al., 2004; Füssel, 2007). Те тешкоће углавном потичу од чињенице да је термин рањивост користило мноштво истраживача из различитих дисциплина (Adger, 2006), укључујући науке које се баве друштвом, економијом и животном средином. Као резултат тога развијена је богата литература и створен је велики број дефиниција. У највећем делу литературе о рањивости, без обзира на приступ, подразумевају се или се експлицитно наводе две тврдње:

- 1. рањивост се генерално односи на људе или друштво;*
- 2. обично је присутна повезаност са борбом са стресом и капацитетом за подношење стреса или узнемирености.*

Овај последњи аспект део је следећих дефиниција које представљају само мали узорак оних постојећих. Рањивост представља:

- Карактеристику људи или група у смислу њихове способности да предвиде утицаје промена животне средине, да се са њима носе, да им се одупру и да се од њих опораве (Bohle, 2001).*
- Изложеност опасности од спољашњих утицаја (нпр. климатских промена) и способност људи да у одређеном тренутку смање ниво ризика (Laneweg and Guitierrez-Espeleta, 2001).*
- Степен до кога се очекује да један систем, подсистем или део система претрпи штету при изложености некој опасности, било узнемиравању или стресу/стресној ситуацији (Turner et al., 2003).*
- Степен до кога се очекује да људски системи или системи животне средине претрпе штету због узнемиравања или стреса (Luers et al., 2003).*
- Степен у коме је један систем осетљив или неспособан да се носи са неповољним утицајима климатских промена, укључујући климатске варијабле и екстреме. Рањивост је функција природе, величине и*

брзине климатских промена којима је систем изложен, као и његова осетљивост и способност прилагођавања (IPCC, 2001).

Рањивост је динамичка системска одлика која варира у времену пратећи разне промене које се дешавају у датом систему (Adger and Kelly, 1999; Dalziell and McManus, 2004; Leichenso and O'Brien, 2002; Luers, 2005; Miller et al., 2010). Слично томе, дефиниције рањивости наведене у литератури нимало нису статичне. И оне се мењају у складу са променама људског погледа на системску функционалност и односе између система и компоненти на различитим нивоима.

Најновије промене и напори на пољу рањивости укључују интегрисане форме друштвено-еколошких система (Social-Ecological Systems – SES, Berkes and Folke, 1998) и принципе Панархије, које су описали Холинг (Holling, 2001), Гундерсон и Холинг (Gunderson and Holling, 2002) и други аутори.

Рањивост се састоји од два основна елемента, а може се описати следећом једначином 1 (UNESCO, 2004):

$$\text{РАЊИВОСТ} = \text{ОПАСНОСТ} \times \text{УТИЦАЈИ} \quad (1)$$

Ова једначина може да обухвати и изложеност, али улога изложености није сасвим јасна. Изложеност се може сматрати како компонентом рањивости, тако и релацијом која повезује испитивану опасност са датим системом (Gallopin, 2003). У оба случаја, непостојање изложености опасности подразумева непостојање рањивости. Рањивост је такође повезана са ризиком преко следеће једначине 2, па стога процене рањивости представљају кључне делове процене ризика.

$$\text{РИЗИК} = \text{ОПАСНОСТ} \times \text{РАЊИВОСТ} \quad (2)$$

Процене рањивости могу да се претворе у захтеван задатак пошто све системске компоненте не приказују исту рањивост на одређену опасност, па зато треба правити претпоставке (пондере) да би се измерила просечна системска рањивост.

У примеру позајмљеном из области управљања водним ресурсима, основни елементи процене рањивости, чија је намена да служе само као концепт, а

не као детаљна методологија, приказани су на следећи начин (Office of Water/EPA 816-F-02025, 2002):

1. *Описивање водног система, укључујући његову сврху и циљеве;*
2. *Идентификација и приоритизација неповољних последица које треба избегнути;*
3. *Одређивање критичних вредности које могу да постану предмет негативних утицаја што би резултирало нежељеним последицама;*
4. *Процена вероватноће (квалитативне вероватноће) појаве негативних утицаја – утицаја негативних фактора;*
5. *Процена постојећих противмера;*
6. *Анализа тренутног ризика и развој плана приоритета за смањење ризика.*

Као што је већ поменуто, дефинисање термина рањивост обухвата неке тешкоће. Мерење рањивости неке области или система представља још већи изазов, пошто способност одређеног система да се носи са потенцијалним стресом или притиском који узрокује прелазак еколошког прага не може прецизно да буде одређена у простору и времену (CCSP, 2009). Из тог разлога мноштво институција развило је разноврсне индексе рањивости. Као пример дати су следећи индекси (Kaly et al., 2004):

- *Сложени индекс људске рањивости, развијен од стране Индијског технолошког института из Бомбаја,*
- *Кључни показатељи глобалног мапирања рањивости, развијени од стране Програма Уједињених нација за животну средину (United Nations Environment Programme - UNEP),*
- *Индекс рањивости коралног гребена на изложеност климатским променама, развијен од стране Гринписа,*
- *Индекс рањивости животне средине, развијен од стране Комисије за геонауку јужног Пацифика (South Pacific Geoscience Commission - SOPAC)*
- *Индекс климатске рањивости, развијен од стране Саливана и Хантингфорда (Sullivan and Huntingford, 2009).*

Помоћу ових индекса покушава се да се дефинишу различити аспекти опште рањивости у смислу опасности. Да би се измерила рањивост на одређену опасност развијени су и други индекси. Композиција индекса заснована је на опажању опасности и на природи саме опасности.

Суша је опасност која, према Хагману (Hagman, 1984), представља сложену појаву која утиче на људске активности више од било које друге природне непогоде. Суша је честа појава која се јавља у бројним регионима широм света без обзира на степен њихове природне влажности/сушности (Bordi et al., 2006; Eriyagama et al., 2009). Феномен суше привлачи пажњу како јавности тако и интердисциплинарних наука због чињенице да врши мноштво утицаја на друштво, економију и животну средину (Yevievich et al., 1983; Rossi et al., 1992; Karavitis, 1999b; Wilhite et al., 2000; Cancelliere et al., 2005). Према Брусу (Bruce, 1994), суше изазивају штету која се мери милијардама америчких долара. Уопште узев, (Eriyagama et al., 2009), јачина утицаја суше у некој области зависи од интензитета људских активности, потреба, захтева, нивоа развијености друштвено-економске структуре и повезаности са животном средином.

Литература о суши је веома богата и обухвата низ студија случаја из целог света. Све у свему, суша је динамична појава са којом је, по свему судећи, тешко суочити се. Узроци тешкоћа при примени одговарајућих управљачких одговора могу се наћи међу следећим проблемима: непрецизне дефиниције суше, разноврсни и истовремено поражавајући утицаји суше и одсуство систематичних механизма за пружање одговора. Ти узроци су даље појашњени у тексту који следи (Karavitis 1992; 1999a). Прецизна, недвосмислена дефиниција суше још није сачињена. Један од извора проблема у вези са састављањем објективне дефиниције могло би да буде и то што појам суше за различите стручњаке има различито значење, у складу са њиховим пољем истраживања (метеорологија, хидрологија, водни ресурси, економија, пољопривреда итд.). Други проблем представља препознавање јер је дефиниција суше блиско повезана са географским, хидролошким, геолошким, историјским и културним одликама дате локације. Трећи фактор је тешкоћа да се постојећа терминологија везана за сушу модификује у складу са актуелним техникама и праксом (Karavitis 1999a). Упркос томе, постоји тенденција да се суша дефинише као дефицит падавина током дужег временског периода (NDPC, 2000; Cancelliere et al., 2005; Wilhite et al., 2006; Eriyagama et al., 2009). Стога, шира и вероватно примењивија дефиниција суше гласила би: деловање штетних и широко распрострањених хидролошких, друштвених и економских утицаја и утицаја животне средине услед постојања мањих количина воде од очекиваних (Karavitis 1992;

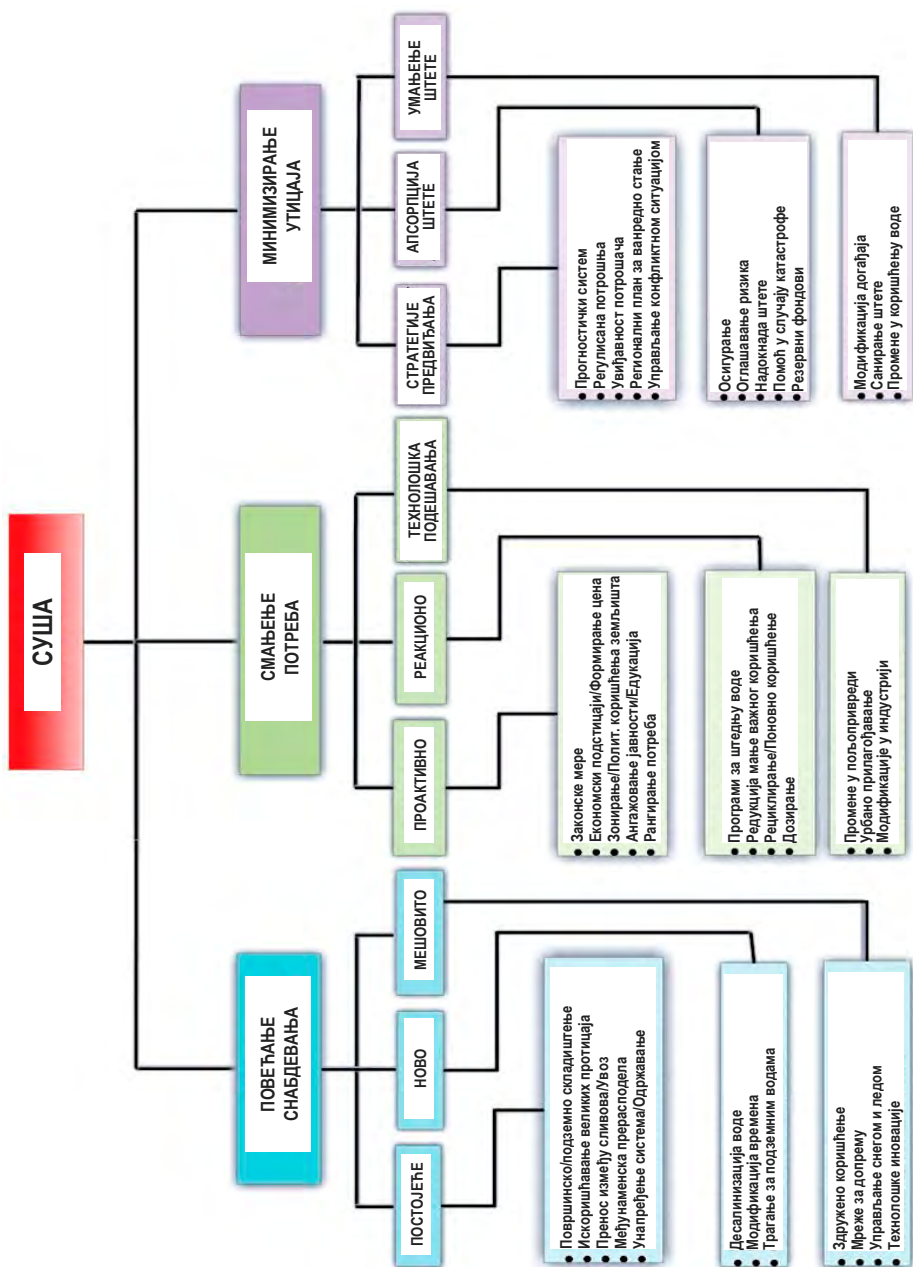
1999b). Такав недостатак воде може најпре настати услед смањене количине падавина, често праћене физичком и/или управљачком неефикасношћу система за снабдевање водом и дистрибуцију воде, што обично погађа неку већу област.

Много напора се улаже у активности планирања и управљања сушом, али и поред тога ти подухвати и даље имају недостатке. Напоре додатно отежавају најскорије климатске аномалије и нестабилности (Milly, et al., 2008). Ипак, највећи изазов при било ком истраживању у вези са сушом представља развој свеобухватних и ефективних шема управљања сушом.

Свеобухватни план одговора на сушу може да буде фокусиран око постојећих шема за увођење мера за контролу суше. Почетак и крај примењивања краткорочних одговора треба да буде у складу са трајањем суше, док би дугорочни одговори требало да буду осмишљени и спроведени раније. Све могућности и одговори које пружа свеобухватна шема управљања представљени су на слици 1. Имајући у виду поменута разматрања, план пружања одговора на сушу требало би да буде подељен на следеће делове (Yevjevich and Vlachos, 1983; Grigg, et al., 1990; 1993; Karavitis, 1992, 1999b):

Мере за побољшање снабдевања - Циљ ових мера треба да буде испитивање потенцијалних ресурса водних залиха у области. Оне би требало да буду на снази пре него што наступи суша (основне залихе и залихе за случај ванредног стања). Можда би активност управљања кризном ситуацијом током суше могла бити и спречавање проширења система за снабдевање, са изузетком куповине воде. Постојећи систем дизајниран после дугорочног планирања треба да буде способан да функционише у сушним условима, у складу са планом за ванредне ситуације. Систем такође треба добро да се одржава и унапређује како би се губици свели на најмању могућу меру;

Мере за смањење потреба - Ова врста одговора за циљ треба да има смањење потрошње воде у складу са начелима заштите. Такви одговори могу бити дугорочни и краткорочни. Дугорочне мере треба да буду засноване на проактивном планирању (тј. правни нормативи, зонирање/употреба земљишта, промене пејзажа, промене у пољопривреди као што је прелазак на гајење усева који захтевају мање воде, планирање наводњавања итд.). Примена краткорочних мера (тј. рестрикција воде, смањење коришћења воде, формирање цена итд.) треба да започне током суше и да се оконча по њеном завршетку. На снази такође треба да буде и оквир (економски, правни и институционални) за ступање на снагу и имплементацију мера за смањење потражње. На крају, такве мере треба да буду спроведене прописно и благовремено, у складу са планом за ванредне ситуације;



Слика 1. Свеобухватна шема управљања (адаптирана из: Yevjevich and Vlachos, 1983; Karavitis 1992, 1999b)

Смањење штетних утицаја на најмању могућу меру - Овакви одговори треба да буду фокусирани на припремне стратегије, мере за пружање помоћи и мере опоравка. Оквир (економски, правни и административни) за пружање таквих одговора треба да буде на снази пре настанка суше. Оглашавање ризика од суше, санирање и надокнада штете требало би да буду само неке од мера које треба имати у виду, у складу са мастер планом за случај појаве суше.

Међутим, да би се поменуте шеме примениле, морају се донети неспорне одлуке о почетку суше, простору који обухвата и њеној јачини. Ради постизања тог циља могу се користити методе индекса суше. Суша помоћу тих метода може да се опише на основу одређеног индекса. Индекси суше обично су изведени из временског периода релевантних података, обично у комбинацији са арбитрарном скалом на основу које се врши класификација суше. Стога, индикатор суше треба пре свега да представља објективну меру статуса система, која може да помогне при одређивању почетка, јачања или слабљења интензитета суше и њеног окончања. Ипак, ни један индикатор или индекс појединачно не може прецизно да опише почетак и јачину суше. За представљање јачине сушних услова користе се бројни климатски индекси и индекси залиха воде. Иако ниједан од важнијих индекса није супериорнији у односу на остале баш у свим околностима, ипак се може рећи да је у одређене сврхе прикладније користити неке индексе за разлику од других (Karavitis et al, 2011). У литератури су разматрани и примењивани различити индекси. Међу њима су и: Палмеров индекс јачине суше (Palmer Drought Severity Index – PDSI, Palmer 1965), Децили (Gibbs and Maher, 1967), индекс залиха површинских вода (Surface Water Supply Index – SWSI, Shafer and Dezman, 1982), Палфаи индекс суше (Palfai Aridity Index – PAI, Palfai, 1990), стандардизовани индекс падавина (Standardized Precipitation Index – SPI, McKee et al., 1993), проценат количине падавина од нормале (Willeke et al., 1994). На основу природе индикатора, локалних услова, расположивости и валидности података одређује се индикатор који ће се применити (Skondras et al. 2011).

Поред поменутих индекса, у последње време развијени су још сложенији индекси за испитивање суше. Највише њих односи се на концепт рањивости од суше. Приступ заснован на рањивости од суше нарочито је постао заступљен у контексту климатских промена. У складу са тим контекстом, очекује се да ће се у разним регионима повећати учесталост, јачина и трајање суше (IPCC, 2007). Стога се очекује да ће се такође повећати и рањивост на сушу. Из тог разлога неопходно је извршити још опсежнијих истраживања везаних за рањивост.



Мапа рањивости представља синтезу разноврсних података и служи као показатељ области за које је потребно извршити детаљну оцену ризика од суше

АРХИВА УТИЦАЈА СУШЕ И ИНДЕКС РАЊИВОСТИ НА СУШУ

*Христос Каравитис, Николаос Скондрас, Деметриос Сесмелис,
Деметриос Стамакос, Ставрос Александрис и Василија Фасули
Пољопривредни универзитет у Атини*

Опис архиве утицаја суше

Опште је прихваћено да процена рањивости представља изазован задатак. Извештаји из архиве помажу да се процени осетљивост водних система на утицај потенцијалних претњи и да се одреде корективне активности које би смањиле или ублажиле ризик од озбиљних последица штетних деловања.

Таква процена за водне системе очигледно обухвата рањивост водних залиха (како површинских, тако и подземних вода), и система за пренос, третман и дистрибуцију воде. Ефикасна процена рањивости служи као водич водоводном предузећу, пружајући му план приоритета везан за побољшање безбедности, измене оперативних процедура и/или промену политике ради ублажавања ризика и смањења рањивости његових основних средстава.

Природа и размере процене рањивости разликоваће се од система до система у зависности од разних фактора, укључујући величину система, број потенцијално угроженог становништва, извора воде, сложености третмана, инфраструктуре система и осталих чинилаца.

Опис утицаја суше има кључну улогу у документу процене рањивости пошто скреће пажњу на уочене системске слабости које се морају уклонити да би систем могао да се избори са потенцијалним губицима током будућих суша.

У вези са тим, партнери из сваке земље учеснице у DMCSEE пројекту – Словеније, Мађарске, Бугарске, Грчке, Хрватске, Србије, Црне Горе, Бивше Југословенске Републике Македоније и Албаније – испитали су разне изворе информација (научне публикације, истраживачке пројекте, новине, теренске огледе, итд.) како би створили архивску базу података о забележеним сушним периодима у југоисточној Европи. У већини земаља доступне информације су блиско повезане са пољопривредном сушом. Подаци о годишњим приносима усева налазе се међу најбитнијим изворима информација. Подаци из новина и осталих медијских сервиса

из периода трајања суше укључују податке о њеним социјалним, економским, хидролошким и метеоролошким утицајима.

Табеле које следе (Табеле 1 и 2) могу да послуже као пример једне развијене архиве утицаја. Табела 1 садржи описе суше у Грчкој током 2007. године, а табела 2 илуструје део процене утицаја суше.

Табела 1. Опис суше у Грчкој током 2007. године

Грчка	Цела Грчка	www.in.gr	13/3/2007	"Мере против суше и пожара и упозорења Владе"
Грчка	Тесалија-Киклади	Kathimerini	18/3/2007	"Суша погађа Кикладе – Тесалија"
Грчка	Киос	I Alithia	12/4/2007	"Субвенције за последице суше"
Грчка	Киос	I Alithia	24/4/2007	"Суша и планирани модел развоја за нашу земљу"
Грчка	Икарија	www.nikaria.gr	14/5/2007	"Суша у Икарији"
Грчка	Киклади	www.kykladesnews.gr	25/5/2007	"АКТИВНОСТИ ПРОТИВ СУШЕ НА КИКЛАДИМА: Предузимају се све расположиве мере на острвима"
Грчка	Тесалија	Ethnos	17/7/2007	"Тесалија на ивици ванредног стања због суше"
Грчка	Тесалија	Eleftherotypia	23/7/2007	"Суша спржила Тесалијску равницу"
Грчка	Киклади	Kathimerini	1/8/2007	"У току је борба против суше. Киклади у ванредном стању"
Грчка	Киклади	Kathimerini	1/8/2007	"Суша све јача на Кикладима"
Грчка	Цела Грчка	Eleftherotypia	9/8/2007	"Шта чинимо по питању суше - мере ограничења у целој земљи"
Грчка	Самос	www.samos.gr	29/8/2007	"Мере против суше"

Табела 2. Процена утицаја суше

SEE земље	Утицаји суше			Политика активности
	Повећање залиха	Смањење потражње	Смањење штете	Инфраструктура
Словенија	Системи за одводњавање Резервоари, бране итд.	Наводњавање Обрађивање земљишта	Задржавање снега Формирање ветрозаштитних појасева	Потребе одржавања инфраструктуре
Грчка	Резервоари, бране итд. Унапређење постојећих процедура одржавања, конзервације, употреба подземних вода, превоз воде за хитне случајеве бродовима	Наводњавање није могуће у сушним периодима WD - WS = DEFICIT COST		Кризни менаџмент Објављивање главног плана (2008) Конструкција нових брана

Према информацијама наведеним у табели 2, може се закључити да су Грчка и Словенија употребиле различите приступе за ублажавање суше – у форми активности и политика – како би се суочиле са штетним утицајима суше. Међу разним могућностима за ублажавање штетних утицаја суше, за обе земље најважније су повећање залиха и смањење потражње.

Наведене информације о рањивости на сушу такође могу да буду укључене у интегрисани индекс рањивости.

SDVI - опис и пример

У оквиру DMCSEE пројекта, партнер из Грчке, Пољопривредни факултет у Атини развио је и применио на нивоу целе Грчке индекс рањивости на сушу (SDVI), који је заснован и на SPI поред осталих параметара. Прва верзија SDVI индекса представљена је током 5. DMCSEE састанка и обуке, одржаних у Лашком, Словенија, од 28. јуна до 1. јула 2011. године.

Представљени SDVI састоји се од шест компоненти подељених у четири категорије:

- 1. SPI-6 и SPI-12 индекси представљају расположивост воде за кућну (SPI-6, домаћинства и туризам) и пољопривредну (SPI-12, наводњавање) потражњу;*
- 2. Залихе и потражња описују дефиците у капацитету снабдевања и покривености потражње. Њихова величина зависи од количине расположиве воде;*
- 3. Утицаји описују последице које би могле да буду изазване дефицитима везаним за залихе и потражњу;*
- 4. Инфраструктура описује тренутни ниво развијености инфраструктуре у погледу нивоа дефицита.*

Ових шест чинилаца подељено је у следеће категорије рањивости према њиховом учинку (Табела 3), а затим су им додељене вредности. За сада је одлучено да сви чиниоци буду једнако пондерисани.

Коначни резултати SDVI индекса израчунавају се према једначини која следи (1).

Табела 3. Ниво рањивости, скале и категорије

Ниво рањивости	СКАЛЕ										
	S _P			Запиха		Потражња		Утицај		Инфраструктура	
Мање рањиво	0	Мокро	≥1.50	0	Без дефицита	0	Без дефицита	0	Нема	0	Комплетна
Рањиво	1	Прилично влажно	0 до 1.49	1	15% дефицит	1	15% дефицит	1	15% губитак	1	15% недостатак
Веома рањиво	2	Прилично сушно	0 до -1.49	2	16 – 50% дефицит	2	16 – 50% дефицит	2	16 – 50% губитак	2	16 – 50% недостатак
Екстремно рањиво	3	Суво	≤-1.50	3	>50% - озбиљан дефицит	3	>50% - озбиљан дефицит	3	> 50% губитак	3	> 50% недостатак

$$SDVI = \sum_{i=1}^6 F_i \cdot W_i \quad (1)$$

при чему је:

F_i = индикатор учинка

W_i = фактор пондерисања

SDVI - Поступак примене

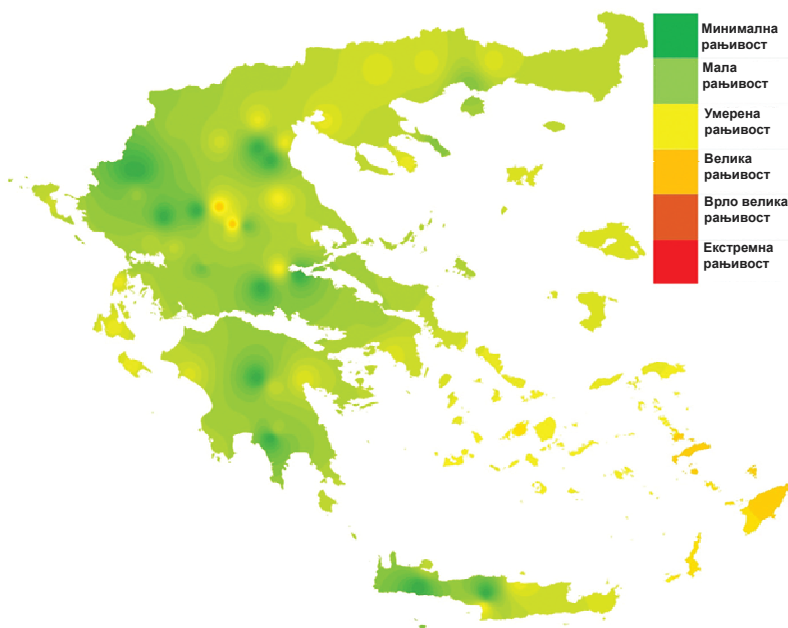
1. SPI-6 и SPI-12 индекси рачунати су на нивоу целе земље. У ту сврху, у сарадњи са Националном метеоролошком службом Грчке, Министарством за јавне радове и Јавним предузећем за електричну енергију S.A., прикупљени су подаци са 46 станица који покривају различите временске периоде између 1947. и 2009. године. Затим је извршена просторна визуализација SPI методом Кригинг у окружењу ArcGIS 10, како би била позната вредност индекса за сваки део земље. SDVI се на основу тако створене мапе може израчунати за било коју жељену област, чак и када климатски подаци (за рачунање SPI) не постоје, под условом да су познати подаци о осталим индикаторима.
2. Подаци о потражњи воде, залихама, релевантној инфраструктури и утицајима у датим областима прикупљени су преко надлежних локалних и државних власти и агенција, а затим су претворени у категорисане вредности.

3. Вредност SDVI за одређену област и месец рачуната је према Једначини 3. Те вредности су затим класификоване по арбитрарним категоријама рањивости (Табела 4). На крају је извршена визуализација SDVI помоћу методе инверзне удаљености (In verse Distance Weighting method) у GIS-у, а затим су изведени резултати за индекс учинка и рањивост на сушу у Грчкој.

На слици 1 представљено је као пример стање за август 2003. године.

Табела 4. Скала SDVI

SDVI	Скала рањивости	Ознака
0.00 - 0.49	Без рањивости или минимална рањивост	
0.50 - 0.99	Мала рањивост	
1.00 - 1.49	Умерена рањивост	
1.50 - 1.99	Велика рањивост	
2.00 - 2.49	Врло велика рањивост	
2.50 - 3.00	Екстремна рањивост	



Слика 1. SDVI за Грчку, август 2003. године

Према прелиминарним резултатима, Грчка може да се класификује као земља средњег нивоа рањивости. Острва у југоисточном Егејском мору показују виши степен рањивости, углавном због туризма и велике сезонске потражње за водом. Копнени, а нарочито северозападни делови земље, показују веома низак или никакав степен рањивости услед мале потражње и тиме минималног утицаја суше. Поредећи овакве резултате са стварним осматрањима, може се закључити да је SDVI показао задовољавајући учинак. Упркос томе, неопходно је спровести даља истраживања како би се дошло до прецизнијег индекса са бољом могућношћу описивања, који би могао да се користи на ширем спектру локација широм света.



Последице суше:
јул 2012. године,
Јужни Банат, Србија

ПОСЛЕДИЦЕ СУШЕ У СРБИЈИ

Ана Павловић

Факултет техничких наука у Новом Саду

Сагледавање последица суша суочава се са најмање три типа проблема. Први проблем је постојање условљених дефиниција суше у складу са њеним последицама и подељености између реона деловања и надлежности о проглашавању суше. Други проблем је непостојање и немогућност униформног дефинисања суше као феномена довело је до тога да суша кроз историју није бележена као таква. Најзад, недостатак одговарајућих историјских података о развоју суша доводи до пропуста у сагледавању свих њених последица на водне ресурсе, пољопривреду, инфраструктуру и друштво у целини.

У Србији суша највише погађа пољопривредну производњу, речни саобраћај и водоснабдевање. Никола Мирков, идејни творца ВС ДТД у Војводини, при анализи низа од сто година падавина у Војводини открио је да је само 17 година било у опсегу „нормалних падавина“, а 37 година је спадало у изразито кишне, а 51 година је бележила смањену количину падавина.

Анализа висине падавина на ХМС Нови Сад у Војводини између 1924. и 2003. указала је на 67 сушних година у периоду јул-август, од којих су 42 биле или веома сушне или екстремно сушне, односно да је висина падавина била између 0 и 50 mm. Анализе основних климатских података на територији Србије показују да су сушне године све чешће у периоду после 1981. године. Такође, у том периоду су уочене промене климатских карактеристика које утичу на смањење количине падавина и релативне влажности ваздуха, а повећања температуре ваздуха и броја сунчаних сати, што доводи до референтне евапотранспирације. У периоду после 2000. године појава суше је све учесталија, од дванаест последњих година у седам је прокламована суша.

Истраживања указују да последице суше и опсег последица у великој мери зависе од: карактеристика земљишта, нивоа подземних вода, типа усева, тоталног дефицита падавина, просторне расподеле падавина и климатских фактора као што су температура, ветар, облачност итд.

Суше у Србији утичу на пољопривреду (2007. године штета од суше је била 600 милиона €), производњу електричне енергије (2007. године производња је у односу на 2006. била 1.77 милијарди kWh мања), речни транспорт (2011. године Дунав је бележио рекордно низак водостај и био неплован великим својим делом), индустрију, туризам, урбане области (рестрикције и несташице воде), водне ресурсе (квалитет вода и природну биоценозу) и на животну средину (ширење пожара, болести, смањење квалитета животне средине).

Поред проблема суше, Србија се суочава и са проблемима наводњавања. Оба проблема треба да се решавају мултидисциплинарним приступом како би се ублажиле последице суше на ширем подручју.

Мере борбе против последица суше су у примени система за наводњавање, уколико је вода плански распоређена за потребе наводњавања. Наводњавање утиче на повећање и стабилизацију приноса усева и њиховог квалитета, а ублажавање последица суше доводи до повећања профита. Слабо профитабилне усеве на наводњаваним површинама требали би бити замењени профитабилним сортама. Додатни ефекти се могу постићи накнадном сетвом на око 25 – 30% наводњавање површине.

У циљу да се покаже да се постиже већа ефикасност на наводњаваним површинама, аланализирани су и приноси пољопривредних култура добијени прорачунима. Резултати показују да економски коефицијент има вредност 1.03 на земљишту без наводњавања и 1.18 на наводњаваном земљишту. Добит од уложеног дела је 3,1% на земљишту без наводњавања и чак 18.4% на наводњаваном земљишту, што показује да без наводњавања профитабилна и ефикасна производња није могућа, поготово производња поврћа.

Пољопривредна производња је била погођена јаким сушама 2000. и 2003. године што је резултирало смањењем учешћа пољопривреде у БДП-у током последњих година. Детаљном месечном анализом количина падавина у 2000. години у Војводини, утврђено је да је највећа количина забележена у мају (40mm), док су током лета количине падавина биле веома мале и недовољне за потребе биљака за водом, које су иначе 100 – 120mm месечно. Укупан износ количине падавина током вегетативног периода је био 149mm, што је много мање од просечних вредности (око 350mm). Тако велики дефицит у количини падавина, повезан са високим температурама ваздуха, довео је до веома неповољних услова у биљној производњи. Из тих разлога суша 2000 – те године је проглашена климатском катастро-

фом. У односу на повољну 1991. годину, укупан губитак је био 546.000 долара. Иста ситуација се понавља скоро сваке две године. Анализе приноса усева спроведене у Војводини показују да су приноси усева сушне 2003. године били неколико пута мањи у односу на повољну 2004. годину, када је принос пшенице био 2.08 пута виши, кукуруза 1.72, соје 1.59, сунцокрета 1.31, шећерне репе 1.71. Слични су односи уколико се поређење изврши са већ поменутом 1991. годином (Табела 1). Штета коју је у пољопривреди прозороковала летња суша која је Србију погодила и 2012. године ће тек бити коначно утврђена, али процењује се да је катастрофалних размера.

Табела 1. Приказ годишњих губитака и приноса ратарских култура у Војводини (извор: Институт за водопривреду Јарослав Черни, Завод за водоснабдевање, Управљање водним ресурсима Србије, 2009. год.)

Култура	Принос (t/ha)		Вредност производње (000 US\$)		Губитак производње (000 US\$)
	1991	2003	1991	2003	
Пшеница	4,5	2,2	351.000	171.600	179.400
Кукуруз	5,9	3,2	757.030	384.930	372.100
Сунцокрет	2,2	1,8	59.400	48.600	10.800
Соја	2,6	1,7	93.236	60.960	32.276
Шећерна репа	44,9	27,0	60.615	36.450	24.165
УКУПНО			1.323.272	704.543	618.741

Може се закључити да је улагање у системе за наводњавање и њихово одржавање, планско распоређивање воде и интегрално управљање системима за наводњавање неопходно је за постизање већих приноса усева и за високо профитабилну биљну производњу у условима суше.

Последице суша у Србији решавају се реакцијом уместо превенцијом. Историјски гледано, према подацима и архивама, суша је званично проглашена само у пар година. Са друге стране, студије указују на изразит проблем са сушама и њихову велику частину на територији Србије. Узроци ове разлике вероватно леже у немогућности да се штета коју је суша проузроковала надокнади на одговарајући начин. Успешна борба са сушом, путем прерасподеле и рационалног коришћења расположивих водних ресурса захтева постојање адекватног плана и система мера на националном нивоу.



Мисија DMCSEE-а јесте да координира и олакша развој, процењивање и примену алата за управљање сушом и политику управљања сушом у југоисточној Европи са циљем да се повећа спремност на сушу и умање њени штетни утицаји. Због тога ће DMCSEE усредсредити пажњу на праћење и процењивање суше и процењивање ризика и рањивости од суше

ПРОЦЕНА РАЊИВОСТИ НА СУШУ ЗАСНОВАНА НА ПРИМЕНИ МОДЕЛА ВРЕМЕ - УСЕВ

Атила Бездан

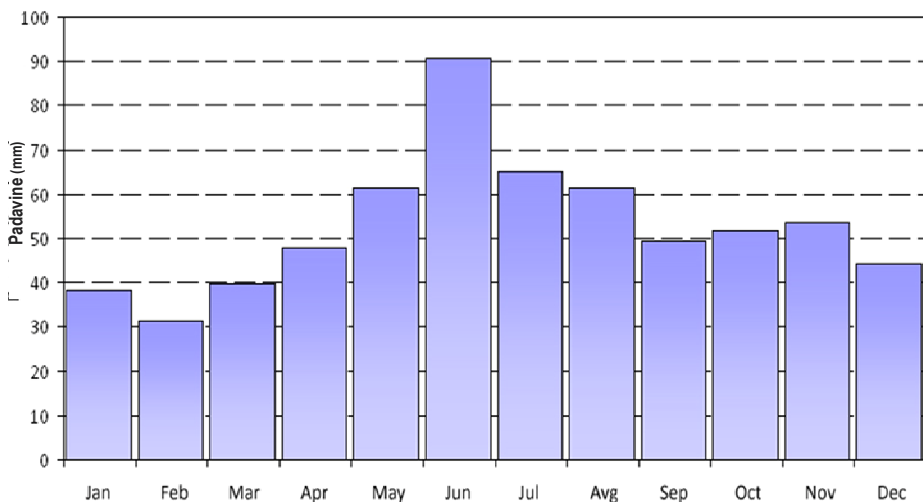
Пољопривредни факултет у Новом Саду

Пољопривредну производњу у Србији често ограничава количина и временски распоред падавина. У северном делу Србије – у области Војводине, која представља претежно пољопривредни регион са преко 75% обрадивог земљишта, суша може да има изразито негативан утицај на пољопривредну производњу. Слабија или јача суша настаје готово сваке године и представља ограничавајући фактор за остваривање високих приноса.

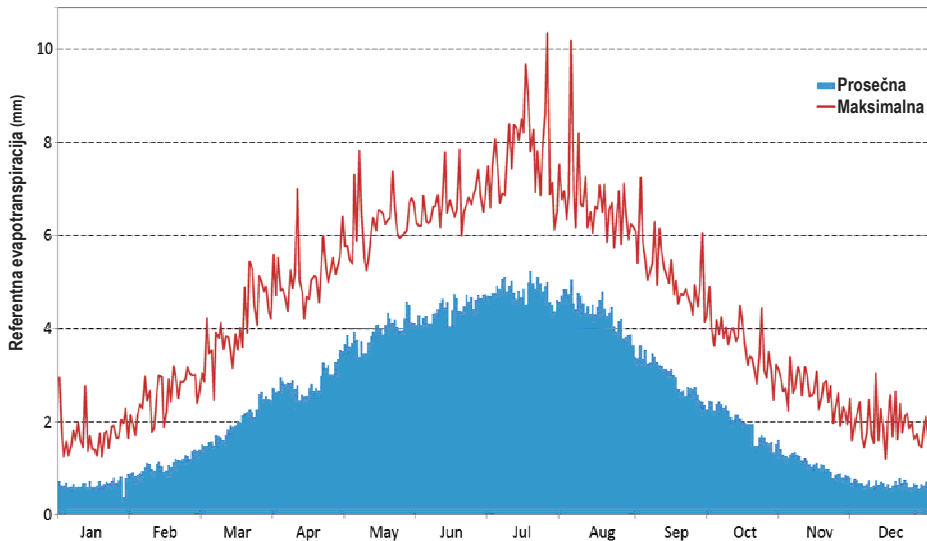
У оквиру DMCSEE пројекта израђена је студија која је имала за циљ да процени рањивост на сушу усева кукуруза у Србији у условима са и без наводњавања, коришћењем модела WinISAREG и вредности Стандардизованог индекса суше (SPI2) на врхунцу сезоне (август) за период од 1971. до 2010. године. Анализа је извршена за три локације: Римски Шанчеви, Кикинда и Ниш (Слика 1). Потребне климатске податке (Слике 2 и 3) пружио је Републички хидрометеоролошки завод, други учесник на овом пројекту из Србије, а софтвер за израчунавање SPI индекса (Слика 4) обезбедила је Агенција за животну средину Републике Словеније – водећи партнер на пројекту.



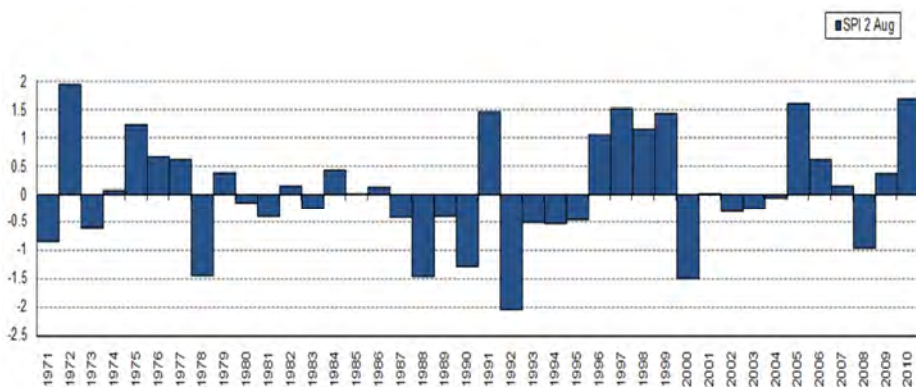
Слика 1. Географски положај локација одабраних за анализу рањивости на сушу применом модела време - усева WinISAREG



Слика 2. Просечна месечна количина падавина, Римски Шанчеви, период 1971-2010. година



Слика 3. Просечна вредност и максимална вредност дневне референтне евапотранспирације, Римски Шанчеви, период 1971-2010. година



**Слика 4. Вредност двомесечног Стандардизованог индекса пада-
вина за август, Римски Шанчеви, период 1971-2010. година**

Одлике земљишта

Земљиште у околини огледног поља Римски Шанчеви углавном спада у тип чернозем, са укупном расположивом водом (total available water – TAW) од око 150 mm m^{-1} . Анализа за ову локацију извршена је за два карактеристична типа земљишта са TAW од 146 mm m^{-1} и 108 mm m^{-1} . Земљиште у околини Кикинде углавном припада типовима чернозем и црница, а студија је извршена за два карактеристична типа земљишта са TAW од 140 mm m^{-1} и 114 mm m^{-1} . Земљиште у околини Ниша углавном припада типу смоница, а при испитивању узети су у обзир типови земљишта са TAW од 133 mm m^{-1} и 156 mm m^{-1} .

Одлике одабраног хибрида кукуруза

Хибрид кукуруза одабран за ову анализу је хибрид NS-640, FAO групе зрења 600. Овај хибрид је један од најзаступљенијих у Србији. Његов потенцијални принос премашује 15 t ha^{-1} сувог зрна и 15 t ha^{-1} силаже (IFVCNS, 2011). Фазе раста кукурузног хибрида NS-640 су: сетва (20. април), вегетативни пораст (01. мај – 15. јули), цветање и оплодња (15. јули - 05. август), наливање зрна – сазревање (05. август – 30. септембар) и жетва (10. октобар). Коефицијенти културе Kc mid (1.2) и Kc end (0.6) изабрани су у складу са FAO56, Allen et al. 1998. Kc ini (0.55) изабран је у складу са Трајковић, 2009. Вредност коефицијента опадања приноса одређена је на $K_u = 1.3$. Дефицит воде у земљишту који не изазива водни стрес изабран је у складу са FAO56, $p = 0.55$. Дубине зоне корена установљене су на 0.1m у стадијуму развоја A, 0.5m у стадијуму B и 1.5m у стадијумима од C до F.

Потребе за наводњавањем, укупно потребне количине воде за наводњавање (NIRs)

Укупно потребне количине воде за наводњавање кукуруза (net irrigation requirements – NIRs, mm) и релативно смањење приноса ненаводњаваног кукуруза (relative yield decrease – RYD, %) израчунати су коришћењем WinISAREG модела. Према Тодоровићу, 2010, принос од 4.7 t ha^{-1} сувог зрна представља граничну вредност испод које производња кукуруза није профитабилна у Србији. Критична граница смањења приноса (critical threshold of yield decrease - CYDT) везана за потенцијални принос хибрида NS-640 (15 t ha^{-1}) износи 68%.

Преглед најзначајнијих резултата

Римски Шанчеви: За земљиште са TAW од 146 mm m^{-1} , укупна потребна количина воде за наводњавање креће у опсегу од 82-134 mm током влажних сезона до 228-387 mm током сезона са просечним потребама за водом и достиже 555-652 mm током веома сувих година; а да се за земљиште са TAW од 108 mm m^{-1} укупна потребна количина воде за наводњавање креће се у опсегу од 111-136 mm током влажних сезона до 230-390 mm током сезона са просечним потребама за водом и достиже 558-655 mm током веома сувих година. У табели 1а. дате су вредности укупне потребне количине воде за наводњавање по годинама са припадајућим емпиријским вероватноћама (TAW од 146 mm m^{-1}).

Имајући у виду критичну границу смањења приноса од 4.7 t ha^{-1} сувог зрна испод које гајење кукуруза није исплативо, 22.5% година повезано са економским губицима на ненаводњаваним пољима на којима је способност земљишта за задржавање воде средња (TAW= 146 mm m^{-1}) и 30% када је та способност мала (TAW= 108 mm m^{-1}). Смањења приноса (RYD) са одговарајућим емпиријским вероватноћама дата су по годинама у табели 1б (TAW од 146 mm m^{-1}).

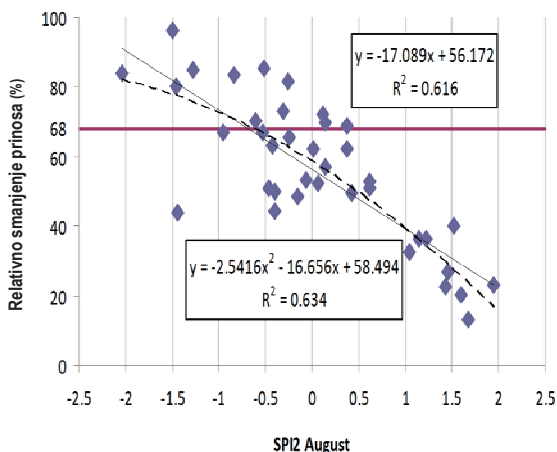
При узгајању ненаводњаваног кукуруза на земљиштима средњег капацитета за задржавање воде (TAW= 146 mm m^{-1}), економски губици настају када вредност SPI2 индекса на врхунцу сезоне буде мања од -1, а при узгајању на земљиштима малог капацитета за задржавање воде (TAW= 108 mm m^{-1}), мања од -0.7(Слика 5).

Кикинда: За земљиште са TAW од 140 mm m^{-1} укупна потребна количина воде за наводњавање креће у опсегу од 169-198 mm током влажних сезона до 314-437 mm током сезона са просечним потребама за водом и достиже 632-707 mm током веома

Табела 1. Резултати симулација потреба за наводњавањем и приноса кукуруза моделом WinSAREG, Римски Шанчеви, 1971-2010. година (TAW од 146 mm m⁻¹)

а. Потреба за наводњавањем			б. Релативно смањење приноса		
Кумулативна честина (%)	Годишње потребе (mm)	Година	Кумулативна честина (%)	Смањење (%)	Година
2.4	652	2000	2.4	92.6	2000
4.9	555	1992	4.9	82.5	1993
7.3	541	1993	7.3	81.7	1990
9.8	527	2003	9.8	80.5	1992
12.2	513	1990	12.2	80.0	1971
14.6	505	1971	14.6	79.2	2003
17.1	479	1988	17.1	76.8	1988
19.5	453	1986	19.5	70.2	2002
22.0	451	2002	22.0	68.2	1986
24.4	450	2009	24.4	66.9	1973
26.8	438	1994	26.8	66.1	1982
29.3	432	1973	29.3	65.1	2009
31.7	415	2008	31.7	64.2	1994
34.1	411	1982	34.1	64.1	2008
36.6	404	1985	36.6	62.6	1983
39.0	404	1987	39.0	59.1	1979
41.5	387	1983	41.5	58.9	1985
43.9	366	1979	43.9	54.9	2007
46.3	362	2007	46.3	54.8	1987
48.8	328	2004	48.8	50.4	2004
51.2	317	2006	51.2	50.3	1977
53.7	306	1974	53.7	49.2	1974
56.1	301	1977	56.1	49.2	1995
58.5	294	1995	58.5	48.5	2006
61.0	286	1984	61.0	46.6	1989
63.4	286	1989	63.4	46.4	1984
65.9	285	1980	65.9	45.4	1980
68.3	260	1981	68.3	40.6	1978
70.7	258	1997	70.7	37.6	1997
73.2	255	1978	73.2	37.4	1981
75.6	228	1975	75.6	34.9	1998
78.0	215	1998	78.0	34.0	1975
80.5	190	1996	80.5	31.2	1976
82.9	182	1976	82.9	31.0	1996
85.4	170	1991	85.4	24.4	1991
87.8	156	1999	87.8	21.7	1972
90.2	149	2001	90.2	20.2	1999
92.7	138	2005	92.7	18.8	2005
95.1	134	1972	95.1	15.8	2001
97.6	82	2010	97.6	7.8	2010

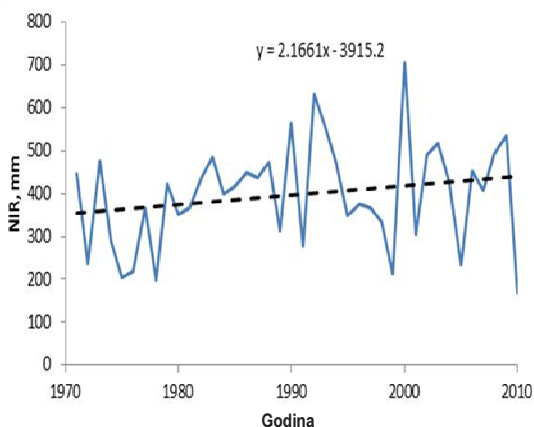
сувих година (Слика 6); а за земљиште са TAW од 114 mm m^{-1} , укупна потребна количина воде за наводњавање креће се у опсегу од 192-206 mm током влажних сезона до 316-439 mm током сезона са просечним потребама за водом и достиже



Слика 5. Однос између вредности SPI2 индекса за август и релативног смањења приноса кукуруза, Римски Шанчеви, 1971-2010. година (TAW=108 mm m^{-1})

634-709 mm током веома сувих година. 35% година је повезано са економским губицима на ненаводњаваним пољима на којима је способност земљишта за задржавање воде средња (TAW=140 mm m^{-1}) и 45% када је та способност мала (TAW=114 mm m^{-1})

При узгајању ненаводњаваног кукуруза на земљиштима средњег капацитета за задржавање воде (TAW=140 mm m^{-1}), економски губици настају када вредност SPI2 индекса на врхунцу сезоне буде мања од -0.6, а при узгајању на земљиштима малог капацитета (TAW=114 mm m^{-1}), мања од -0.4.

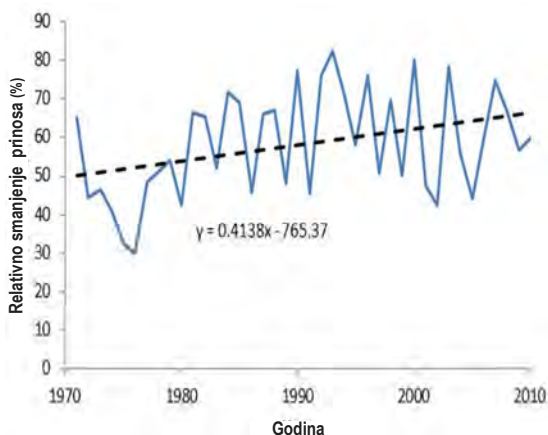


Слика 6. Укупна потребна количина воде за наводњавање усева кукуруза, Кикинда, 1971-2010. година (TAW= 140 mm m^{-1})

Ниш: За земљиште са TAW од 133 mm m^{-1} укупна потребна количина воде за наводњавање креће се у опсегу од 161-225 mm током влажних сезона до 286-372 mm током сезона са просечним потребама за водом и достиже 521-533 mm током веома сувих година; а за земљиште са TAW од 156 mm m^{-1} укупна потребна количина воде за наводњавање креће се у опсегу од 160-215 mm током влажних сезона до 285-371 mm током сезона са просечним потребама за водом и достиже 520-532 mm током веома сувих година.

Повезано је са економским губицима 27.5% година на ненаводњаваним пољима на којима је способност земљишта за задржавање воде средња (TAW= 133 mm m^{-1}) и 25% када је та способност већа (TAW= 156 mm m^{-1}). На слици 7 приказано је релативно смањење приноса (RYD), у периоду 1971- 2010. година. Приметан је тренд повећања током посматраног периода.

При узгајању ненаводњаваног кукуруза на земљиштима средњег капацитета за задржавање воде (TAW= 133 mm m^{-1}), економски губици настају када вредност SPI2 на врхунцу сезоне буде мања од -1.1, а при узгајању на земљиштима већег капацитета (TAW= 156 mm m^{-1}) мања од -1.4.



Слика 7. Релативно смањење приноса кукуруза, Ниш, 1971- 2010. год. (TAW= 133 mm m^{-1})

Резултати студије указују на то да већи или мањи дефицит воде потребне усевима кукуруза током вегетационог периода постоји практично сваке године. Процењено умањење приноса у 25-35% најнеповољнијих година (у зависности од типа земљишта) је толико велико да доводи у питање и профитабилност производње. Студија је потврдила чињеницу да суша представља озбиљан ограничавајући фактор на територији Србије за остваривање високих и стабилних приноса ратарских култура, уколико се не примењује наводњавање.

Литература

- Adger, W.N., 2006.** *Vulnerability*. *Global Environmental Change* 16 (2006) 268–281.
- Adger, W.N., Kelly, P.M., 1999.** *Social Vulnerability to Climate Change and the Architecture of Entitlements*. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4, 253–266.
- Allen R.G., L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith (1998).** *Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome.
- Belic, M., Pejic, B., Hadzic, V., Nesic, Ljiljana, Bosnjak, Dj., Sekulic, P., Maksimovic, Ljilja, Vasin, J., Dozet, D., (2003).** *Influence of irrigation on the properties of the chernozem*. *Proceedings of Institute of Field and Vegetable Crops*, 38, 21-36, Novi Sad.
- Berkes, F., and C. Folke, Editors, 1998.** *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Bohle, H.-G., 2001.** *Vulnerability and criticality: perspectives from social geography*. IHDP Update 2/01, art.1 [online].
URL: http://www.ihdp.uni-bonn.de/html/publications/update/IHDPUpdate01_02.html
- Bordi, I., Fraedrich, K., Petitta, M., Sutera, A., 2006.** *Large Scale Assessment of Drought Variability Based on NCEP/NCAR and ERA- 40 Re- Analyses*, *Water Resources Management*, Vol. 20, pp. 889-915.
- Bruce JP. 1994.** *A perspective on reducing losses from natural hazards*. *Bull Am Meteorol Soc* 75:1237–1240.
- Cancelliere, A., di Mauro, G., Bonaccorso, B., Rossi, G. 2005.** *Stochastic forecasting of Standardized Precipitation Index*. September 11-16, 2005, Seoul, Korea.
- Climate Change Science Program (CCSP) 2009.** *Thresholds of Climate Change in Ecosystems*. A report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research U.S. Geological Survey, Reston, VA.
- Dalziel, E.P., McManus, S.T., 2004.** *Resilience, vulnerability and adaptive Capacity: Implications for systems performance*. *International Forum for Engineering Decision Making (IFED)*; Switzerland.

- Doorenbos J., W. O. Pruitt (1977).** Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Rome, Italy, p 144.
- Doorenbos J., A.H. Kassam (1979).** Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper 33, FAO, Rome, p 193.
- Eneva S. (1997)** Irrigation and irrigation effect on field crops. Problems of crop production science and practice in Bulgaria. Agricultural University of Plovdiv, 287.
- Eriyagama, N., Smakhtin, V., Gamage, N. 2009.** Mapping drought patterns and impacts: a global perspective. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 31p. (IWMI Research Report 133).
- Füssel, H-M., 2007.** Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change* 17, 155 – 167.
- Gallopin, G.C., 2003.** Box 1. A systemic synthesis of the relations between vulnerability, hazard, exposure and impact, aimed at policy identification. In: Economic Commission for Latin American and the Caribbean (ECLAC). *Handbook for Estimating the Socio-Economic and Environmental Effects of Disasters*. ECLAC, LC/MEX/ G.S., Mexico, D.F., pp. 2 – 5.
- Gauzer, B., 1990.** A hóolvadás folyamatának a modellezése (Modelling the process of snowmelt, in Hungarian), *Vízügyi Közlemények*, Budapest, 1990/3. pp 272-286.
- Gibbs, W.J.; and J.V. Maher, 1967.** Rainfall deciles as drought indicators, Bureau of Meteorology Bulletin No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.
- Grigg, N. S.. and E. C. Vlachos, 1990.** Drought water management editors, International School for Water Resources, Department of civil Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 48p.
- Grigg, N. S. and E.C. Vlachos, 1993.** Drought and Water-Supply Management: Roles and Responsibilities. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, September/October, 119(5). 523
- Gunderson, L.H., Holling, C.S., (Eds.), 2002.** *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, DC.
- Hagman G. 1984.** Prevention better than cure. Report on human and environmental disasters in the third world. Swedish Red Cross, Stockholm. <http://soils.usda.gov>
- Holling, C.S., 2001.** Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Minireviews. Ecosystems* (4): 390 – 405.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001.** *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Glossary of Terms*, p.p. 388.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007.** Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability Summary for Policymakers. April 6, 2007.
- Ivanova M., Z. Popova (2011).** Model validation and crop coefficients for maize irrigation scheduling based on field experiments in Sofia. Transactions of National conference with international participation "100 years soil Science in Bulgaria", Sofia, Vol.2, pp.542-548 (in Bulgarian).
- Ivanova M., Z. Popova (2011).** Validation of FAO-56 methodology for computing ET_o with missing climate data application to Sofia field. Agricultural Science vol. XLIV, №2, pp. 3-13 (in Bulgarian).
- Jivkov J., (1994).** Role of the crop and irrigation on intensive use of irrigated area. Papers of Institute of Hydrotechniques and Melioration, Vol.XXIV:351-357.
- Kaly Ursula, Pratt Craig, and Mitchell Jonathan (2004).** The Environmental vulnerability Index 2004. SOPAC Technical Report 384.
Available at: http://www.vulnerabilityindex.net/EVI_Library.htm
- Karavitis, C., A., 1992.** Drought Management Strategies for Urban Water Supplies: The Case of Metropolitan Athens. Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Co., USA, p.192.
- Karavitis, C., A., 1999a.** Drought and Urban Water Supplies: the Case of Metropolitan Athens, Water Policy, Vol. 1, Iss. 5, pp. 505- 524, Elsevier Science.
- Karavitis, C., A., 1999b.** Decision Support Systems for Drought Management Strategies in Metropolitan Athens, Water International, Vol. 24, No. 1, pp. 10- 21.
- Karavitis, C.A., Chortaria, C., Alexandris, S., Vasilakou, C. G., and Tsismelis D.E., 2011.** Development and Spatial Visualization of the Standardized Precipitation Index Drought Index for Greece. Urban Water Journal, Taylor and Francis, (in Press).
- Koinov V., I.Kabachiev, K. Boneva (1998).** Atlas of the soils in Bulgaria. Zemizdat, Sofia, p.321.
- Langeweg, Fred, and Edgar E. Gutierrez-Espeleta, 2001.** Human Security and Vulnerability in a Scenario Context: Challenges for UNEP's Global Environmental Outlook. IHDP Update 2:17-19.
- Leichenko, R.M., O'Brien, K.L., 2002.** The dynamics of rural vulnerability to global change: The case of Southern Africa. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 7, 1–18.

- Luers, A.L., 2005.** The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change* 15, 214–223.
- Luers, Amy L., David B. Lobell, Leonard S. Sklar, C. Lee Addams, and Pamela A. Matson. 2003.** A Method for Quantifying Vulnerability, Applied to the Agricultral System of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change* 13:255-267.
- McKee, T.B.; N.J. Doesken; and J. Kleist. 1993.** The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Preprints, 8th Conference on Applied Climatology*, pp. 179–184. January 17–22, Anaheim, California.
- Miljkovic, N., (2005).** Land Reclamation Pedology, University in Novi Sad, Faculty of agriculture, Novi Sad (in Serbian).
- Miller, F., Osbahr, H., Boyd, E., Thomalla, F., Bharwani, S., Ziervogel, G., Walker, B., Birkmann, J., van der Leeuw, S., Rockstrom, J., Hinkel, J., Downing, T., Folke, C., and Nelson, D., 2010.** Resilience and vulnerability: Complementary or conflicting Concepts? *Ecology and Society* 15 (3): art 11 [online], <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art11/>
- Milly, P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R.M, Kundzewicz, Z.W., Lettenmaier, D.P., Stouffer, R.J., 2008.** Climate Change: Stationarity is Dead: Whither Water Management?, *Science*, Vol. 319, pp. 573- 574.
- Palfai, I., 1990.** Description and forecasting of droughts in Hungary. *Proc. of 14th Congress on Irrigation and Drainage (ICID)*, Rio de Janario, Vol. 1-C, p. 151-158.
- Palmer, W.C. 1965.** Meteorological drought. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
- Palmer, W.C. 1968.** Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new Crop Moisture Index. *Weatherwise* 21:156–161.
- Pereira L. S., P. R. Teodoro, P. N. Rodrigues and J. L. Teixeira (2003).** "Irrigation scheduling simulation: the model ISAREG", in *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp. 161-180
- Pereira L. S., J. T. Mexia, and C. A. L. Pires (Eds.) (2010).** *Gestao do Risco em Secas. Metodos, tecnologias e desafios.* Ed. Colibri and CEER, Lisbon, p. 344.
- Popova Z., Kercheva M. and Pereira L.S. (2006).** Validation of the FAO methodology for computing ETo with limited data. Application to South Bulgaria. *Irrig. and Drain.*, 55, 2, pp. 201–215.
- Popova Z., S. Eneva and L. S. Pereira (2006).** Model validation, crop coefficients and yield response factors for irrigation scheduling based on long-term experiments, *Biosystems Engineering*, vol. 95, no. 1, pp. 139-149

- Popova Z., and L. S. Pereira (2008).** Irrigation scheduling for furrow irrigated maize under climate uncertainties in the Thrace plain, Bulgaria, *Journal of Biosystem engineering*, vol. 99, no. 4, pp. 587-597. ISSN: 15375110 DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2007.12.005 SW-Soil and Water
- Popova Z., and L. S. Pereira (2011).** Modeling for maize irrigation scheduling using long term experimental data from Plovdiv region, Bulgaria, *Agricultural Water Management*, vol. 98, no. 4, pp. 675-683. doi:10.1016/j.agwat.2010.11.009
- Popova Z. (2008).** Application of model simulation for evaluation and optimization of irrigation scheduling, yield and environmental impacts under maize and wheat. Thesis for Dr of science. "N.Poushkarov" Institute of soil science, Sofia, p.326 (in Bulgarian).
- Popova Z., M. Ivanova, P. Alexandrova, V. Alexandrov, K. Doneva, L.S. Pereira (2011a).** Impact of drought on maize irrigation and productivity in Plovdiv region. *Transactions of National conference with international participation "100 years soil Science in Bulgaria"*, Sofia, Vol.1, pp.394-399
- Popova Z., L.S. Pereira, M. Ivanova, P.Alexandrova, K.Doneva, V. Alexandrov and M.Kercheva (2011b).** Assessing drought vulnerability of Bulgarian agriculture through model simulations. *International Conference on Climate Change and Global Warming 28-30 November, Venice, Italy World Academy of Science, Engineering and Technology*, 59, pp. 2572-2585
- Popova Z., Ivanova M., Alexandrov V., Kercheva M., Pereira L.S. (2011c).** Drought vulnerability of Bulgarian agriculture based on model simulations. *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology* 16/2, pp. 46-61
- Popova Z., Ivanova M., Pereira L.S., Alexandrov V., Kercheva M., Doneva K. and Alexandrova P. (2011d).** Risk assessment analysis and drought vulnerability in South Bulgaria. *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology* 16/5, pp. (in Bulgarian)
- Popova Z., Ivanova M., Pereira L.S., Alexandrov V., Doneva K., Alexandrova P. and Kercheva M. (2012a).** Drought vulnerability quantification in Bulgaria through modelling crop productivity and irrigation requirements. *EGU General Assembly*, 22-27 April, Vienna, Austria
- Popova Z., Ivanova M., Pereira L.S., Doneva K., Alexandrov V., Alexandrova P. and Kercheva M. (2012b).** Assessing drought vulnerability of Bulgarian agriculture through model simulations. *BALWOIS Conference 28 May-02 June, Ohrid, Republic of Macedonia*

- Popova (Ed.) (2012).** Risk assessment of drought in agriculture and irrigation management through simulation models Monograph ISBN 978-954-394-080-6 (in Bulgarian with abstracts, keywords, figures and tables in English) p. 242
- Rawls, W.J., Brakensiek, D.K., Saxton, K.E., (1982).** Estimation of Soil Water Properties, Transactions of the ASAE, 25, 5, 1316-1320 and 1328, ASAE, Michigan.
- Rossi, G., Benedini, M., Tsakiris, G. and Giakoumakis, S., 1992.** On regional drought estimation and analysis, Water Resources Management, Vol. 6, pp. 249-277.
- Stoyanov P. (2008).** Agroecological potential of maize cultivated on typical for its production soils in the conditions in Bulgaria. Habilitation paper for the scientific degree "Professor".
- Sullivan, C.A. and C. Huntingford, 2009.** Water resources, climate change and human vulnerability. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009 <http://mssanz.org.au/modsim09>
- Shafer, B.A.; and L.E. Dezman, 1982.** Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas, In Proceedings of the Western Snow Conference, pp. 164–175, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Skondras, N.A., Karavitis, C.A., Gkotsis, I.I., Scott, P.J.B., Kaly, U.L., Alexandris, S.G., 2011.** Application and Assessment of the Environmental Vulnerability Index in Greece. Ecological Indicators 11: 1699 – 1706.
- Turner, B.L. II, Roger E. Kasperson, Pamela A. Matson, James J. McCarthy, Robert W. Corell, Lindsey Christensen, Noelle Eckley, Jeanne X. Kasperson, Amy Luers, Marybeth L. Martello, Colin Polsky, Alexander Pulsipher, and Andrew Schiller. 2003.** A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science. Proceedings from the National Academy of Science 100 (14):8074-8079.
- Todorovic, S., (2010).** Impact of Agrarian Policy Measures on Economic Status of the Maize Producers in the Republic of Serbia, First symposium AGROSYM, 251-257, Jahorina.
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R., Kinzig, A., 2004.** Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. Ecology and Society 9 (2) art. 5 [online], URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5>.
- Wilhite, D.A.; and M.H. Glantz. 1985.** Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. Water International 10(3):111–120.

- Wilhite, D., 1997.** *Improving Drought Management in the West: The Role of Mitigation and Preparedness. Report to the Western Water Policy Review Advisory Commission. National Drought Mitigation Center University of Nebraska.*
- Wilhite, D.A., Diodato, D.M., Jacobs, K., Palmer, R., Raucher, B., Redmond, K., Sada, D., Smith, K-H., Warwick, J., Wilhelmi, O. 2006.** *Managing Drought: A Roadmap for Change in the United States. A Conference Report from Managing Drought and Water Scarcity in Vulnerable Environments. 18-20 September 2006.*
- Wilhite, D.A., Hayes, M. J. and Svoboda, M. D., 2000.** *Drought monitoring and assessment: status and trends in the United States. In: J. V. Vogt, F. Somma (Eds.), Drought and Drought Mitigation in Europe, Kluwer Academic Publishers, pp. 149-160.*
- Wilhite, D.A., and M.H. Glantz, 1985.** *Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions, in Water International 10:111-120.*
- Wilhite, D.A., and M.D., Svoboda, 2000.** *Drought Early Warning Systems in the Context of Drought Preparedness and Mitigation in Wilhite, D.A., Sivakumar, M.V.K., Wood, D.A. (Eds) 2000. Drought early warning systems in the context of drought preparedness and mitigation. World Meteorological Organization (WMO) p.p.*
- Willeke, G.; J.R.M. Hosking; J.R. Wallis; and N.B. Guttman, The National Drought Atlas, 1994.** *Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers.*
- Varlev I., N. Kolev, I. Kirkova (1994).** *Yield-water relationships and their changes during individual climatic years. In: Proceedings of 17th Europ. Reg. Conf. of ICID, Varna, vol. 1, pp. 351 – 360.*
- Varlev I. and Z. Popova (1999).** *Water-Evapotranspiration-Yield. Irrig. and Drain. Inst., Sofia, p:143.*
- Yevjevich, V., Da Cunha, L. and Vlachos, E., 1983.** *Coping with Droughts, Water Resources Publications, Littleton, Colorado USA.*
- Zivkovic, B., Nejgebauer, V, Tanasijevic, Dj, Miljkovic, N., Stojkovic, L., Drezgic, P., (1972)** *Soils of Vojvodina, Institute for agricultural research, Novi Sad.*