

## Apstrakt

*Suše su kompleksna prirodna nepogoda koja, u različitoj meri pogađa neke delova sveta svake godine. Na osnovu prirodnih klimatskih faktora formirana je analiza postojećeg stanja, pogodena elementarnom nepogodom, sušom na osnovu kojih se formira baza podataka iz koje se mogu doneti zaključci koji bi uticali na stvaranje takvih odbranbenih mehanizama koji bi promenili život u narednim godinama i ublažili negativne i štetne posledice po životnu sredinu. Na osnovu plana i programa sprovodenja mera i zakona, život na zemlji bi se doveo na neki nivo koji je bio pre početka industrijske revolucije i naglog globalnog zagrevanja, a mnogi mladi talenti bi svojim istraživanjima pomogli da se stanje životne sredine vrati u normalni sistem funkcionisanja.*

### *Abstract*

*Droughts are complex natural disasters which, in varying degrees affects some parts of the world every year. Based on natural climatic factors an analysis has been formed of existing conditions, affected by natural disasters, by drought on which is form a database from which conclusions can be made that would impact on the creation of such defence mechanisms that would change life in the coming years and alleviate the negative and harmful consequences for the environment. Based on the curricula of law enforcement, life on earth would be brought to a level that was before the industrial revolution and the rapid global warming, and many young talents would have helped the balance of environment back to normal system operation.*

## Sadržaj

Apstrakt.....	1
Sadržaj .....	2
Spisak grafičkih prikaza .....	3
Spisak akronima .....	4
Tehnički dodatak: definicije i pojmovi.....	6
Predmet i cilj istraživanja .....	8
Uvod .....	9
Poreklo suša .....	9
Meterološke suše .....	10
Letnje i zimske suše.....	11
Hidrološke suše – podzemne vode .....	11
Kišni faktor, Index suše, Termodromski koeficijent i Meyerov koeficijent.....	13
Kišni faktor.....	13
Index suše.....	14
Meyerov koeficijent.....	15
Indexi Suša.....	16
Procenat normalnosti .....	16
Standardizovani indeks padavina (SPI) .....	17
Palmerov indeks oštine suše (The Palmer, PDSI).....	18
Indeks vlage (CMI).....	20
Površina vodosnabdevanja Indeksa (SWSI) .....	20
Rekultivacija indeksa suša (RDI) .....	21
Devijacije u normalnim uslovima.....	22
SPI index faktor i suše na Balkanskom poluostrvu.....	24
Aplikacija SPI .....	24
SPI aplikacija u Evropi .....	25
Primenjena metodologija .....	25
Algoritam aplikacije SPI.....	27
Razvoj alata .....	29
Ocena intenziteta i trajanja suše .....	32
Meterološka suša .....	32
Poljoprivredna suša.....	35
Socio-ekonomska suša .....	36
Suše u Srbiji .....	38
GLAVNE ODLIKE KLIME SRBIJE .....	38
Trend temperature u Srbiji .....	39
Trend padavina u Srbiji.....	41
Analiza rezultata .....	42
Scenario u budućnosti.....	43
Veštačko delovanje na meteorološko vreme.....	46
Dejstvo na prehlađene oblake i maglu.....	46
Dejstvo na tople magle i oblake .....	47
Dejstvo na oblake vertikalnog razvoja .....	47
Stimulacija padavina iz oblaka.....	48
Zaključak .....	49
Preporuke za dalji rad .....	51
Reference .....	52

## Spisak grafičkih prikaza

### Spisak tabela:

1. Tabela br. 1. Vrednosti SPI indeksa padavina ..... str 16
2. Tabela br. 2. Klasifikacija rekultivisanog (poboljšanog) indeksa faktora suša..... str 20
3. Tabela br. 3. Klasifikacija devijacija kumulativne frekvencije distribucije ukupnih mesečnih i godišnjih padavina..... str 21
4. Tabela br. 4. Prikaz podataka o mesečnim padavinama na meteoreološkim stanicama Grčke za period od 6 do 12 meseci u periodu od 1959 - 2000 godine..... str 25
5. Tabela br. 5. Godišnje sume padavina u Grčkoj..... str 26
6. Tabela br. 6. Statistički parametri za 48 interpolacija površina. .... str 29
  
7. Tabela br. 7. tabela godišnjih gubitaka i prinosa ratarskih kultura u Vojvodini (izvor:Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnadbevanje, Upravljanje vodnim resursima Srbije 2009)..... str 36
8. Tabela br. 8 tabela finansijskog gubitka proizvodnje za tri kulture sušne 2003 god u \$ (izvor:Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnadbevanje, Upravljanje vodnim resurskim Srbije 2009)..... str 36

### Spisak grafikona:

1. Grafikon br. 1. Merna stanica Thira Kos..... str 25
2. Grafikon br. 2. Kiša na mernoj stanicu Thira Kos..... str 26
3. Grafikon br. 3. Slaganje vrednosti potencijalne evaptranspiracije prema Thorntwaite- u i Penman-u (mm) (izvor Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ dipl.ing Mile Božić i dipl.inž.građ. Goran Nikolić 2009)..... str 32
4. Grafikon br. 4. Prosečna vrednost klimatološkog deficitu  $ET_0 - P$  u vegetacionoj sezoni (mm) (izvor: Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnadbevanje, Upravljanje vodnim resurskim Srbije 2009)..... str 32

### Spisak dijagrama:

1. Dijagram br.1. Godišnji tokovi temperature vazduha (1), parnog pritiska (2), oblačnosti (3) i relativne vlažnosti (4) za period 1921-1924 g (izvor: Klimatologija N.Milosavljević 1962)..... str 35

### Spisak slika:

1. Slika br. 1. (a-d) – 4a (dole desno) vremenska i prostorna raspodela suša za 4 perioda ..... str 30
2. Slika br. 2. Prostorna raspodela klimatskog deficitu (mm) u vegetacionoj sezoni, prosek od 1961- 2005 (izvor: Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnadbevanje, Upravljanje vodnim resurskim Srbije 2009) ..... str 33
3. Slika br. 3. Prostorna raspodela klimatskog deficitu u sezoni u 2003. godini. (izvor: Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnadbevanje, Upravljanje vodnim resurskim Srbije 2009)..... str 34

## Spisak akronima

AMS	Certified Consulting Meteorologist
AWC	Available Water Content – soild type of ground
EM-DAT	The International Disaster Database – Center for Research on the Epidemiolg of Disasters CRED
AWC	Available Water Content
CMI	Crop Moisture Index
CPC	Climate Prediction Center
EWSD	Early Warning Sistem of Drought
EU	European Union
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IFRC	International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MNRIS	Montana Natural Resource Information System
NDMC	National Drought Mitigation Center
NOAA	Satellit of USA - polar-orbiting satellite data.
OFDA/CRED	International Disaster Database
PDS	Professional Development Score
PDSI	Palmer Drought Severity Index
PHDI	Palmer Hydrological Drought Index
RDI	Reclamation Drought Index
SPI	Schedule Performance Index
SWSI	Surface Water Supply Index
UN	United Nations
UNFFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

Janković Ivan – (Bechelor) rad

UNISDR                    United Nations International Strategy for Disaster Reduction

USDA/JAWF                US Department of Agriculture; Weekly Weather and Crop Bulletin

WRCC                      Western Regional Climate Center

## Tehnički dodatak: definicije i pojmovi

### BIODIVERZITET:

Biodiverzitet ili biološka raznovrsnost predstavlja raznovrsnost svih živih bića na planeti Zemlji, odnosno, sveukupnost: gena, vrsta i ekosistema

### HAZARD:

Događaj koji u sebi nosi razarajući faktor, pojava ili ljudska aktivnost koja dovodi do gubitka života ili povrede, do oštećenja imovine, socijalnih i ekonomskih nemira ili propadanja čovekove okoline. Hazard podrazumeva skrivene uslove koji predstavljaju pretnje u nekom periodu u budućnosti. Hazardi imaju različito poreklo, dolaze iz prirode, mogu biti geološki, hidro-meteorološki i biološki, ili su posledica ljudskog delovanja.

### KATASTROFA:

Kombinacija dva elementa, samog događaja i ljudske osjetljivosti. Katastrofa se dogodi tako što u tolikoj meri izazove osjetljivost ljudi koji žive u određenoj zajednici tako da su njihovi životi direktno ugroženi ili je velika šteta naneta ekonomskim i društvenim strukturama, zbog čega je smanjena šansa za opstankom (IFRC)

### KLIMA:

Klima kao meterološki pojam, je skup meteoroloških uticaja i pojava koje u određenom vremenskom periodu čine srednje stanje atmosfere na nekom delu Zemljine površine. Pored meteorološkog, postoji i biološki i geografski pojam klime. Klime mogu biti klasifikovane koristeći parametre kao što su temperatura i padavina za definisanje specifičnih klimatskih tipova.

### KLIMATSKA PROMENA:

Promena klime koja je direktno ili indirektno uslovljena ljudskim aktivnostima koje izazivaju promene u sastavu globalne atmosfere i koja je superiorna na prirodna kolebanja klime, osmotrena tokom uporedivih vremenskih perioda (UNFCCC)

### KLIMATSKI RIZICI:

Rizici koji se javljaju kao posledica klimatskih promena klimatske promene i ima sposobnost da se prilagodi (IPCC)

### KLIMATSKI FAKTOR:

Klimatski faktori su modifikatori klime - pojačavaju ili slabe veličinu ili intenzitet klimatskih elemenata

### METEOROLOGIJA:

Meteorologija je nauka o Zemljinoj atmosferi i promenama u njoj. Meteorologija proučava promene vremenskih uslova oko nas. Spada u grupu geofizičkih nauka. Neke od glavnih pojava koje se proučavaju su količina i vrsta padavina, grmljavinske oluje, tornada, tropski cikloni i tajfuni. Bitan uticaj vremena na ljude i ljudske aktivnosti doveo je do razvoja nauke o prognozi vremena.

### PRIRODNI HAZARD

Prirodni procesi ili fenomeni koji se javljaju u biosferi i predstavljaju štetne događaje

RIZIK:

Verovatnoća štetnih posledica ili očekivanih gubitaka koji zavise od date opasnosti kao i od datih elemenata opasnosti u određenom vremenskom periodu. (Schnederbauer, Enrlich)

## Predmet i cilj istraživanja

Rad sadrži opis, prostorne i vremenske raspodele jednog klimatskog faktora, *suše*, koji je glavni uzročnik promene normalnih klimatskih uslova na zemlji, na prostoru Srbije i Jugoistočnog Balkana. Ovo istraživanje je nastalo kao rezultat sume svih dosadašnjih istraživanja od svih mogućih državnih institucija i svetskih organizacija, zasnovan na bazama podataka u proteklih 50 godina pa do danas.

Rad sadrži sam opis problema koji je danas vodeći za rešavanje, i kao osnovi, za održavanje održivog razvoja, pa na osnovu sistema ovog naučnog istraživanja koji se sastoji od:

- Hipotetičke stavove o problemu suše
- Značaj istraživanja
- Rezultate prethodnih istraživanja
- Analiza rezultata i njihova saznanja o uticajima na okolinu
- Izrada budućeg scenarija na osnovu promena u sistemu projektnim radom i mogućim izmenama.

pokušavamo da zadržimo stanje klime i kakvo je bilo do pre 50 godina i na osnovu novih naučnih istraživanja da stvorimo sisteme za odbranu od negativnih efekata i ublažimo posledice.

Pre svega zemlja Srbija kao i sve druge zemlje na Balkanskom poluostrvu izložene su velikim globalnim promenama klime u proteklih 50 godina, kako kroz pojavu globalnog zagrevanja, preko efekata staklene baštne, topljenja snega i lednika, stvaranje novih bioekosistema koji negativno utiču na život ljudi i drugih živih bića na samom prostoru koji nije bio pod uticajem ovakvih ekstremnih promena u proteklih 50 godina.

Rad navodi istraživanja koja su bila objavljujuća za spoznaju životnih problema ovog tipa, kao moguću spoznaju za rešavanje istih, određenim metodama i stilovima života i načinu življjenja. Navode se izvodi iz domaćih kao i stranih, tendencija osnovnih klimatskih elemenata i nekih posledica. Sam problem Suša, detaljno je opisan kroz nekoliko poglavala, i na osnovu sinteze parametara ove vrste problema, moguće je predviditi budući scenario uslova života na ovom podneblju, i učiniti nešto kako bi se mogući negativni efekti i posledice smanjile na život u njemu.

Prezentuju se dopunjeni i novi rezultati. U radu su prikazani rezultati analiza tendencija godišnjih temperatura vazduha i godišnjih količina padavina na području Srbije i SCG u periodu 1951-2000, kao i prostora Balkanskog poluostrva. Tendencije su predstavljene kliznim trendom za Srbiju, a prikazana je teritorijalna raspodela trendova. Rad sadrži i hod normalizovanih odstupanja godišnjih rezultata područje Srbije i SCG. Cilj ovog istraživanja je da se na osnovu dobijenih rezultata iz procene promene klime na globalnom i regionalnom nivou po scenarijima IPCC stavi do znanja da buduće promene globalne klime ostaju u neizvesnosti, jer na njenu promenu utiče niz nekolicine novih faktora koje još nismo u potpunosti ispitali. Ovim istraživanjem pokušaćemo da produbimo znanje onoga što već poznajemo što negativno utiče na njenu promenu i svakom njenom adekvatnom boljom dopunom uticaćemo na poboljšanje. Prevazilaženje, je moguće što bržim uključivanjem u integrativne procese na regionalnom i evropskom nivou. Oklevanje, u spoznaji i implementaciji glavnih odlika naše buduće klime, će nas

samo više koštati. Zato uključivanjem i brzim reagovanjem i izradom ovakvih projekata, sama promena klime na našem području biće jednostavnija za rešavanje i borba protiv negativnih efekata novim nučnim metodama imaće više uspeha u otklanjanju posledica.

## Uvod

### Poreklo suša

Suše su kompleksna prirodna nepogoda koja, u različitoj meri pogađa neke delova sveta svake godine. Nasuprot svim drugim prirodnim fenomenima suša je nezgoda okarakterisana akumuliranim nedostatkom vode. Za razliku od poplava suša ne nastaje iznenada poput udara vetra, to je fenomen koji se polako razvija i zahvata šira područja. Za katastrofu prouzrokovani sušom se tradicionalno verovalo da zahvata šira područja (delove) u regionima gde je normalno snabdevanje vodom ograničeno. Posledice suša su često dramatičnog ishoda i vode u glad i umiranje hiljada ljudi. Čak iako suše ne predstavljaju pretnju za život u industrijalizovanim zemljama, svest o ranjivosti ljudi kada su suše u pitanju je sve veća, najviše usled ekonomskih posledica suša.

U Evropi je nekoliko strašnih i dugih perioda nedostataka vode uzrokovalo veće probleme proteklih godina. Pored toga studije o klimatskim promenama pokazuju drastičnije hidrološke uslove i poslednje suše se vide kao znak da se kluma već promenila. Završni podaci o sušama i glad kojom su rezultirale mogu se naći u međunarodnoj bazi podataka o katastrofama **EM-DAT (OFDA/CRED 2002)**<sup>1</sup>. Iako upoređen sa drugim prirodnim katastrofama, postoji manje registrovanih suša, broj oštećenih ljudi je najviši. Štaviše poređenje koje je izvršilo NDMC, 2002 pokazuje da su troškovi poslednje najveće suše bili duplo veći od onih koje je uzrokovala najgora poplava (*1993. godine, Mississippi Valley, \$ 15-28 milijardi*).

Izbor nekih najznačajnijih suša u Evropi od 1900. do 2001. može se naći u Stahl (2001). Ova pitanja su istaknuta u razdobljima suša i posledice nestasice vode su socijalne i ekonomske prirode kao i prirode zaštite životne sredine.

Rastuća populacija, širenje gradova i saobraćaja kao i razvoj u industriji i poljoprivredi pojačava pritisak na izvore vode. Ako se nastavi ovako neracionalno trošenje vode u već suprostavljenim oblastima gde postoje izvori mogu da nastanu i mogu da se očekuju novi konflikti oko nje. Preduslov za trošenje vode je detaljno razumevanje fenomena suša, pa tako ovu nepogodu mnogi smatraju najmanje razumljivom od svih prirodnih nepogoda.

Termin „suša“ ima različito značenje kod različitih ljudi u zavisnosti od njihovog porekla i interesa. Sunčano vreme tokom leta može biti ugodna situacija za široku javnost, dok je ekonomski gubitak problem za farmere i industriju koja zavisi od vode. Čak i naučnici razumeju pojам „suša“ na različite načine. Ovo može biti objašnjeno kroz sledeća dva primera iz citata u enciklopediji hidrologije i izvora vode:

1. „Suše su po svojoj prirodi retka pojava“ (Walker, 1998) i
2. „Suše su prirodna katastrofa koja se dešava učestalo“ (Sharma 1998).<sup>2</sup>

Različite koncepcije dovode do različitih pristupa u istraživanju ,do rezultata koji se ne upoređuju lako i debata o tome po kojim se fenomenima u stvari može nazvati „suša“.

---

<sup>1</sup> EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium"

<sup>2</sup> Regional aspect of droughts / department of gophysics faculty of mathematics and natural sciences university of Oslo | Hisdal H, Sthal K., Tallksen I, M Demuth S.2001 International Journey of Climatology|

Zbog toga najbitnija stavka je da je pojam jasno i detaljno definisan na početku svakog teksta ili studije koja se bavi ovom tematikom. U ovoj tezi suša se smatra normalnim svojstvom klime (**NDMC, 2002**). Za razliku od drugog kriznog stanja, klimatske osobine, suša se vidi kao privremeni fenomen koji pogarda gotovo svaku klimatsku zonu iako se njene osobine značajno razlikuju od regionala do regionala. Suše se vide kao dešavanje prouzrokovano prirodnim klimatskim promenama koje dovode do nedostatka padavina u nekom periodu (meterološka suša).

Nedostatak padavina kroz hidrološki krug u kombinaciji u visokim gubicima isparavanja može dovesti do neplodnosti zemljišta (poljoprivredna suša), presušivanje plovnih reka i podzemnih voda (predstavlja hidrološku sušu).

Nedostak može takođe da prouzrokuje padavine nataložene u vidu snega i zamrzavanja reka. U kasnijem slučaju može da se primeni termin „**zimska suša**“ (*Tallaksen and Hisdal 1997*)<sup>3</sup>. U ovoj studiji naglasak je na nedostatku vodenog toka prouzrokovanoj nedostatkom padavina tj. gubitkom isparavanja. Nedostatak toka ima neposredan uticaj na aktivnosti koje se zasnivaju na vodi i informacije o hidrološkim sušama su neophodne za odgovarajuće kratkoročno i dugoročno upavljanje izvorima vode. U mnogim državama, međutim, podaci o padavinama su dostupniji i ažurniji kako su arhivirani za duži vremenski period i manje u ometani ljudskim uticajem nego što je tok i mogu, uprkos mogućem biti dopuna podacima o vodenom toku. Prema tome važno je uporediti osobine suše zasnovane na toku vode i padavinama.

Suše su po prirodi regionalne, obično pokrivaju šira područja traju duže nego drugi hidrološki ekstrem npr poplave. Zbog toga je posebno potebno proučavati suše kroz regionalni kontekst.

Informacije o osobinama regionalnih suša omogućuje kritičko vrednovanje različitih aktivnosti koje se zasnivaju na vodi i treba da bude uključena u kratkoročne i dugoročne strateške planove i odgovarajuće planove upravljanja izvorima vode. Klimatska varijabla interesa (npr. padavine ili tok) može se opisati kao nasumičan prostorno vremenski proces. Ovaj proces može biti prikazan jedino preko standardizacije definisanja suše.

## Meterološke suše

Osnovna definicija zasnovana na količini padavina i trajanju je: "**Suša je period koji je duži od nekih uobičajnih dana sa padavinama**". Izabrani pragovi su u zavisnosti od specifične regije, kao i zavisnost problema koji se studira. Briga se mora preuzeti kada se ovakve definicije koriste da prikažu i uporede razlike suše u različitim regijama.

### Devijacije u normalnim uslovima

Devijacije u normalnim uslovima mogu biti kišni "suficit" ili "deficit" uz poštovanje procenta normalnih kišnih padavina. Normalne kišne padavine se odnose na određeni period (mesec, godišnje doba, godinu). Neki naučnici se ne slažu sa definisanjem suša kao devijacijama normalnih uslova, zbog toga što su kalkulacije normalnih padavina bazirane uglavnom na veoma kratak period (npr. 30 godina) da prikazuju dugoročne varijacije. Sledeća mana je nesposobnost da se adekvatno opiše ozbiljnost, deficit između široko razbacanih lokacija. Zbog toga varijabilitet padavina varira prostorno što znači da na primer 30 procenata manjka padavina će biti obuhvaćeno sa različitim frekvencijama u regionima sa

---

<sup>3</sup> Anex II Droughts and climate changes |Hanny A.J Van Lannen, Lenna M.Talksen, Gwyn Reys|

različitim varijacijama. Alternativa da se prevaziđe ovaj problem jeste da se primene mere kratke padavine koje dozvoljavaju različite varijacije u različitim regijama. Ovo se može obaviti koristeći procente.(Gibbs & Maher 1967)<sup>4</sup> Oni su koristili svega 10% kumulativne frekvencije distribucije ukupnih mesečnih i godišnjih padavina za klasifikaciju uslova valge u Australiji.

## Letnje i zimske suše

Normalno suše nastaju kao nedostatak padavina. Međutim, sneg i led pogodjenih regija često tokom zimskih meseci dovode do nedostatka padavina zbog toga što se velike količine vode nalaze upravo pod ledom i snegom kao posledica zamrzavanja. Takođe postoje velike regije sa veoma niskim tokom, i leti i zimi. Neophodno je razdvojiti ova dva događaja kako bi se mogle napraviti odgovarajuće analize suša. Arhiva maksimalnih serija i parcijalno trajanje serija

Cilj istraživanja suša je često nastojanje da se pronađe raspodela verovatnoća sušnih perioda kako bi se mogli predviteti rizici od budućih suša. Dve najčešće analize tj. modeli analiza su arhive minimalne/maksimalne serije i parcijalne serije. AMS sadrži najveći/najmanji događa za svaku godinu, dok PDS sadrži najniži/najviši prag.

## Hidrološke suše – podzemne vode

Iako su podzemne vode važan izvor vode, one su veoma ignorisane u mnogim analizama suša. U pogledu sušnih događaja iz (Wilhite i Glantz 1985) podzemne vode su spomenute samo jednom kao jedan od parametara koji treba biti spomenut u slučaju opasnosti od suša. U pogledu suša sa hidrološke perspektive, postoji jedna kratka sekcija o podzemnim sušama. U sveobuhvatnom pogledu od 1988-1992 suše u Engleskoj, efekat nivoa suša u podzemnim vodama je diskutabilan, ali nije data definicija podzemnih suša.

U udžbenicima suše podzemnih voda su retke. Detaljna definicija je data od strane Calow-a 1999<sup>5</sup>: "Mi koristimo termin "**podzemne suše**" da bi opisali situaciju gde podzemne vode nestaju kao posledica suša. Ova definicija je korišćena u projektu o menadžmentu za podzemne suše u Africi koja se isključivo bazira na nedostatke bunara i bušotina. Ova definicija podzemnih suša očigledno uključuje ljudsku zavisnost od vode."

Van Lanen je prikazao definiciju i efekte podzemnih suša. Ona je sledeća: "**Podzemne suše se pojavljuju ako vodonosnik podzemnih voda padne ispod kritičnog nivoa u određenom vremenu, što dovodi do suprotnog efekta**". Fokusirao se na nivoe podzemnih voda. Ali period niskih podzemnih nivoa može da bude suša samo u slučaju ako se suprotan efekat može primetiti. Kritičan nivo se može definisati kao procenat hidrografskih podzemnih voda.

U nekim zemljama nivo podzemnih voda je napravljen tako da spazi nastajanje podzemnih suša (Engleska i Holandija). U ovom slučaju podzemne suše u tačno određenom vremenu npr. mesec dana se pojavljuju ako se nivo podzemnih voda smanji ispod određenog praga. Ovo je određeno na osnovu neki istorijskih činjenica za taj određeni period. U Holandiji

<sup>4</sup> Gibbs & Maher 1967 – zasluzni naučnici čije su se relacije i izvođenja koristili za izračunavanje Indexa suše

<sup>5</sup> Calow-a 1999. Anex II Droughts and climate changes [Hanny A.J. Van Lannen, Lenna M. Talksen, Gwyn Reys]

Janković Ivan – (Bechelor) rad

termin podzemne vode kao takav nije upotrebljavan. Hidrograf podzemnih voda se koristi da pokaže podzemne suše implicitno. U Holandiji 95 % dnevног hidrografa je izabрано kao prag ispod kojeg su nivoi podzemnih voda dostigli minimum.

*Warren* isključuje definiciju podzemnih voda, ali spominje zimu kao veoma važan aspekt za podzemne suše. Leti je to isključeno jer su suše manje zbog kiša.

Vrste varijabli na kojima se zasnivaju suše određuju vrstu suša koja se istražuje. Za podzemne suše su tri varijable analizirane: dopuna, nivoi podzemnih voda i podzemna pražnjenja. Ovo predstavlja priliv, skladištenje i odliv za rezervoare podzemnih voda. Isto tako neke druge izloženosti podzemnih voda, kao što su nivo zasićenog područja ili površina močvarnih staništa. Punjenje i podzemno pražnjenje se ne može meriti direktno, ali se mogu ispitati iz drugih merenja ili moraju biti simulirana. Ovo ih čini osetljivim na greške. Nivo podzemnih voda karakteriše određene zalihe i oni se mogu meriti direktno s razumnom tačnošću i frekvencijom. Indirektno prostorne i vremenske aspekte nivoa podzemnih voda pružaju znanje o skladištenju podzemnih voda i pražnjenju.

Hidrološke suše su često izvan faze u obe, meteorološke i poljoprivredne suše. Zbog toga hidrološke suše su poslednje koje će reagovati na sušnu situaciju, ako površinska voda nije snabdevana sa podzemnim vodama. U kasnijim slučajevima površinska voda i podzemna će se pojaviti manje ili više simultano. Zaostatak između meteorološke suše i podzemne suše mogu iznositi meseci ili čak godine. Nažalost zalihe podzemni voda se obnavljaju sporo, što znači da mogu potrajati duže pošto se meteorološka suša završi.

Zbog ove spore reakcije, samo glavne meteorološke suše će se konačno pokazati kao podzemne suše. Zbog toga, vreme koje je potrebno za analize podzemnih suša mora biti duže, obično više od nedelje ili meseca. Kada se radi o dužem vremenskom periodu, posebna pažnja treba biti posvećena u određivanju početka i kraja analize.

## Kišni faktor, Index suše, Termodromski koeficijent i Meyerov koeficijent

Kišni i sušni periodi su važni za praksu. Oni se dobijaju kada se iz mesečnih meteroloških tablica ispisuje koliko je dana uzastopno padala kiša, odnosno koliko je dugo bila suša. Ovi podaci se unose u naročite obrasce i izračunavaju srednje vrednosti za duži niz godina.

Meteorolog **Konrad** je preporučio sledeće pravilo pri određivanju kišnih i sušnih perioda:

1. Kao kišni period uzima se neprekidni niz dana sa najmanjom visinom padavina od 0.3 mm dnevno. Izdvojeni (usamljeni) dani sa padavinama ubrajaju se takođe u periode, tako da kada se ima 1 dan sa kišom, taj dan se uzima kao jednodnevni period.

2. Kao sušni period uzima se niz od najmanje 5 uzastopnih dana bez padavina, pri čemu treba dane sa visinom padavina manjom od 0.3 mm takođe smatrati sušnim. Ako neki sušni period koji je trajao 5 dana i duže, prekine 1 dan sa kišom u kome je palo manje od 1 mm padavina, takav se sušni period smatra ne prekinutim, tj. dan sa padavom manjeg od 1 mm smatra se u ovom slučaju kao sušni dan.

3. Ako jedan kišni ili sušni period prelazi iz jednog meseca u drugi, onda se on računa u onom mesecu koji pripada duži deo dotičnog perioda. Ako su ovi periodi takvi da isti broj dana pada i na jedan i na drugi mesec onda se postupa ovako: kišni period se uzima u onom mesecu u kome je veća visina padavina za isti broj padavinskih dana, a sušni period uzima se uvek u prethodnom mesecu. Ako bi se neki sušni period pružao preko tri meseca, on se uvek pripisuje srednjem mesecu.

4. Pri obradi kišnih i sušnih perioda treba imati podataka za jedan neprekidan niz osmatranja od najmanje 10 godina. Kraći niz godina ne bi trebalo uzimati u obzir pri ovoj obradi. Na ovaj način obrađeni su kišni i sušni periodi za Srbiju sredine 20 veka, a za Beograd ima podataka i ranije.

### Kišni faktor

Kišni faktor predstavlja odnos između godišnje sume padavina i srednje godišnje temperature vazduha. Ovu veličinu uveo je u klimatologiju **R.Lang**. Prema veličini kišnog faktora Lang karakteriše klimatske oblasti na sledeći način:

- 1 Kišni faktor od 0-20 pustinje**
- 2 Kišni faktor od 20-40 polupustinje**
- 3 Kišni faktor od 40-60 stepa i savane**
- 4 Kišni faktor od 60-100 slabe šume**
- 5 Kišni faktor od 100-160 visoke šume**

U aridnu klimu ulaze prva dva faktora a u humidnu klimu od 3 do 5.

Kišni faktor veći od 160 predstavlja pustaru i tundru što je perhumidna klima.

## Index suše

Index suše uveo je u klimatologiju francuski geograf **deMartonne**. Pomoću ove veličine mogu se na zemlji odrediti sušni, vlažni i umereni pregledi u pogledu vlažnosti. Poznato je da vegetacija zavisi od količine padavina i temperature vazduha. Iz tih razloga kao index suše uzima se jedna veličina koja je funkcija temperature vazduha i padavina. Ta funkcija ima oblik:

$$I = H / t + 10$$

U kojoj je:

**I** – vrednost indexa,

**H** - godišnja suma padavina u mm, a

**t** - srednja godišnja temperatura vazduha.

Broj 10 uveden je u imenitelju iz razloga da bi se izbegle negativne vrednosti indexa I, jer se predpostavlja da čak i na većim geografskim širinama srednja godišnja temperatura neće biti niža od  $-10^{\circ}$  C. Predpostavlja se dalje da temperature ispod  $-10^{\circ}$  C nemaju nikakav značaj, jer je tada zemlja zamrznuta i padavine su isključivo u vidu snega. Vredno je napomenuti kako je deMartonne došao do ovog indexa on je proučavao kontinentalne oblasti u kojima voda koja otiče rekama doseže do okeana (egzoreizam), a zatim oblasti u kojima otičuća voda ne doseže do okeana (endoreizam) i najzad oblasti u kojima nema pravilnog oticanja vode uopšte areizam.

Prilikom ovih ispitivanja on je ustanovio da stanja u pojedinim oblastima ima velike sličnosti sa klimatskim elementima pojedinih oblasti, a specijalno sa tokom padavina i temperaturskim tokom. Takođe je ustanovio, da se te promene u manjim geografskim širinama bolje podudaraju sa krivom padavina, a u većim širinama imaju više oblik temperaturnog toka. Od tada je on došao na misao da nađe funkciju u kojoj će promenljive veličine biti suma padavina i temperatura vazduha.

Prema ovoj formuli deMartone upoređuje areične oblasti sa onim oblastima koje imaju manji index od 5. To su suve oblasti u koje spadaju Sahara, Arabija, Centralna Australija i Turgistan. Oblasti sa indexom od 5 – 10 granične pustinjske predele sa umerenim oticanjem vode, ali sa još uvek slabom florom (puštinjska stepa). U opšte, oblast endoreizma obuhvata mesta sa indexom manjim od 10. Ta oblast odgovara mnogim suvim klimatskim predelima u kojima su isključene biljne kulture bez veštackog navodnjavanja. Između indexa 10 i 30 ima skoro svuda umereno oticanje vode, ali u mestima sa indexom od 10 – 20 vrlo često reljef zemljišta igra presudnu ulogu u tome, da li dotočna oblast pripada endoreičnom ili egzoreičnom tipu. Međutim, mesta sa indexom od 20 do 30 isključuju sasvim endoreičan tip zemljišta, tj takve oblasti pripadaju egzoreičnom tipu. Upoređenje ovakvih oblasti sa različitim indexima suše dovelo je do sledećih zaključaka: Kod indexa od 10 – 20 pojavljuju se travne formacije pomešane sa žbunjem i trnovitim drvećem; Tu je navodnjavanje korisno a ponegde i neophodno potrebno za biljne kulture kojima je potrebna veća vlažnost. Treba napomenuti da se najbolje zone navodnjavanih žitarica, kako u umerenim tako i u tropskim oblastima prostiru oko linije sa indeksom 20. Isto tako važi i za sredozemno žbunje (masline). Ukoliko se index suše bliži broju 30 utoliko navodnjavanje u takvim oblastima. Nije neophodno izuzev livada za košenje i onih kultura kojima je potrebno više vode. Oblast sa indexom većim od 30 imaju stalno oticanje vode i skoro nema zatvorenih bazena iz kojih ne bi bilo oticanja prema morima i okeanima. Ako je index veći od 40 onda je oticanje stalno i obimno. Najveći index suše su u najhladnjim predelima (zbog niske temperature) ili u

ekvatorskim ili monsunskim oblastima (zbog obimnih padavina). Još neka veza može da se nađe između velikih indexa suše i flore. Za index suše veći od 30 drveće počinje da zauzima sve veći prostor u prirodi. Ako je index veći od 40 onda šuma zauzima skoro ceo prostor a žitarice su izložene opasnosti od suvišne vlage.

Sve napred rečeno može se primeniti i za kraće vremenske periode npr. za mesec. Samo se u tom slučaju mesečne sume padavina moraju množiti sa 12. Formula za mesečni index suše dobija tada oblik:

$$I = 12 \cdot H/t + 10$$

Gde je:

**H** – srednja mesečna suma padavina,

**t** – srednja mesečna temperatura vazduha.

Ustanovilo se da su suve oblasti u kojim je godišnji index suše manji od 20. Na isti način moglo bi se uzeti da su suvi oni meseci čiji je index manji od 20.

### **Termodromski koeficijent**

Termodromski koeficijent je postavio **Kerner**. On se izračunava preko sledeće formule:

$$K = (T_x - T_{IV}/A) * 100 \%$$

**T<sub>x</sub>** – srednja mesečna temperatura oktobra,

**T<sub>IV</sub>** – srednja mesečna temperatura aprila, i

**A** – godišnje temperaturno kolebanje.

Ako je **K** - veće od 15% to u toj oblasti maritimna klima. U oblastima kontinentalne klime **K** <15% i u koliko je ono manje u toliko je kontinentalnost veća. U oblastima gde kontinentalnost klime jako izražena termodromski koeficijent K ima negativnu vrednost.

### **Meyerov koeficijent**

Meyerov koeficijent se izračunava po formuli

$$NS = H/(E-e)$$

Gde je:

**H** – prosečna godišnja visina padavina,

**E** - maximalni pritisak vodene pare koji odgovara srednjoj godišnjoj temperaturi vazduha,

**e** – stvarni prosečni pritisak vodene pare u toku godine.

Prema **Kerneru** je **NS** = 200 kao granična vrednost između aridne i humidne klime. U oblasti aridne klime **NS** je <200 a dok u oblasti humidne klime je > 200.

## Indexi Suša

Popis suša se izjednačuje sa hiljadama podataka o padavinama, otapanjima snega u određenim zonama, brzine rečnog toka i nivoa vode i drugim indikatorima snabdevanja vodom u jednu veliku razumljivu sliku. Vrednost indeksa suše je uglavnom jedan broj, daleko korisniji u donošenju odluka u odnosu na neobrađeni podatak.

Postoji nekoliko popisa koji mere koliko su padavine u određenom vremenskom periodu odstupile od istorijski osnovanih normi. Iako ni jedan od većih popisa nije superioran u odnosu na ostale u svim okolnostima, neki popisi za određene potrebe više odgovaraju u odnosu na druge. Na primer, Palmerov indeks oštine suše je bio mnogo upotrebljavan od strane SAD. Odeljenja za Agrikulturu (US Department of Agriculture) da bi se odredilo kada se može pružiti hitna pomoć u slučaju suše ili Palmer radi bolje kada su u pitanju veće topografske oblasti. Zapadnim državama koje imaju planinske predele i rezultat kompleksnih regionalnih mikroklima može biti od koristi da Palmerove vrednosti dopuni drugim popisima kao što su Indeks površinskog snabdevanja vodom koji podrazumeva naslage snega i druge jedinstvene uslove.

Nacionalni centar za smanjenje suše koristi novije indekse, standardizovani indeks padavina (SPI), kako bi imao uvid u stanje snabdevanja vlagom. Razlikovna crta ovog indeksa je u tome što on identificuje rast suše par meseci ranije u odnosu na Palmerov indeks i u tome što je on izračunat na različitim vremenskim skalama.

Većina planera zaliha vode smatraju da je korisno da konsultuju jedan ili više popisa pre nego što donešu odluku. Ono što sledi jeste uvod u svaki od većih popisa suše koji su u upotrebi u Sjedinjenim Državama i Australiji.

## Procenat normalnosti

Procenat normalne vrednosti je jednostavno rezultat pogodan za TV meteorologe i za širu publiku.

Prednosti: Prilično je efektan prilikom upoređivanja jednog regiona ili godišnjeg doba.

Mane: Lako može doći do greške; tako što matematička konstrukcija ne mora nužno da odgovara očekivanim vremenskim prilikama.

Procenat normalnih padavina je najjednostavnija mera padavine/kiše na određenom mestu. Analize koje koriste procenat normalnog su veoma efektivne kada se koriste za jedan region ili jedno godišnje doba. Procenat normalnog takođe lako može izazvati grešku i daje različite pokazatelje stanja u zavisnosti od lokacije i godišnjeg doba. Izračunava se kada stvarno stanje padavina podelimo sa uobičajenim padavinama i pomnožimo sa 100%. Ovo može da se računa za razne vremenske skale. Obično se ove skale prave u rasponu od jednog meseca do grupe meseci predstavljajući određeno godišnje doba ili kišnu godinu. Smatra se da normalne padavine za određenu lokaciju imaju 100%.

Jedna od manih korišćenja procenta normalnih padavina jeste da prosečne padavine nisu uvek jednake u odnosu na srednje, što predstavlja vrednost koja za 50% prevazilazi pojave padavina tokom dugotrajnog klimatskog izveštaja. Razlog za ovo je što padavine na mesečnim ili sezonskim skalamama nemaju normalnu raspodelu. Upotreba procenta normalnog poređenja implicira normalnu raspodelu gde su srednja i srednja vrednost iste. Primer za pomenjnu koju ovo može izazvati može da se predstavi izveštajem dugoročnih padavina u

Melburnu za mesec Januar. Središnji nivo padavina u Januaru iznosi 36.0 mm što znači da je tokom pola godine zabeleženo manje od 36.0 mm a u drugoj polovini je zabeleženo više od 36.0 mm.

Naime, na nivou Januara, ukupnih 36.0 mm bi bilo 75% u odnosu na srednji nivo što se uglavnom smatra prilično suvim. Zbog različitosti u zabeleženim padavinama u odnosu na vreme i lokaciju, ne postoji način da se utvrdi učestalost odstupanja od normalnog niti da se uporede različite lokacije. Ovo predstavlja poteškoću prilikom povezivanja odstupanja sa specifičnim uticajem koji se dogodi kao rezultat odstupanja, inhibirajući pokušaj smanjenja rizika od suše zasnovanog na odstupanju od normalnog i formiranju plana za odgovor.

## Standardizovani indeks padavina (SPI)

Opis: Indeks koji se bazira na verovatnoći padavina za bilo koju vremensku skalu.

Ko ga koristi: Mnogi planeri suše vrednuju raznovrsnost **SPI**.

Prednosti: **SPI** se može koristiti za procenu za različite vremenske skale, može obezbediti ranije upozorenje na sušu i može pomoći u proceni mera opreza u slučaju suše, a takođe je manje kompleksan u odnosu na Palmera.

Mane: Vrednosti zasnovane na preliminarnim podacima mogu da se promene.

Vrednosti SPI	
2.0 i više	Ekstremna vлага
1.5 do 1.99	Mnogo vlažno
1.0 do 1.49	Umereno vlažno
-99 do 99	Blizu normalnog
-1.0 do -1.49	Umereno suvo
-1.5 do -1.99	Jako suvo
-2 i manje	Ekstremno suvo

Tabela br 1. Vrednosti SPI indeksa padavina

Razumevanje toga da deficit padavina ima različit uticaj na podzemne vode, zalihe u rezervoarima, vlagu zemljišta, snežne pokrivače, navelo je McKeea, Doeskena i Kleista na ideju da razviju Standardizovani indeks padavina (SPI) 1993. godine. **SPI** je namenjen za merenje deficita padavina za više vremenskih skala. Ove vremenske skale reflektuju uticaj suše na dostupnost različitih izvora vode. Stanje vlažnosti zemljišta odgovara anomalijama padavina na relativno kratkim skalama. Podzemne vode, strujanje/tok vode i zalihe u rezervoarima reflektuju anomalijama dugoročnih padavina. Zbog ovoga je McKee prвobitno napravio vremenske skale od 3-, 6-, 12-, 24-, 48- meseci.

Računanje SPI za bilo koju lokaciju je zasnovan na izveštaju o dugoročnim padavinama za željeni period. Ovaj dugoročni izveštaj je postavljen na raspodele verovatnoća koji se zatim transformiše u normalnu raspodelu što znači da je srednji **SPI** za željenu lokaciju i period jednak nuli (Edwards&McKee 1997). Pozitivne vrednosti **SPI** ukazuju na veće od središnjih padavina a negativne vrednosti ukazuju da su manje od središnjih padavina. Iz razloga što je **SPI** normalizovan, vlažnije i suvle klime mogu biti predstavljene na isti način i vlažni periodi takođe mogu biti prikazani upotrebom **SPI**.

McKee i ostali (1993) koristili su sistem klasifikacije prikazan na tabeli vrednosti SPI da definisu intenzitet suše koji proističe iz **SPI**. McKee i ostali (1993) su takođe definisali

kriterijume za pojavu suše za bilo koji vremenski period. Slučaj suše se događa u bilo kom trenutku kada je **SPI** konstantno negativan i doseže intenzitet od -1.0 ili manje. Ovaj slučaj završava kada **SPI** postane pozitivan. Stoga svaki slučaj suše ima trajanje koje je definisano od početka do kraja i intenzitet za svaki mesec u kom se slučaj ponavlja. Pozitivan zbir **SPI** za sve mesece u slučaju suše može da se nazove "veličinom" suše.

Na osnovu analiza u stanicama širom Kolorada, McKee je utvrdio da je SPI na nivou blage suše 24% vremena, na nivou umerene suše 9,2% vremena, na nivou teške suše 4,4% vremena a na nivou ekstremne suše 2,3% vremena (McKee i ostali 1993). Iz razloga što je **SPI** standardizovan, ovi procenti se i očekuju iz normalne raspodele **SPI**. 2,3% od vrednosti SPI unutar kategorije "ekstremne suše" je procenat koji je uobičajen za "ekstremni slučaj" (Wilhite 1995). Nasuprot tome, Palmerov indeks doseže svoju "ekstremnu" kategoriju više od 10% vremena preko delova Velike ravnice. Ova standardizacija omogućava da **SPI** odredi retkost trenutne suše kao i mogućnost padavina neophodnih za okončavanje trenutne suše (McKee i ostali 1993).

SPI je operativno korišćen za praćenje stanja širom Kolorada od 1994. (McKee i ostali 1995). Mesečne mape **SPI** za Kolorado mogu se pronaći na sajtu Državnog Univerziteta u Koloradu. Takođe je praćen nivo podele klime za SAD od strane Nacionalnog centra za smanjenje suše i Klimatskog centra zapadnog regiona

## **Palmerov indeks oštine suše (The Palmer, PDSI)**

Opis: Palmer je algoritam vlage zemljišta podešen za relativno homogene regije.

Ko ga koristi: Mnoge agencije i države SAD se oslanjaju na Palmera radi pokretanja pomoćnih programa u slučaju suše.

Prednosti: Prvi sveobuhvatni indeks suša razvijen je u SAD.

Mane: Palmerove vrednosti mogu zaostajati u nekoliko meseci u odnosu na porast suše; manje su pogodne za planinske krajeve ili područja čestih klimatskih ekstrema; kompleks je neodređen, izgrađen na vremenskim skalama koje mogu dovesti do zabune.

### Klasifikacije

- 4.0 ili više – ekstremno vlažno
- 3.0 do 3.95 – mnogo vlažno
- 2.0 do 2.99 – umereno vlažno
- 1.0 do 1.99 – neznatno vlažno
- 0.5 do 0.99 – početna vlaga
- 0.49 do -0.49 – blizu normalnog
- 0.5 do -0.99 - početak suše
- 1.0 do -1.99 - blaga suša
- 2.0 do -2.99 - umerena suša
- 3.0 do -3.99 - oštra suša
- 4.0 ili manje – ekstremna suša

1965. godine Palmer je razvio indeks za merenje povlačenja vlage. Palmer je zasnovao svoj indeks na ponudi i potražnji koncepta za jednačenje balansa vode, uzimajući u obzir više od deficit-a padavina za određenu lokaciju. Cilj Palmerovog indeksa za merenje povlačenja vlage, kako je sada nazvan, bio je da se obezbedi merenje stanja vlage u uslovima koji su standardizovani tako da se poređenje prilikom upotrebe indeksa može vršiti između lokacija i između meseci (Palmer 1965).

Palmer Index je popularan i veoma se koristio u raznim aplikacijama sirom SAD-a. To je najefikasnije merenje uticaja osjetljivosti na uslove vlage u zemljištu, kao što su poljoprivreda (Villeke Et Al, 1994.). Takođe je korisno kao sredstvo za pracenje suša i korišćen je za pokretanje akcije u vezi sa planovima za nepredviđene suše (Villeke Et Al., 1994). Aleya (1984)

On identificuje tri pozitivne karakteristike Palmer Indeksa koji doprinose popularnosti:

- (1) obezbeđuje donosiocima odluka merenje abnormalnosti nedavnih vremena za region,
- (2) obezbeđuje priliku za postavljanje trenutnih uslova iz istorijske perspektive, i
- (3) obezbeđuje prostornu i vremensku predstavu istorijskih suša.

Nekoliko zemalja, uključujući Njujork, Kolorado, Ajdaho i Juta, koriste Palmer Indeks kao jedan deo svojih sistema za praćenje suše. Postoje značajna ograničenja prilikom korišćenja Palmer Indeksa, a oni su opisani detaljno Aleja (1984) i Karl i Knight (1985).

Nedostaci Palmer Indeksa uključuju:

-Vrednosti kvantifikovanja intenziteta suše i signalizacije na početku i na kraju suše ili mokrim deolovima su proizvoljno odabrani na osnovu studije Palmer's centralne i zapadne Ioua Kansas i imaju malo naučno značenje.

-Indeks Palmer je osjetljiv na **AwC** za tip zemljišta. Dakle, primenom indeksa za klimu podela može biti previše opšte.

-Dva sloja zemljišta unutar bilansa vode su pojednostavljene i ne može se tačno predstaviti lokacija.

-Sneg, snežni pokrivač, kao i smrznuto tlo nije uključeno u indeks. Sve padavine se tretiraju kao kiša, tako da vreme **PDSI** ili **PHDI** vrednosti mogu biti netačne zimi i u proleće tokom onih meseci kada je javlja sneg.

-Potencijalni isparavanje je procenjeno pomoću Thornthwaite metoda. Ova tehnika je široko prihvatanje, ali je ipak samo aproksimacija.

Nekoliko drugih istraživača su predstavili dodatna ograničenja Palmer Indeksa. ( McKeei ). (1995) Je predložio da **PDSI** bude dizajniran za poljoprivredu, ali ne tačno predstavljaju hidrološki uticaji usled duže suše. Takođe, Palmer Indeks se primenjuje u Sjedinjenim Državama, ali ima malo prihvatanje na drugim mestima (Kogan, 1995). (1993), koji je predložio da to ne radi dobro raditi u regionima gde postoje krajnosti u varijabilnosti padavina ili drugom krugu izbora.

Druga slabost Palmer Indeks je da je "ekstremne" i "teška" klasifikacije suše se desiti sa većim frekvencijama u nekim delovima zemlje nego u drugim (Villeke et al, 1994.). "Ekstremna" suša u Velikoj ravnici se desila sa frekvencijama većim od 10%. Ovo ograničava tačnost u odnosu intenziteta suše između dve regije i čini planiranje odgovorom na akcije na osnovu određenih intenziteta teže.

## Indeks vlage (CMI)

Opis: Palmer derivat, **CMI** odražava ponudu vlage u kratkom roku preko glavnih useva za proizvodnju regiona i nije namenjen da se procene dugoročne suše.

Prednosti: identificuje potencijalne poljoprivredne suše.

Razvijen od strane: V.C. Palmer, 1968.

Indeks vlage (**CMI**) koristi meteorološki pristup za nadgledanje od nedelje do nedelje uslovima useva. Razvijen je od strane Palmera (1968) iz procedure u okviru obračuna **PDSI**.

Dok PDSI prati dugoročne meteorološke mokro i suvo čini, **CMI** ima za cilj da proceni kratkoročne uslove vlage preko glavnih useva za proizvodnju regiona. Ona se zasniva na srednjoj temperaturi i ukupnim padavinama za svaku nedelju u klimi podela, kao i **CMI** vrednost iz prethodne nedelje.

**CMI** reaguje brzo na promenu uslova, i to je ponderisani prema lokaciji i vremenu, tako da mape, koje se najčešće prikazuju nedeljno **CMI** širom Sjedinjenih Američkih Država, mogu se koristiti za upoređenje uslova vlažnosti u različitim lokacijama. Nedeljni mape **CMI** dostupne su kao deo USDA / JAVF

Zato što je dizajniran za praćenje kratkoročnih uslova vlage utiče na razvoj useva, **CMI** nije dobar za pracenje dugoročne suše. **CMI** je brz odziv na promene kratkoročnih uslova može da pruži netačne informacije o dugoročnim uslovima. Na primer, korisnost padavina tokom suše može dozvoliti **CMI** vrednost koji ukazuje na adekvatne uslove vlage, dok dugoročna suša na toj lokaciji postoji. Još jedna karakteristika **CMI** koja ograničava njegovu upotrebu kao dugoročno sredstvo za pracenje suša da **CMI** obično započinje i završava svaki vegetacijski blizu nule. Ovo ograničenje sprečava **CMI** od koristi za praćenje stanja vlage izvan opšte sezone rasta, naročito ako će suša trajati nekoliko godina.

## Površina vodosnabdevanja Indeksa (SWSI)

Opis: **SWSI** (, izgovara se "svazee") je dizajniran da dopuni Palmer, u državi Kolorado, gde je planina "Snovpack" ključni element za snabdevanje vodom; izračunavase tako što se sliva, na osnovu snovpack, streamflov, padavine i rezervoara za skladištenje.

Prednosti: predstavlja snabdevanje vodom auslovi su jedinstveni za svaku bazu.

Nedostaci: Promena podataka stанице ili upravljanja vodama zahteva da se izračunaju novi algoritmi, pa je indeks jedinstven za svaku bazu, što ograničava interbazu poređenja.

Cilj: **SWSI** postoji da se uključe sve hidrološke i klimatske funkcije u jednu vrednost indeksa nalik Palmer Indeksu za svaki veliki sliv reke u državi Kolorado (Shafer i Dezman 1982). Ove vrednosti će biti standardizovane kako bi mogli uporedjivati slivove. Četiri ulaza su potrebna u **SWSI**: snovpack, streamflov, padavine i rezervoara za skladištenje. Jer u zavisnosti od sezone, **SWSI** se obračunava samo snovpack, padavine, i rezervoara za skladištenje u zimskim mesecima. Tokom letnjih meseci, streamflov zamenjuje snovpack kao komponenta u okviru **SWSI** jednačine.

Postupak za utvrđivanje **SWSI** za određeni sliv glasi: mesečni podaci se prikupljaju i sabiraju za sve stanice padavina, rezervoari i snovpack / streamflov merne stanice preko bazena. Svaka komponenta sažeta je normalizovana koristeći frekventne analize prikupljene iz dugoročnog skupa podataka. Verovatnoća tj. ne-verovatnoća da naredni iznos neće biti veci nego sadašnji određuje se za svaku komponentu na osnovu frekventne analize. Ovo omogućava poređenje verovatnoće između komponenti. Svaka komponenta ima težinu koje su mu dodeljene u zavisnosti od tipičnih doprinosa površinskih voda u tom basenu, a te ponderisane komponente su sažete za utvrđivanje **SWSI** vrednost koja predstavlja ceo sliv. Kao Palmer Indeks, **SWSI** je centriran na nulu i ima domet od **-4.2 i +4.2**.

**SWSI** se koristi, zajedno sa Palmer Indeksom, za aktiviranje i deaktiviranje Kolorado plana suše. Jedna od njegovih prednosti je što je jednostavno za računanje i da predstavlja merenje zaliha površinske vode širom države. Primjenjuje se i u ostalim državama kao što su Oregon, Montana, Ajdaho i Juta. Mesečna **SWSI** mapa Montane može se dobiti prirodnim resursima informacionog sistema

Nekoliko karakteristika **SWSI** granica njegove primene. Zbog toga sto je **SWSI** obračun jedinstven za svaku oblast, teško je uporediti **SWSI** vrednosti između slivova ili regiona (Doesken et al., 1991). U okviru određenog bazena ili regiona, ukidanje svih stanica znači da nove stanice treba da se dodaju u sistem i nove frekvencije raspodela treba da utvrde tu komponentu. Dodatne promene u vodoprivredi u basenu, kao što su protok razonode ili novih rezervoara, znači da ceo **SWSI** algoritam za oblast treba da bude ponovo razvijen na račun za promene u težini svake komponente. Dakle, teško je održavati homogenu seriju vremena indeksa (Heddinghaus i Zdravković, 1991). Ekstremni događaji takođe mogu izazvati problem ako su događaji van istorijski za vreme serije, a indeks će morati da se preispita kako bi se uključili ovi događaji u okviru raspodele frekvencija komponenti u toj oblasti.

## Rekultivacija indeksa suša (RDI)

Opis: Kao **SWSI**, **RDI** se izračunava na nivou sliva, uključuje temperaturu kao i padavine, snovpack, streamflov, i nivoa rezervoara kao ulaz.

Ko je koristi: Biro rekultivacija, države Oklahoma, kao deo svog plana suše.

Prednosti: uključujući temperaturu komponenti, ona takođe čini isparavanja.

Nedostaci: Zbog indeksa koji je jedinstven za svaki sliv, unutrašnja(bazična) poređenja su ograničena.

(RDI) razvijen od strane: Zavoda za rekultivaciju, kao okidač za oslobođanje sredstava hitne pomoći u slučaju suše.

RDI klasifikacija	
4.0 ili više	Veoma vlažno
1.5 d 4.0	Umereno vlažno
1 d 1.5	Normalno do srednje vlažno
0 d -1.5	Normalno do srednje sušno
-1.5 d -4.0	Umereno sušno
-4.0 ili manje	Veoma sušno

Tabela br. 2 Klasifikacija rekultivisanog (poboljšanog) indeksa faktora suša

Sanacija Indeksa Suša (**RDI**) nedavno je razvijen kao alat za definisanje težine i trajanja suše , kao i za predviđanje početka i kraja perioda suše. Podsticaj da osmisle **RDI** došao iz rekultivacija država koje su zadesile suse 1988, koji omogućava zemljama da traže pomoć od biroa rekultivacija za ublažavanje efekata suše.

Kao **SWSI**, **RDI** se izračunava na nivou sliva, a to uključuje snabdevanje komponente padavine, snovpack, streamflov i rezervoara nivoima. **RDI** razlikuje se od **SWSI** u temperaturi na zahtev komponenti i trajanja indeksa. **RDI** je prilagodljiv svakom određenom regionu i njegova glavna snaga je njegova sposobnost da izračunava i klime i faktore snabdevanja vodom.

Oklahoma je razvila sopstvenu verziju **RDI** i planira da koristi indeks kao sredstvo u okviru sistema praćenja određenog plana u drzavama koje su zahvatile suse. **RDI** vrednost i težina oznaka su slične **SPI**, **PDSI** i **SWSI**.

## Devijacije u normalnim uslovima

Opis: Grupa mesečnih padavina su poJava u devijaciji, tako da, po definiciji, "mnogo niži od normalnog" tj takvo vreme ne može da se pojavi češće od 20% vremena.

Ko je koristi: Australija.

Prednosti: Omogućava precizno statističko merenje padavina.

Nedostaci: Tačnim proračunima zahtevaju dugoročni klimatski zapis podataka.

Proučavali: Gibbs i Maher, 1967.

Klasifikacija Devijacija	
Devijacija od 1-2: ispod 20%	Monogo više normale
Devijacija od 3-4: do 20%	Više od normale
Devijacija 5-6: oko 20%	Oko normale
Devijacija 7-8: malo iznad 20%	Više od normale
Devijacija 9-10: iznad 20%	Monogo više normale

Tabela br.3. Klasifikacija devijacija kumulativne frekvencije distribucije ukupnih mesečnih godišnjih padavina

Uređenje podataka o mesečnim padavinama u devijacijama je još jedna tehnika za nadgledanje suša. Razvijen je od strane Gibbs i Maher (1967) da se izbegnu neke od slabosti u "procenitu normalnog" pristupa. Tehnike su razvijene podelom distribucije pojave tokom upisa dugoročne padavine u desetine distribucija. Svaki od ovih kategorija zove se devijacija. Prva devijacija je padavina koja ne prelazi iznos od najniže 10% pojave padavina. Druga devijacija je količina padavina koja ne prelazi od najniže 20% od pojave. Ove devijacije se nastavljaju sve dok je iznos padavina identifikovan deseta devijacija je najveća količina padavina u dugoročnom zapisu. Po definiciji, peta devijacija je medijana, a to je količina

Janković Ivan – (Bechelor) rad

padavina koja ne prelazi 50% od pojave tokom perioda zapisa. Devijacije su grupisane u pet klasifikacija sto vidimo na tabeli br 6.

Devijacije procenta normalnosti je metoda izabrana kao meteorološko merenje suša u Australiji za sistem suša Uatch, zbog njenog jednostavnog relativnog proračuna i zahteva manje podataka i manje od pretpostavke za Palmer Indeks, ozbiljnosti suša (Smit et al., 1993). U ovom sistemu, poljoprivrednici i rančeri mogu samo da zatraže pomoć Vlade, ako je suša pokazala da se događaj koji se dešava samo jednom u 20-25 godina (devijacija 1 i 2 preko 100-godišnji rekord) i traje duže od 12 meseci ( Beli i O'Meagher, 1995). Ova uniformnost u sušnim klasifikacijama, za razliku od sistema koji se zasniva na procenat normalnih padavina, je pomogao australijskim vlastima u određivanju odgovarajućeg odgovora sušama. Jedna mana devijskog sistema je da je dug klimatski period koji je potreban da bi se tačno izračunala devijacija.

## SPI index faktor i suše na Balkanskom poluostrvu

Suša se može smatrati kao privremeni pad prosečne dostupnosti vode. Suša se može desiti bilo gde u Evropi, po definiciji u obe oblasti visoke i niske padavine i u bilo kojoj sezoni. Uticaj suše se obično pogoršava kada se dešavaju u regionu već niskog vodostaja, sa zloupotrebe na raspolažanju vode i neravnoteža između vode i zahteva za snabdevanje kapaciteta prirodnih sistema. Sve u svemu, suša je dinamički fenomen koji je naizgled teško pratiti. Početni izvori teškoća u primeni odgovaraJuće upravljačke reakcije mogu biti izvedeni iz sledećih razloga: nepotpuna definicija suša, raznovrstan i razorni uticaj suša i odsustvo odgovora sistematskog mehanizama.

Sve u svemu, precizna, nedvosmislena definicija suša je i dalje nedostižna. Jedan od izvora konfuzije u osmišljavanju ciljeva definicija može biti da suša podrazumeva različite stvari različitim profesionalaca u skladu sa specijalizovanim oblastima studija (meteorologija, hidrologija, vodni resursi, ekonomija, poljoprivreda itd.) Drugi problem je eliciting jer je definicija suša čvrsto vezana za geografske, hidrološke, geološke, istorijske i kulturne osobine datog mesta. Treći faktor je to što se teško menja terminologija suša prema ažuriranosti tehnike i prakse. Tako, šira definicija suša može biti: država nepovoljnih hidroloških i široko, ekoloških, socijalnih i ekonomskih uticaja zbog manje od očekivane količine vode uopšte (Karavitis, CA, 1999). Takvi nedostaci vode mogu da potiču od niskog nivoa padavina i neefikasnosti u distribuciji vode. Postoji mnogo napora za planiranje i upravljanje akcijama protiv suša, ipak, još uvek postoje brojni nedostaci u tim pokušajima. Veliki izazov za sva istraživanja u vezi suša može biti razvoj sveobuhvatne i efikasne šeme za upravljanje sušama. Takvi programi treba da budu zasnovani na proaktivnom strategijama uključujući presušno planiranje, sušu i post-sušne aktivnosti (Karavitis, CA, 1999). Međutim, da bi takve šeme bile primenjene u odlukama i u donošenju odluka, nesumnjivo mora zauzeti mesto u početku, arealu obima i težine suša. U ovom nastojanju metode pretrage suša mogu da se koriste.

Ove metode karakterišu suše prema posebnom indeksu. Indeksi suša obično potiču iz perioda rekordnih razmara, na osnovu kojih je suša klasifikovana. U tom kontekstu SPI indeks je izabran da bude primenjen za Grčku, zemlju koja je često patila od suša u poslednjih nekoliko godina, uz najgore suše u periodu 1989 - 1993.

## Aplikacija SPI

Standardizovani indeks padavina (**SPI**) je razvijen od strane *B. Maki, 1993*. Bio je predložen kao pokazatelj da može služiti kao svestrani alat u upozorenju suša, praćenju i analizi. Godine 1999, Hejs, J., M. pratio je ozbiljne suše u 1996 u Južnoj Velikoj Ravnici i jugozapadnom delu Sjedinjenih Američkih Država koristeći SPI.

Oni su tvrdili da je SPI identificuje početak i težinu suša mesec dana unapred Palmer, Ozbiljnost indeksa suša. (PDSI) U drugoj studiji NB Gutman (1999) primetio je das u se mesečne padavine proširile duž 1.035 lokacija širom SAD-a i opisuje uticaj na SPI vrednostima pomoću različitih modela verovatnoće.

On Je to uporedio 2 - parametar gama (GAM), 3-parametar Pirson Tip III (Pe3) neki puta se pominju kao 3 - parametar gama, 3 - parametar uopštenih ekstremnih vrednosti (GEV), 4 - parametar Kapa (KAP) i 5 - parametar Vakebi (VAK) u cilju pronalaženja funkcija raspodele mesečnih padavina.

Parametri iz gore navedenih distribucija obračunavaju sa metodom L-trenutaka. On je takođe koristio 2 - parametar gama distribucije za koje su parametri procenjeni pomoću maksimalne verodostojnosti procene. Poslednju je takođe predložio McKee, 1993 za procenu SPI. Guttman N., 19 zaključio da je Pirson tip III, sa parametrima procenjen metodom L-trenutaka. Izgledalo je kao najbolji izbor da se opišu suvi i mokri događaji. Hong Vu., 2005, pokazuje da razlike između vrednosti SPI izračunate korišćenjem različitih dužina zapisa nisu značajne ako su obrasci padavine stabilni.

U drugom naporu (2006) tvrde da SPI korisnici budu oprezni prilikom adaptacije skala vrednosti SPI-u za kratko vreme na sušnim lokacijama. Korisnici zatim treba da se koncentrišu trajanju suše, a ne na njene ozbiljnosti.

## SPI aplikacija u Evropi

Naporom Lojda Hughesa i Saundersa (2002), utvrđeno je da je 2 - parametri gama raspodela čini se da najviše odgovara pristupu kako da bi se opisala mesečna količina padavina u Evropi i za izračunavanje indeksa SPI. Oni su, takođe, u odnosu na isti region i SPI i PDSI i zaključili da SPI daje bolju prostornu standardizaciju nego PDSI. U Jugoistočnoj Evropi oblasti, Tsakiris G. (2004) primenjuje se SPI na Kritu.

Livada, (2007), koristi mesečno podatke iz 23 stanice da proceni suše u Grčkoj. Papaioannou G. (2007) primenjuje SPI za Grčku pomoću PCA. U drugom naporu Sonmez, KF, (2005) ispituje ranjivost Turske sušama preko SPI. Oni su, takođe, u odsnosu na isti region i SPI i PDSI i zaključili da SPI daje bolju prostornu standardizaciju nego PDSI. U Jugoistočnoj Evropi oblasti, Tsakiris G. (2004) primenjuje se SPI na Kritu.

## Primjenjena metodologija

U trenutnom naporu, pogodjenost Grčke sušama za period od 1989 do 1994 je bio ispitivan pomoću SPI. Izbor je bio diktiran zbog dostupnosti podataka i pojave jednog od najvećih suša za period od 1989 do 1993 (Karavitis, 1999a i 1999b). Suša je prostorno predstavljala GIS. Podaci o mesečnim padavinama su prikupljeni iz 41 metereološke stanice u saradnji sa Nacionalnom metereološkom stanicom Grčke za period od 6 do 12 meseci koje pokrivaju različite periode od 1959 do 2000 godine kako je prikazano u tabeli br 4.

Prema McKee, 1993 SPI korisnik treba da proceni SPI vrednosti iz perioda od najmanje 30 godina da ima pouzdane rezultate. Takođe je predloženo da se koriste proizvoljne klasifikacije suše, što ukazuje na početak i kraj događaja suše. Veštačka klasifikacija suša je takođe praćena u ovim naporima. Mesečni podaci kiše iz 41 stanice su grupisani prema njihovom homogenošću. One grupe date su u tabeli br 5.. Koeficijent korelacije je tako izведен da ispita svrsishodnost upotrebe jednostavne linearne regresije metodom kako bi se popunio veliki broj podataka.

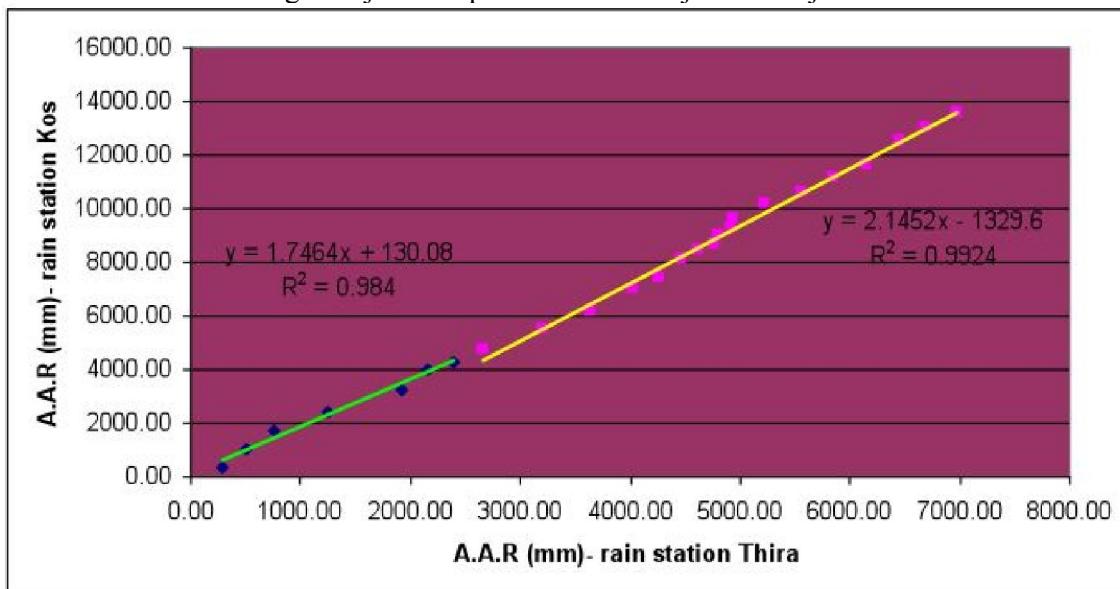
Janković Ivan – (Bechelor) rad

Area	Station	Longitude	Latitude	Elevation	A. A. R (mm)	Time Period
Evrou	Alexandroupolis	25 56'	40 51'	3	487,97	1985- 2006
Kavalas	Chrisoupolis	24 36'	40 54'	5	448,29	1985- 2006
Serron	Serres	23 34'	41 05'	34,5	454,57	1972- 2006
Kozane	Kozane	21 47'	40 17'	626	433,20	1972- 2006
Thessalonike	Mikra	22 58'	40 31'	5	424,18	1972- 2006
Kerkira	Kerkira	19 55'	39 37'	4	980,06	1976- 2006
Ioanninon	Ioannina	20 51'	39 40'	484	986,33	1976- 2006
Arta	Arta	21 00'	39 10'	10,5	1076,94	1976- 2006
Larisa	Larisa	22 26'	39 39'	74	416,37	1970- 2006
Magnisia	Agchialos	22 48'	39 13'	15	464,16	1970- 2006
Trikalon	Trikala	21 46'	39 33'	110	680,53	1970- 2006
Trikalon	Pertouli	21 28'	39 33'	1160	1468,00	1964- 1999
Trikalon	Pachtouri	21 15'	39 28'	950	2056,10	1959- 1993
Karditsa	Vragiana	21 27'	39 14'	580	1289,10	1959- 1993
Aetoloakarnania	Patipoulo	21 16'	39 06'	525	1608,20	1959- 1993
Aetoloakarnanias	Yes Kastrakiou	21 22'	38 45'	75	1055,10	1964- 1999
Euritania	Paparousi	21 40'	38 53'	660	1157,80	1959- 1993
Euritania	Monastiraki	21 35'	39 05'	660	1827,50	1959- 1993
Aetoloakarnania	Yes Kremaston	21 29'	38 53'	390	1187,16	1964- 1999
Karditsa	Mouha	21 46'	39 14'	870	1344,60	1963- 1993
Karditsa	Yes Plastera	21 46'	39 17'	800	1230,00	1961- 2000
Phthiotida	Lamia	22 24'	38 51'	17	553,00	1960- 2006
Boiotia	Tanagra	23 33'	38 19'	140	465,42	1960- 2006
Attika	Helleniko	23 45'	37 54'	15	374,64	1970- 2006
Achaea	Araxos	21 25'	38 08'	12	654,39	1971- 2006
Heleia	Pyrgos	21 26'	37 40'	12	840,38	1971- 2006
Messenia	Kalamata	22 06'	37 04'	11	759,71	1971- 2006
Argolida	Argos	22 47'	37 36'	11	471,27	1981- 2006
Arkadia	Tripolis	22 24'	37 39'	652	687,70	1981- 2006
Cyclades	Melos	24 26'	36 44'	165	411,87	1982- 2006
Cyclades	Thera	25 26'	36 25'	34	278,69	1982- 2006
Cyclades	Naxos	25 23'	37 06'	10	355,99	1982- 2006
Dodekanesa	Kos	27 06'	36 48'	129	544,80	1982- 2006
Dodekanesau	Rhodes	28 05'	36 24'	12	617,53	1982- 2006
Chios	Chios	26 09'	38 21'	4	544,15	1978- 2006
Lesbos	Methylene	26 36'	39 04'	5	605,62	1978- 2006
Samos	Samos	26 55'	37 42'	7	692,21	1978- 2006
Chanion	Souda	24 07'	35 33'	152	572,34	1975- 2006
Herakeion	Herakeion	25 11'	35 20'	39	482,40	1975- 2006
Herakeion	Timpaki	24 46'	35 00'	7	457,91	1975- 2006
Laseithion	Ierapetra	25 44'	35 00'	10	426,19	1975- 2006

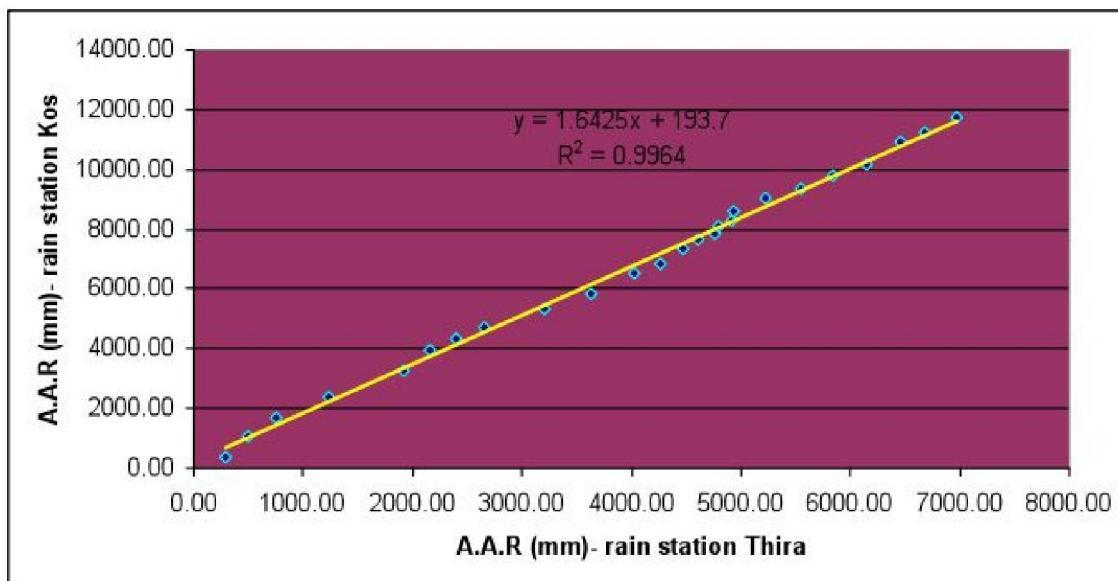
Tabela br. 4 Podaci o mesečnim padavinama na metereološkim stanicama Grčke za period od 6 do 12 meseci u periodu od 1959 - 2000 godine

Dvostruka kriva je korišćena za proveru konzistentnosti podataka vezanih za padavine između povezanih stanica i da se prilagode nedosledni podaci padavina. *Grafikon br 1* pokazuje pauze u dvostrukoj krivoj između kiše, na mernoj stanici "Thira-Kos" i pokazuje dvostruku krivu nakon korekcija u suprotnostima izmedju podataka o padavinama *Grafikon br 2*.

Na tabeli br. 5 Vidimo godišnju sumu padavina u Grčkoj izmerneoj na niz mernih stanica.



Grafikon br 1. Merna stanica Thira Kos



Grafikon br. 2 Kiša na mernoj stanici Thira Kos

Table 2: Rain stations according to their homogeneity

Group	Rain Stations	Base Station
I	NAXOS (0,71), MILOS(0,79), RODOS(0,70), KOS(0,82)	TERA
II	KOZANE (0,53), SERRES (0,61)	MIKRA
III	LAMIA	TANAGRA
IV	TRIPOLIS	ARGOS
V	KALAMATA (0,73), ARAXOS (0,69)	PYRGOS
VI	SOUDA (0,68), TIMPAKI (0,57), IERAPETRA (0,63)	HERAKLEION
VII	ALEXANDROUPOLIS	CHRYSOUPOLIS
VIII	KERKYRA (0,56), IOANNINA (0,63)	ARTA
IX	AGCHIALOS (0,73), TRIKALA (0,69)	LARISSA
X	CHIOS (0,70), SAMOS (0,63)	METYLENE

Tabela br. 5 Godišnje sume padavina u Grčkoj

## Algoritam aplikacije SPI

Na osnovu Guttman, N. 1999, za obračun **SPI**, prvi korak je da pronađete funkcije gustine verovatnoće koja bolje opisuje raspodelu padavina putem različitih vremenskih skala. Ovaj obrazac se posebno primenjuje za svaki mesec. Jedan od načina da izaberete pravu funkciju raspodele je sa L-trenutke odnos dijagrame (Hosking, JRM i Valis, JR 1997).

U ovom radu Kolmogorov-Smirnov test (K-S, dobrota stane), korišćen je da se izabere gama funkcije gustine verovatnoće sa dva parametra (Spreat, P. i Smeeton, NC, 2001 Ievjevich, V., 1972). Relevantni parametri su procenjene korišćenjem pristupom maksimalne verodostojnosti (Maki, B. Et al, 1993). Promenljive vremenske skale od 3, 6, 12, 24 meseci mogu biti izabrane za procenu indeksa koji predstavljaju proizvoljni deficit padavina na vremenskoj skali u odnosu na **SPI** aplikacije. Svaki od skupova podataka je opremljen sa gama funkcijama gustine verovatnoće a parametar oblika i razmera parametar b da definiše odnos verovatnoće padavina. Sa jednakom, verovatnoćom transformacije Panofski i Brierthe

Ova standardizacija daje prednost u skladu sa vrednostima u prostoru i vremenu za učestalost ekstremnih suvih i vlažnih događaja.

Ako definišemo parametre Za  $\alpha > 0$  i  $\beta > 0$

Za  $\alpha > 0$  dobijamo funkciju  $\Gamma(\alpha)$  koja je definisana kao

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx$$

Da bi dobili  $\Gamma(\alpha)$  potrebno je da definišemo  $\alpha$  i  $\beta$  parametre

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}}$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

Integrисујући кофцијенте  $\alpha$  и  $\beta$  са средњом вредносцю  $x$  у  $G(x)$  добијамо

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t/\hat{\beta}} dt$$

Где уводимо смену  $X/B = t$  и добијамо интеграл функције  $G(x)$  где је  $t > 0$

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t/\hat{\beta}} dt \quad , t > 0$$

Iz algoritam 1986 резултати који су nastali из  $G$  функције су прорачунали да је Гама функција за  $x=0$  нedefinisana, тако да се добије збиран функција за  $q = P(x=0) > 0$  где је  $P(x=0)$  нула функције па се добије

$$H(x) = q + (1-q)*G(x)$$

Ovom funkcijom verovatno se dobiju isti rezultati kao i sa prethodnom pa se njihova vrednost zamenjuje sa srednjim zbirnom funkcijom koja poništava grafičko rešenje i koristi nove **SPI** alate za izračunavanje po (Hastings C.J. iz 1970) koji su navedeni u nastavku.

$$t = \sqrt{\ln\left[\frac{1}{(H(x))^2}\right]} \quad 0 < H(x) \leq 0.5$$

$$t = \sqrt{\ln\left[\frac{1}{(1-H(x))^2}\right]} \quad 0.5 < H(x) < 1$$

$$\begin{array}{ll} c_0 = 2.515517 & d_1 = 1.432788 \\ c_1 = 0.802853 & d_2 = 0.189269 \\ c_2 = 0.010328 & d_3 = 0.001308 \end{array}$$

## Razvoj alata

Početni paket **SPI** je jedan iz Centra za ublažavanje suša (**NDMC**), Universiteta iz Nebraske-Linkoln. Izvorni kod datoteke su pisani u **C ++** i su izrađeni sa **GNU C ++** kompajliran pod Linux-om. Zbog činjenice da su datoteke kompajlirane pomoću **GNU C ++** prevodioca, odlučeno je da koristite sledeću proceduru. Fortran datoteka je korišćena za izračunavanje l-gamma funkcija (Statlib, 2008). Fajl je preveden sa **FORTRAN** za **C #**.

**C #** projekat je kreiran pomoću Visual Studio 2005 za testiranje funkcije l-gamma, gde je izvorni kod preveden sa **C #** u **C**. tačne procene l-gamma funkcije su učinjene sa tablicama vrednosti (Abramovic, M., i Stegun Irene, A., 1970). Poslednji prevod je urađen na **C ++** i proizvodima **SPI**, pomoću alatke Visual Studio 6.. Ovaj finalni SPI-alat radi za vreme vlage od 3, 6, 12 i 24 meseci i vremenom serija do 100 godina. Ona koristi gama raspodelu sa dva parametra.

## Osnovna funkcija

### Spherical model:

$$\gamma(h) = \begin{cases} c_0 + (c - c_0) \left( \frac{15h}{a} - \frac{0.5h^2}{a^2} \right), & h < a \\ c, & h > a \end{cases}$$

c0= nugget, c= sill, a= range

### Exponential

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ c_0 + (c - c_0) \left[ 1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right) \right] & h \neq 0 \end{cases}$$

c0= nugget, c= sill, a= range

### Hole Effect

$$\gamma(h) = c_0 + (c - c_0) \left[ -\frac{\sin(4.4934 \frac{h}{a})}{4.4934 \frac{h}{a}} \right], \quad 0 \leq h$$

Geostatistički analitičar otkrio je 48 interpolacija oblasti. Prema statističkim parametrima koji su izračunati na osnovu geostatističke analize dobili su odobrenje, četiri interpolacije površine su prihvачene za vremensku skalu od 6 meseci i četiri za vremeod 8 meseci, respektivno. Svih osam od njih su rezultat od običnog kriginga sa **SPI** vrednostima usaglašenim na nivou sfernog modela. *Tabela br.6* pokazuje statističke parametre za 48 interpolacionih površina.

YEAR	TIME SCAL E	MODEL	INTERP OLATIO N METHO D	Rmsqr	average std error
1989	12	HOLE EFFECT	OK	0,5752	0,5725
1989	12	EXPONENTIAL	OK	0,5693	0,5654
1989	12	SPHERICAL	OK	0,5622	0,5609
1989	12	HOLE EFFECT	OCK	0,5676	0,5645
1989	12	EXPONENTIAL	OCK	0,5712	0,5707
1989	12	SPHERICAL	OCK	0,5708	0,562
1989	6	HOLE EFFECT	OK	0,4335	0,4362
1989	6	EXPONENTIAL	OK	0,4088	0,4058
1989	6	SPHERICAL	OK	0,4014	0,406
1989	6	HOLE EFFECT	OCK	0,4324	0,4048
1989	6	EXPONENTIAL	OCK	0,4248	0,4226
1989	6	SPHERICAL	OCK	0,4257	0,4069
1990	12	SPHERICAL	OK	0,5823	0,5824
1990	12	EXPONENTIAL	OK	0,5892	0,5826
1990	12	HOLE EFFECT	OK	0,6186	0,5585
1990	12	SPHERICAL	OCK	0,5807	0,5862
1990	12	EXPONENTIAL	OCK	0,5808	0,5866
1990	12	HOLE EFFECT	OCK	0,6108	0,5864
1990	6	HOLE EFFECT	OK	0,5475	0,5425
1990	6	EXPONENTIAL	OK	0,5344	0,5311
1990	6	SPHERICAL	OK	0,528	0,5181
1990	6	HOLE EFFECT	OCK	0,5682	0,5365
1990	6	EXPONENTIAL	OCK	0,5397	0,53
1990	6	SPHERICAL	OCK	0,5243	0,525
1992	12	EXPONENTIAL	OK	0,6038	0,6051
1992	12	HOLE EFFECT	OK	0,6063	0,5986
1992	12	SPHERICAL	OK	0,5988	0,5937
1992	12	EXPONENTIAL	OCK	0,6048	0,605
1992	12	SPHERICAL	OCK	0,5997	0,5936
1992	12	HOLE EFFECT	OCK	0,6071	0,5985
1992	6	SPHERICAL	OK	0,4646	0,4665
1992	6	HOLE EFFECT	OCK	0,4764	0,4755
1992	6	EXPONENTIAL	OCK	0,4714	0,4761
1992	6	SPHERICAL	OCK	0,4721	0,474
1993	12	HOLE EFFECT	OCK	0,5269	0,5283
1993	12	EXPONENTIAL	OCK	0,5096	0,4847
1993	12	SPHERICAL	OCK	0,5058	0,4924
1993	12	HOLE EFFECT	OK	0,5072	0,5063
1993	12	EXPONENTIAL	OK	0,5185	0,5135
1993	12	SPHERICAL	OK	0,515	0,5111
1993	6	HOLE EFFECT	OK	0,5281	0,5235
1993	6	EXPONENTIAL	OK	0,532	0,5319
1993	6	SPHERICAL	OK	0,531	0,5313
1993	6	EXPONENTIAL	OCK	0,5242	0,5214
1993	6	HOLE EFFECT	OCK	0,52	0,5208
1993	6	SPHERICAL	OCK	0,5205	0,5208

Tabela br. 6 Statistički parametri za 48 interpolacija površina.

Interpolacija površine koje su rezultat od običnog kriginga za period od 12 meseci pokazuje da **SPI** vrednosti suše 1989 - 1990 odgovaraju smanjenju prosečne godišnje padavine u Grčkoj a ne za 60% kako opisuje Karavitis, C., 1992.

Od 1989 – 1990 interpolacija površine (*Slika br. 1a*) može izvesti da je zapadni deo, a posebno Grčka pretrpela najviše od ekstremne uslova suša. Slično tome, teški uslovi suše su se pojaviliu srednjem delu zapadne Grčke, za razliku od severne Grčke, gde su uslovi za suše bili umereni.

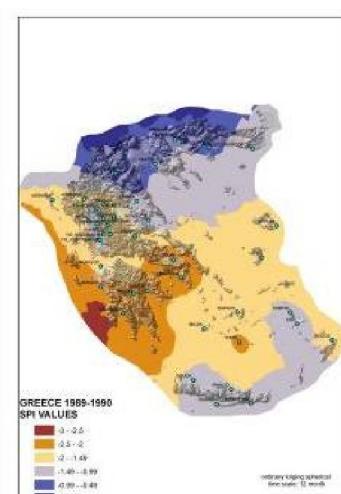


Figure 1: 12 month time scale 1989- 1990

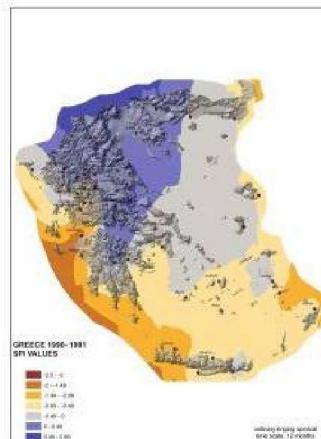


Figure 2: 12 month time scale 1990- 1991



Figure 3:12 month time scale 1992- 1993

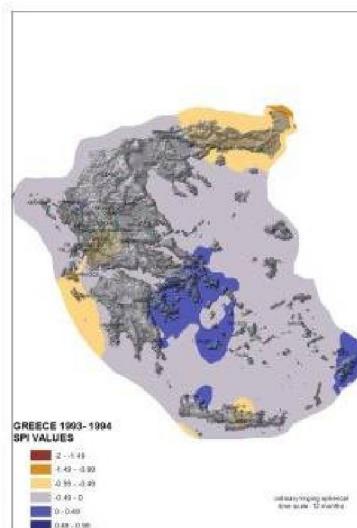


Figure 4: 12 month time scale 1993- 1994

Slika 1a (gore levo) – 1d (dole desno) vremenska i prostorna raspodela suša za 4 perioda

Interpolacija površine 1993 - 1994 (*slika 1d*) za 12 meseci jasno pokazuje da celo područje Grčke nije zahvaćeno normalnim uslovima. Od **SPI** vrednosti bilo je očigledno da u Pindos oblasti gde je bila stanica za centar padavina, rezultati su bili precizniji u prošlosti zapisa.

Poznato je da u Grčkoj količina padavina smanjena od Severozapada ka Jugoistoku. Ovaj trend se potvrđuje kao i interpolacija površine pomoću Kriging metoda.

Konačno, čini se da je **SPI** indeks mogao koristiti za Grčku, kao sredstvo za prognozu suša, na osnovu nedeljne **SPI** vrednosti od vremenskih serija od najmanje 30 godina u skladu sa podacima padavina. Dinamički sajt zasnovan na GIS-u može biti izrađen kako bi izračunao na dnevnoj bazi **SPI** vrednosti i generisao interpolaciju površine i zemljišta. Takav pristup bi bilo korisno da se pridržavaju trajanju i razvoju događaja suše, i deluje kao "EWS" - Sistem ranog upozoravanja za ublažavanje napore suše.

## Ocena intenziteta i trajanja suše

U najopštijem smislu, suša predstavlja uslove pri kojima je prisuta značajan deficit vlage koji može nepovoljno uticati na vegetaciju, životinje ili ljudi u nekom regionu. Suša se može razmatrati sa četiri aspekta (**meterološki, hidrološki, poljoprivredni, socio-ekonomski**), a ovde ćemo se baviti vezom koja postoji između meterološke, poljoprivredne i socio-ekonomske suše.

**Meterološka suša** se javlja kao posledica nedostatka ili potpunog izostanka padavina u toku dužeg vremenskog perioda na određenom prostoru. Ovaj nedostatak se definiše kao odstupanje količine padavina od normale, tj. od proseka koji je ustanovljen za određenu oblast i period.

Kod **poljoprivredne suše**, deficit padavina se uzima u razmatranje zajedno sa fizičkim i biološkim aspektima biljaka, interakcijama unutar sistema zemljište – biljka – atmosfera i bilansa između potreba biljaka za vodom i raspoloživih rezervi vode, što kao posledicu može imati pad prinosa.

Konačno **socio-ekonomska suša** bi mogla da se definiše kao događaj kada su potrebe za vodom veće od mogućnosti da se ona obezbedi tehničkim merama. Pomenuti koncept suše odražava jaku povezanost između suše i ljudskih aktivnosti, a u konkretnom slučaju učinjen je pokušaj da se socio-ekonomska suša kvantifikuje.

### Meterološka suša

Osnovni razlog zašto ovaj aspekt suše zaslužuje najveću pažnu je činjenica da padavine predstavljaju element hidrološkog ciklusa koji najviše utiče na vodni bilans. Uz to, ovaj aspekt suše se pavi analizira i zato što:

- meterološka suša prethodi nastanku drugih vidova suše;
- meterološka suša u našim uslovima izgrađenosti i upotrebe sistema za navodnjavanje predstavlja faktor koji je najznačajniji za nastanak poljoprivredne suše;
- meterološka suša je najbliža ljudskoj percepciji (odustvo padavina, ispucalo zemljište).

U cilju sagledavanja meterološke suše, analiza podataka je obuhvatila 26 meteroloških stanica iz Nacionalne mreže meteroloških stanica, i to u periodu od 1961. do 2005. godine. Korišćene metode su: analiza trenda, unutarnji raspodela, analiz klimatološkog deficit i **SPI**<sup>6</sup>. U nastavku je prikazana samo analiza klimatološkog deficit, koja predstavlja razliku između potencijalne evapotranspiracije **Etp** (prema metodu **Thorntwaite**)<sup>7</sup>, i ukupnih padavina. **Grafikon br. 1**

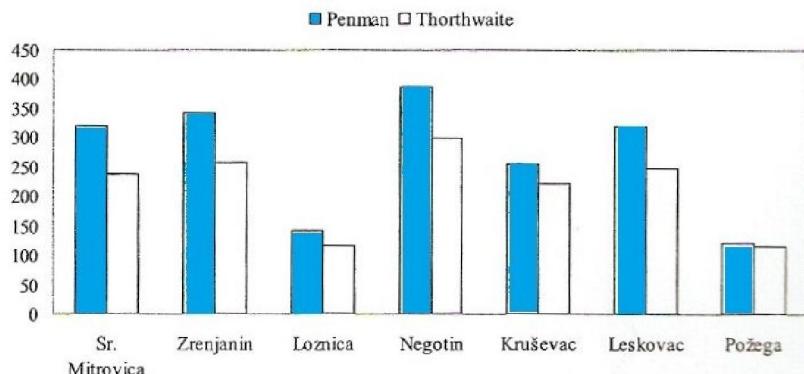
Potencijalna evapotranspiracija sračunata na osnovu empirijske jednačine **Thorntwaite**, iako daje zadovoljavajuće rezultate ima svoje nedostatke, što je očigledno sa

<sup>6</sup> Schedule Performance Index Equation Formulas Calculator  $SPI = \frac{BCWP}{BCWS}$

<sup>7</sup> Thorntwaite. 2. (1948) denominó Evapotranspiración Potencial (ETP)

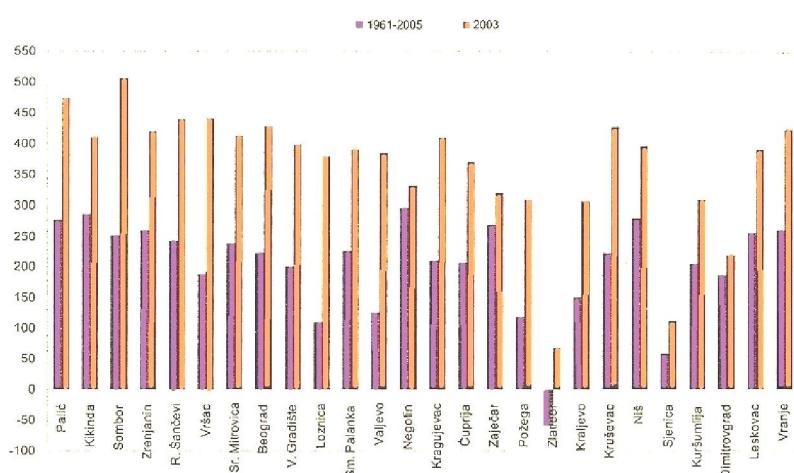
## Janković Ivan – (Bechelor) rad

dijagrama na kojem su uporedo prikazani rezultati Etp za sedam izabranih stanica prema metodi **Penman-Monteith**, predloženoj od strane **FAO**<sup>8</sup>.



Grafikon br. 3 Slaganje vrednosti potencijalne evaptranspiracije prema Thorntwaite- u i Penman-u (mm) (izvor Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ dipl.ing Mile Božić i dipl.inž.građ. Goran Nikolić 2009)

Očigledne razlike ukazuju da korišćenjem metode Thornthwaite, sa manim brojem ulaznih parametara, potcenjujemo vrednosti deficitia. Na narednom dijagramu prikazane su vrednosti prosečnog klimatološkog deficitia izračunatog po metodi Thornthwaite, u toku vegetacione sezone, kao i njegove vrednosti sušne 2003.godine.



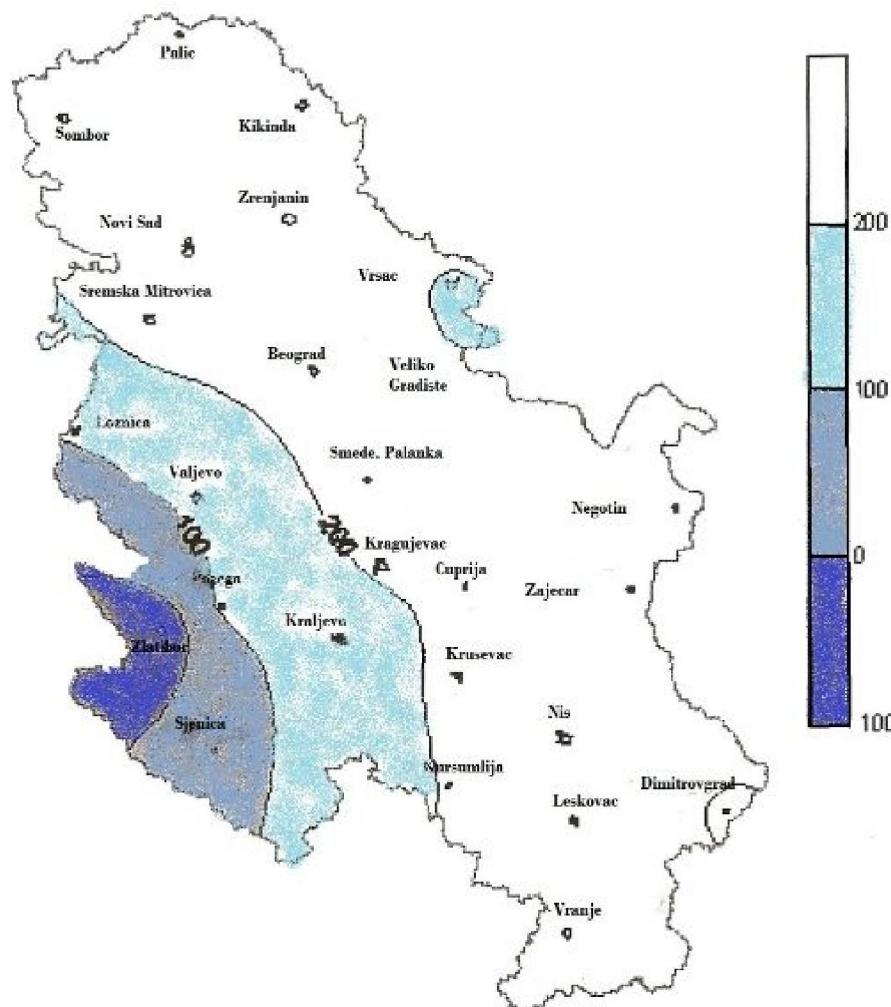
Grafikon br. 4 Prosečna vrednost klimatološkog deficitia  $ET_0 - P$  u vegetacionoj sezoni (mm) (izvor: Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnabdevanje, Upravljanje vodnim resursima Srbije 2009)

Na **grafikonu br. 2** se jasno vidi da vrednosti klimatskog deficitia nisu konstantne na teritoriji Republike što ukazuje na njegov regionalni karakter i zavisnost od nadmorske visine, topografskih i drugih uslova. U tom smislu zabrinjava činjenica da, u proseku, vrednost deficitia u vegetacionoj sezoni na 26 razmotrenih stanica iznosi preko 200 mm. Kada se uzmu u obzir samo stanice čija je nadmorska visina niža od 1.000 m.n.m (drugačiji režim padavina i manji procenat poljoprivrednih površina koji se nalazi iznad ove visine), ovaj prosek u vegetacionoj sezoni raste na više od 220 mm.

<sup>8</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations

Regionalno, najveći deficit je zabeležen na istoku Srbije (Negotin, Zaječar), preko 280 mm, te na severu Vojvodine (Palić, Kikinda, Sombor), preko 270 mm.

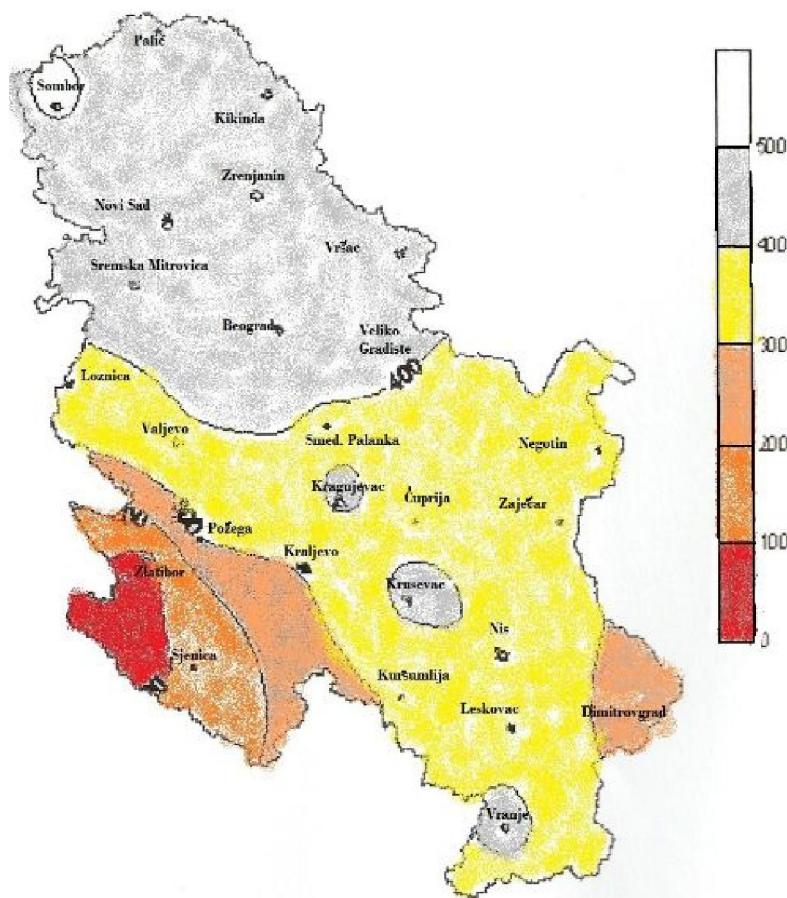
UPRAVLJANJE VODNIM RESURSIMA SRBIJE 2009



Slika br 2 Prostorna raspodela klimatskog deficit (mm) u vegetacionoj sezoni, prosek od 1961- 2005 (izvor:  
Institut za vodoprivrednu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnabdijevanje, Upravljanje vodnim resurskim Srbije  
2009)

Analizom vrednosti deficit dobijenih za 2003 *slika br. 4*, godinu ustanovljeno je da je na teritoriji Republike prosečni deficit iznosio 350 mm. Ova vrednost je za oko 150 mm veća u odnosu na prosečnu vrednost u toku perioda 1961-2005. *Slika br. 3*. Na severu Vojvodine deficit je dostizao i 500 mm. Ovakve vrednosti deficit potencijalno ukazuju ili na mogućnost uzgajanja useva samo ukoliko se navodnjavaju, ili na uzgajanje useva (hibrida) koji su otporni na sušu.

#### SUŠE I STRATEGIJA NAVODNJAVANJA



Slika br. 3 Prostorna raspodela klimatskog deficitu u sezonu u 2003. godini. (izvor: Institut za vodoprivrednu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnabdijevanje, Upravljanje vodnim resursima Srbije 2009)

### Poljoprivredna suša

Poljoprivredna suša se dešava kada su vlažnost zemljišta i padavine neadekvatne tokom vegetacione sezone da zadovolje potrebe optimalnog rasta i razvića useva do zrenja, izazivajući stresne situacije i značajan pad nivoa prinosa. Smanjenje prinosa u odnosu na godine sa povoljnom količinom i rasporedom padavina iznosi od nekoliko do 50%, a u godinama sa ekstremnom sušom kod pojedinih biljnih vrsta smanjenje iznosi od 80- 100%.

Metodološki pravilno sagledavanje efekata suše u poljoprivrednoj proizvodnji moguće je učiniti tek kada se uporede proizvodni efekti gajenih kultura u prirodnim uslovima i u uslovima navodnjavanja. Analize prikazane u nastavku rađene su za područje Vojvodine, a korišćeni su i rezultati sa oglednih polja Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad (**IRPNS<sup>9</sup>**), kao i zvanični podaci iz statističkih godišnjaka.

Efekat navodnjavanja kod kukuruza tokom analiziranog perioda je vrlo visok. Prosečan prinos u navodnjavanju na oglednom polju iznosi 14.4 t/ha, a bez navodnjavanja 8.5 t/ha, što čini povećanje prinosa od 5.9 t/ha (69%). U proizvodnim uslovima prosečan prinos kukuruza

<sup>9</sup> IRPNS – Institut za ratarstvo I povrtarstvo Novi Sad

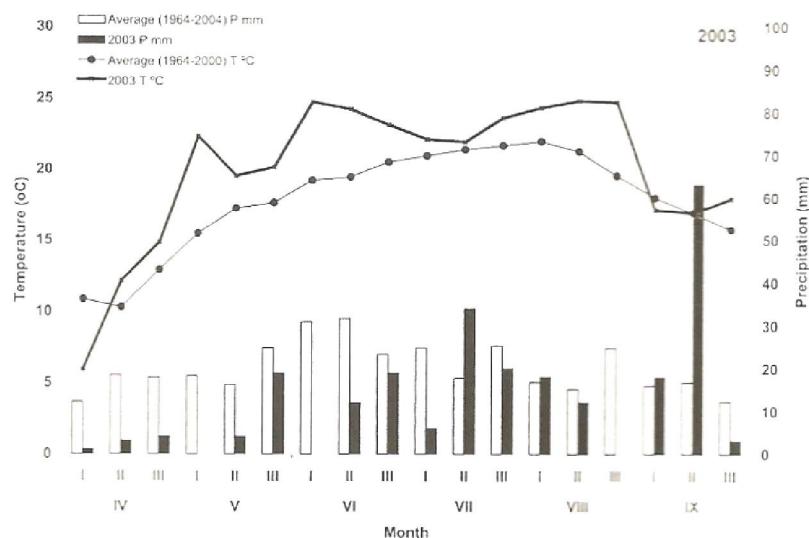
u navodnjavanju iznosi 11.0 t/ha, dok je bez navodnjavanja 5.6 t/ha (96% je efekat navodnjavanja).

Kod šećerne repe prosečan prinos u navodnjavanju u analiziranom periodu iznosi 90.6 t/ha, dok je bez navodnjavanja 57.4 t/ha, što daje povećanje prinosa od 37.4 t/ha, tj. Efekat navodnjavanja 58%. U proizvodnim uslovima u sušnim godinama navodnjavanje takođe značajno povećava prinose, a odnos je 55 t/ha sa navodnjavanjem, naspram 32 t/ha bez navodnjavanja.

Prosečan prinos soje u analiziranom periodu u navodnjavanju je iznosio 4.8 t/ha, dok je bez navodnjavanja 2.2 t/ha, što daje efekat navodnjavanja od 85%. U proizvodnim uslovima u sistemu za navodnjavanje prinos je povećan za 78% u proseku.

## Socio-ekonomска суša

Analiza vremenskih uslova 2003. godine pokazuje sumu padavina od 236 mm na području Novog Sada (MS Rimski šančevi), što je za oko 120 mm manje od višegodišnjeg proseka. Izmerene su i veoma visoke temperature vazduha, prema kojima je 2003, bila najtoplja godina u periodu osmatranja meteoroloških podataka , **dijagram br. 1** ispod



Dijagram br. 1 temperatura vazduha i padavine u 2003 godini. (izvor: Institut za vodoprivrednu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnabdijevanje, Upravljanje vodnim resurskim Srbije 2009)

Poljoprivreda je 2003 g pretrpela velike štete usled smanjenja prinosa po hektraru, što se meri iznosom od skoro 620 miliona US \$, ukoliko se sušna 2003, upoedi sa povoljnijom 1991 godinom. **Tabela br. 7**

Kultura	Prinos (t/ha)		Vrednost proizvodnje (000 US\$)		Gubitak proizvodnje (000 US\$)
	1991.	2003.	1991.	2003.	
Pšenica	4,5	2,2	351.000	171.600	179.400
Kukuruz	5,9	3,2	757.030	384.930	372.100
Suncokret	2,2	1,8	59.400	48.600	10.800
Soja	2,6	1,7	93.236	60.960	32.276
Šećerna repa	44,9	27,0	60.615	36.450	24.165
UKUPNO			1.323.272	704.543	618.741

Tabela br.7. Prikaz godišnjih gubitaka i prinosa ratarskih kultura u Vojvodini (izvor: Institut za vodoprivrednu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnadbevanje, Upravljanje vodnim resurskima Srbije 2009)

Analiza finansijskog gubitka u poljoprivrednoj proizvodnji bez navodnjavanja može se sagledati u upoređenjem efekta navodnjavanja (razlika prinosa sa i bez navodnjavanja) za dva slučaja:

- ako bi se ostvarili prinosi kao na oglednom polju u uslovima navodnjavanja 2003 god
- ako bi se ostvarili prosečni prinosi kao na površinama sa sistemom za navodnjavanje

	Efekat navodnjavanja ogledno polje, 2003. g. (t/ha)	Gubitak proizvodnje (000 US\$)	Efekat navodnjavanja pod sistemom, Prosek, (t/ha)	Gubitak proizvodnje (000 US\$)
Šećerna repa	29,2	39.420	23,0	31.050
Kukuruz	3,4	436.250	5,4	649.570
Soja	1,7	60.960	1,3	46.620
UKUPNO		536.630		727.240

Tabela br.8 tabela finansijskog gubitka proizvodnje za tri kulture sušne 2003 god u \$ (izvor: Institut za vodoprivrednu Jaroslav Černi, Zavod za vodosnadbevanje, Upravljanje vodnim resurskima Srbije 2009)

Sve sprovedene finansijske analize pokazuju da je sušna 2003 godina Srbija mogla da prihvodi dodatnih 500-700 milino a US dolara, da su površine zasejane šećernom repom, kukuruzom i sojom bile navodnjavane. **Tabela br. 8**

Najzad da bismo dokazali efikasnost i rentabilnost u proizvodnji u navodnjavanju, u odnosu na proizvodnju bez navodnjavanja, na površini od 1.530 ha mereni su prinosi različitih kultura. Ustanovljeno je da je u uslovima bez navodnjavanja na ulaganja ostvaren koeficijent ekonomičnosti od 1.03, a u navodnjavanju 1.18. Ostvareni profit na uložene inpute u uslovima bez navodnjavanja iznosi 3,1%, a u navodnjavanju 18,4%. Dokaz je jasan i govori da ulaganje u navodnjavanje utiče na veće efekte, kroz povećanje prinosa, veću prizvodnju, efikasnost, rentabilnost i profitabilnost proizvodnje.

Zaključujemo da navodnjavanje u velikoj meri ili potpuno rešava probleme uticaja suša na poljoprivredne kulture i tako povećava prinose. Efekat navodnjavanja izražen je u vrlo velikom rasponu, a u poslednje vreme sve više je prihvaćeno da navodnjavanje u prirodnim uslovima R. Srbije ne može da predstavlja samo interventnu meru u postizanju visokih i stabilnih prinosa, već uzgojnu potrebu i meru stabilnosti. Značaj pouzdanog i efikasnog navodnja posebno je izražen uvođenjem raznovrsne setvene strukture sa kulturama koje čine osnov u lancu savremene proizvodnje hrane, a karakterišu se visokim zahtevima za vodom.

## Suše u Srbiji

### GLAVNE ODLIKE KLIME SRBIJE

Preovlađujući deo Srbije ima umereno kontinentalnu klimu, dok planinski delovi iznad 1000m nadmorske visine imaju kontinentalnu klimu, po Torntvajtovoj klasifikaciji veći deo Srbije ima subhumidnu (malo vlažnu) klimu, a neka područja na jugozapadu i zapadu imaju humidnu (vlažnu) klimu<sup>10</sup>.

### TEMPERATURA VAZDUHA

Prosečna godišnja temperatura vazduha, za teritoriju Republike Srbije, po podacima iz perioda 1961-1990. iznosi 10.1 °C . Po podacima sa Glavnih meteoroloških stanica ona se nalazi u intervalu od 3.0°C; Kopaonik, (1710m), do 11.9 °C, Beograd, (132m.). Najhladniji mesec je januar. Prosečna vrednost za Srbiju je -1.3°C ; od -6.0°C na Kopaoniku do 0.4 °C u Beogradu. Najtoplji mesec je juli, sa prosekom za Srbiju 19.9°C; minimalnu julsku temperaturu u Srbiji ima Kopaonik 11.6 °C, a maksimalnu Prizren 22.2 °C. Godišnje kolebanje temperature (razlika između najhladijeg i najtoplijeg meseca) u Srbiji 22°C. Ono je veće na severu nego na jugozapadu. Apsolutni ekstremi izmerenih vrednosti temperature vazduha u Srbiji su u intervalu od -38°C (Sjenica) do 44°C (Kraljevo).

### PADAVINE

Normalna, prosečna, količina godišnjih suma padavina, za teritoriju Republike Srbije, po podacima iz perioda 1961-1990 iznosi 734 mm.

Okolina Kikinde i severoistočni deo Srbije imaju najmanje godišnje sume padavina, od 535 do 550 litara po m<sup>2</sup>. Središnji i severni delovi Vojvodine, delovi Kosova i dolina Jablanice imaju godišnje sume padavina do 600mm. Dolina Velike Morave, Donje Podunavlje, Posavina, kao i veći deo Jugoistočne Srbije, Kosova i oblasti Raške imaju godišnje količine padavina manje do 650 mm. Navedena područja razdvajaju tri oblasti sa većim godišnjim količinama padavina od 650mm. U području Homoljskih planina i Istočnoj Srbiji, kao i na samom jugoistoku Srbije iznos godišnjih količina padavina raste sa povećanjem nadmorske visine. Na širem području Crnog Vrha, između Bora i Žagubice, godišnje sume su između 800 i 850mm. Na jugozapadu Srbije registruju se godišnje sume do 800 mm.

### PROMENA KLIME U SRBIJI

Klimatski elementi imaju prirodnu varijabilnost o čijem iznosu se zaključuje direktno, iz rezultata meteoroloških merenja, kao i indirektno primenom više metoda. Kada se na prirodnu varijabilnost superponiraju posledice promena sastava atmosfere govorimo o promeni klime. Promene ne nastaju naglo, njihov tok se dobro može predstaviti trendovima osnovnih klimatskih elemenata.

Analizi tendencija osnovnih klimatskih elemenata kod nas veća pažnja se posvećuje tek početkom devedesetih godina prošlog veka. U okviru tih istraživanja urađeno je

---

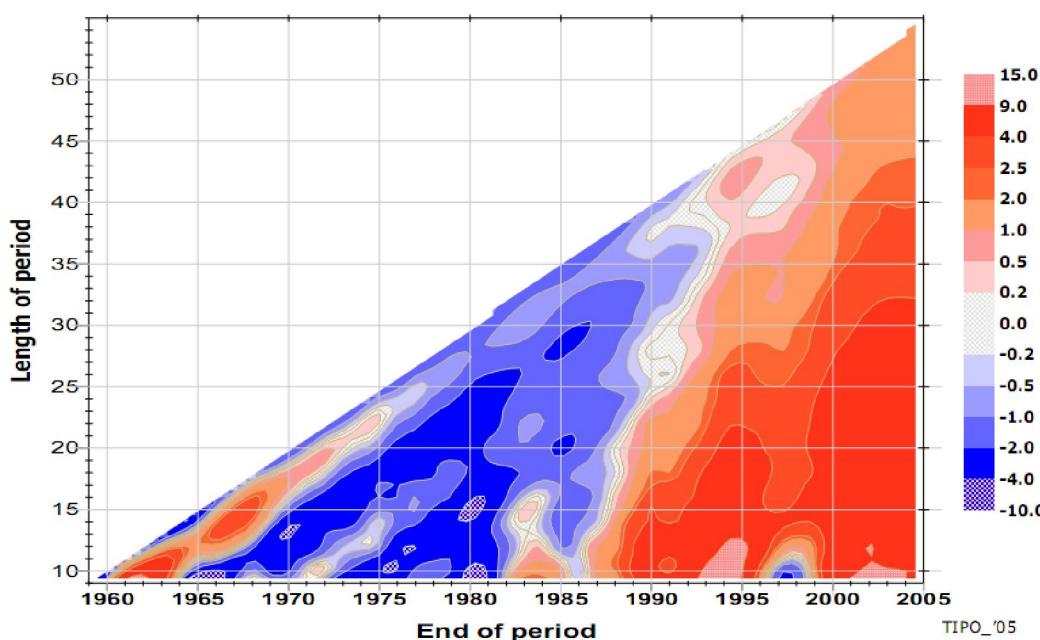
<sup>10</sup> S.Savić, A.Obuljen, "Klimatska klasifikacija Jugoslavije po Kepenu i Tomtvajtu", Prilozi poznavanju vremena i klime SFRJ, SHMZ, 1979, Beograd

više analiza osnovnih klimatskih elemenata u periodu 1931-1990. godina. Početna,<sup>11</sup> ukazuju na promene u prostornoj raspodeli normalnih godišnjih količina padavina za period 1961-1990 u odnosu na period 1931-1960. Promene, preciznije smanjenje godišnjih količina padavina, javljaju se u područjima sa godišnjim prosekom ispod 800mm a posebno su izražene u oblastima sa prosečnim padavinama ispod 650mm. U istom periodu, 1961-1990, najveće oscilacije godišnjih količina padavina registruju se u istočnoj Vojvodini, Šumadiji, Pomoravlju, Stigu i Negotinskoj Krajini. Deficit padavina posle 1980 na području SRJ je veoma izražen. Prva procena promene klime na našem području,<sup>12</sup> i kasnije analize ukazuju na opravdanu zabrinutost za našu buduću klimu<sup>13</sup>

## Trend temperature u Srbiji

Trend kao mera tendencije vrednosti, kako po znaku tako i po intenzitetu, može zavisiti od dužine niza podataka, a umutar jednog dužeg niza i od izbora perioda. Da bi se eliminisale eventualne nedoumice zbog navedenih razloga određen je i grafički prezentovan klizni trend.

Primenjujući proceduru kao u <sup>14</sup> počev od 1951. godine određivan je trend vrednosti za podnizove različite dužine. Rezultati su prikazani grafički, Sl. 4.



Slika br 4 Klizni trend godišnje temperature vazduha, °C /100 godina, za područje Srbije, period 1951–2004.

Prikaz ukazuje da trend vrednosti niza podataka godišnje temperature vazduha za Srbiju, dužine 50 godina, a koji se završava 2000, ima pozitivnu vrednost. Intenzitet mu je između 0.2 i 0.5 °C za 100 godina. Sa skraćivanjem niza podataka, koji se završava 2000, intenzitet trenda raste. Po trendu vrednosti podataka u poslednjih 35 godina, 1966–2000, godišnja

<sup>11</sup> T.Popović, D.Spasova, O.Jovanović, "Prilog proučavanju padavina i suša", JKP-1, SHMZ, 1994, Beograd

<sup>12</sup> T.Popović, O.Jovanović, "Procena klimatskih promena na području SR Jugoslavije do 2020. godine", 11. Savetovanje hidrauličara i hidrologa; str. 571 -578, JDH i JDH, 1994, Beograd

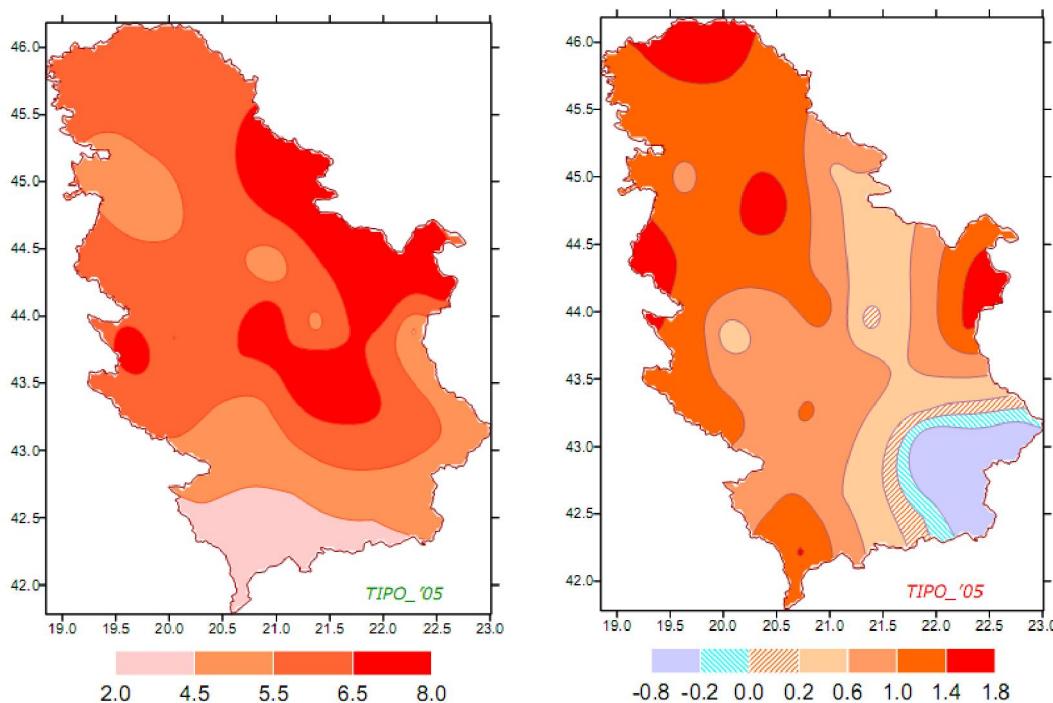
<sup>13</sup> T. Popović, "IS IT ALREADY WARM? -TEMPERATURE TREND ON THE TERRITORY OF FR YUGOSLAVIA"-, 18<sup>th</sup> International Conference on Carpathian Meteorology, CD, 2002, Belgrade

<sup>14</sup> O.Jovanović, T.Popović, "Analysis of Total Annual Precipitation Trends in Belgrade (1888-1994)", 17th International Conference on Carpathian Meteorology, pp. 143-146, Visegrad, 1996, Hungary

temperatura vazduha za područje Srbije se povećavala intenzitetom od 1 °C za 100 godina. Kraći periodi imaju veće pozitivne vrednosti, što praktično znači da se otopljavanje, na godišnjem nivou intenziviralo poslednjih decenija.

Treba primetiti postojanje perioda sa dominantnim negativnim i dominantnim pozitivnim trendom godišnje temperature vazduha u Srbiji. Dominacija negativnog trenda godišnje temperature vazduha u Srbiji prestaje 1981. godine. Od 1982. detektuju se pozitivni trendovi, prvo kraćih nizova a kasnije sve dužih. Isti znak trenda se održava i na kraju raspoloživog niza podataka, 1951–2004.

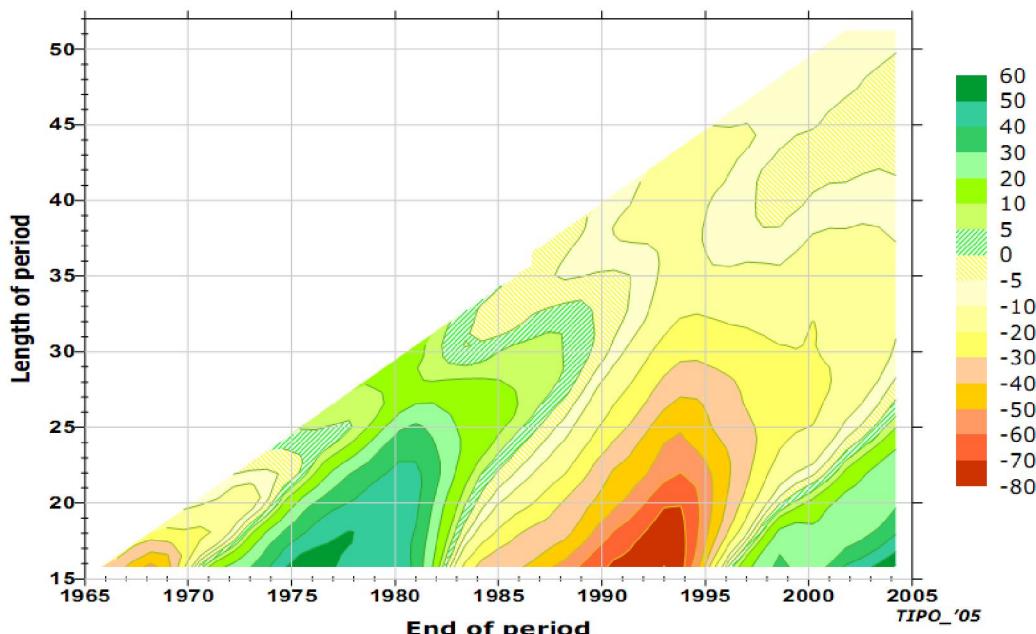
To praktično znači da je od 1982 započeo rast godišnje temperature u Srbiji koji i dalje traje. Znak, intenzitet i teritorijalna raspodela trenda godišnjih temperatura vazduha na području Srbije, po podacima iz perioda 1951-2004 i 1991-2004, prikazani su na Sl. 5.



Slika br 5. Trend godišnje temperature vazduha, C za 100 godina, na području Srbije;  
Levo - period 1951–2004, Desno – period 1991-2004.

## Trend padavina u Srbiji

Vrednosti kliznog trenda godišnjih sumi padavina, osrednjениh (po površini) za područje Srbije, grafički su prikazane na Sl. 6.

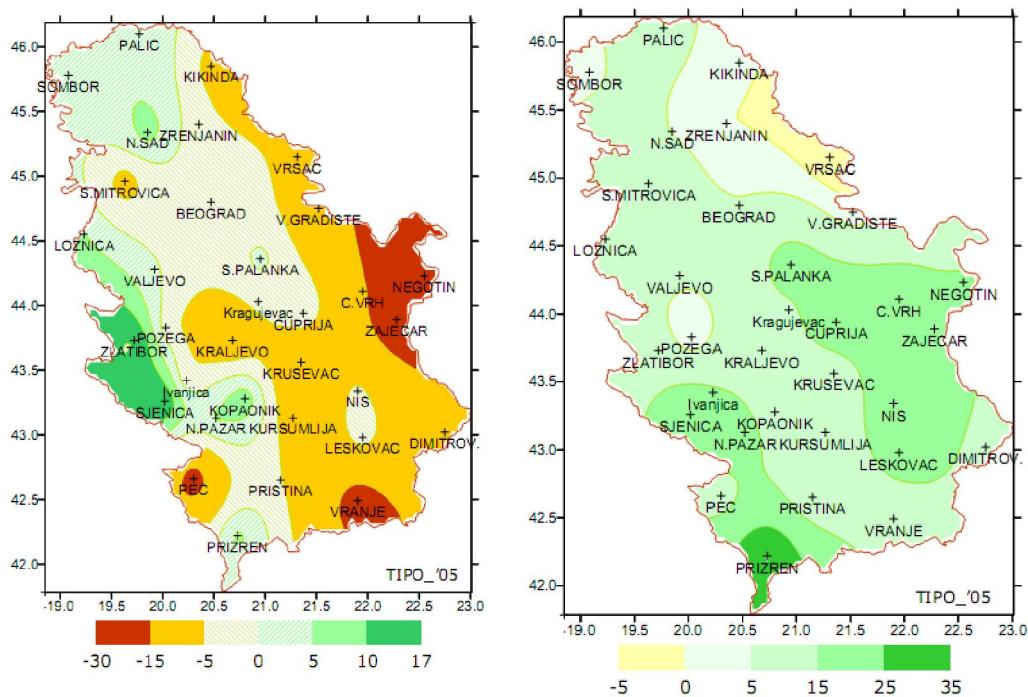


Slika br 6 Klizni trend godišnjih sumi padavina, u % normale 1961–1990 za 50 godina, za područje Srbije, period 1951–2004.

Trend vrednosti celog niza podataka, na apscisi 2004, za vrednost na ordinati 52 godine, pokazuju da su godišnje sume padavina u Srbiji poslednjih 52 godine imale tendenciju opadanja. Intenzitet smanjivanja je 10 % normale za 50 godina. Sa smanjenjem dužine posmatranog niza intenzitet redukcije godišnjih sumi padavina raste, dostižući maksimum po podacima iz poslednjih 35 i 30 godina. Nakon toga negativan trend slabi po intenzitetu i nestaje. Kod nizova kraćih od 25 godina imamo pozitivne tendencije vrednosti godišnjih sumi padavina. Tumačenja kliznog trenda koji se završava u drugim godinama je analogno. Recimo, trend vrednosti godišnjih sumi padavina svih nizova koji sezavršavaju sa 1990. je negativan itd.

Vredi zapaziti poklapanje perioda preovlađujućih negativnih vrednosti trenda godišnjih padavina s periodom preovlađujućih pozitivnih vrednosti trenda godišnjih temperatura vazduha. Praktično je, u srednjem, u Srbiji početak perioda rasta temperature vazduha praćen periodom redukcije godišnjih sumi padavina.

Znak, intenzitet i teritorijalna raspodela trenda godišnjih sumi padavina na području Srbije, po podacima iz perioda 1951-2004 i 1991-2004, prikazani su na Sl. 7.



Slika br 7 Trend godišnjih padavina u Srbiji;  
 Levo - 1951–2000, u %N1961–1990 za 50 god.  
 Desno – 1991–2001, u %N1961–1990 za 10 god.

## Analiza rezultata

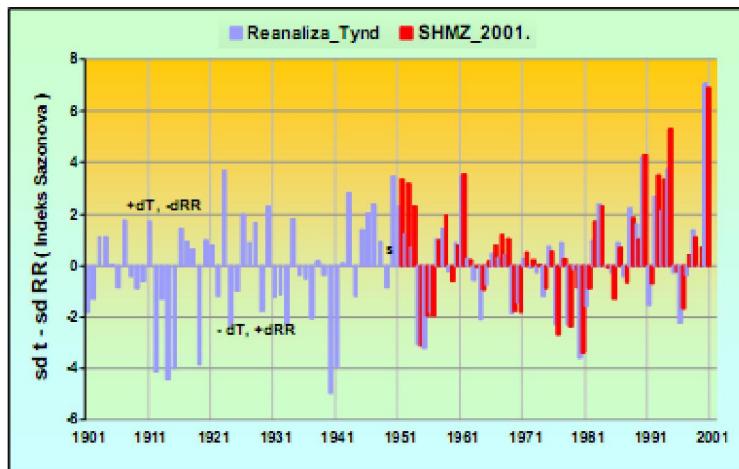
Analize meteoroloških podataka iz perioda 1951-2000., ukazuju da godišnja temperatura poslednjih godina i decenija zadržava kontinuirani rast, a da su kod padavina prisutne oscilacije sa češćom pojmom deficit. Kako izgleda istorijski hod ova dva najvažnija klimatska elementa, posmatrana istovremeno preko svojih normalizovanih odstupanja,<sup>15</sup> prikazano je na Sl. 8 i Sl. 9.



Slika br 8 Tendencije ka novim klimatskim normalama u Srbiji

<sup>15</sup> T.Popović, O.Jovanović, B.Zivlak, "Trendovi temperature i padavina u SCG kao moguća posledica globalnog otopljavanja" KONFERENCIJA "SISTEMI UPRAVLJANJA ZAŠTITOM ŽIVOTNE SREDINE", NVO "ZORA XXI", CD, Novi Sad, 2004.

Na apscisi su normalizovana odstupanja godišnjih temperatura vazduha za područje Srbije, a na ordinati normalizovana odstupanja godišnjih količina padavina. Godine u granicama normale su grupisane u delu polja oivičenog vrednostima  $-1$  i  $+1$  po obe ose. Godine koje su znatno izvan ove oblasti su ili kišne, sušne ili hladne, tople. Može se primetiti da je znatan broj godina koje su toplije od normale neka od skorašnjih prethodnih godina. Pri tom one mogu da budu i veoma sušne, karakteristična je 2000, ekstremno topla i ekstremno sušna. Ako se za sve prezentovane vrednosti odredi i označi linearna zavisnost, mada je takva veza daleko složenija, dobija se opadajuća prava. Njeno tumačenje bi se sastojalo u objašnjenju da nam obrađeni podaci govore o porastu godišnje temperature i opadanju vrednosti godišnjih količina padavina.



Slika br 9 Češće tople i suve godine u Srbiji od 1951 do danas

Da li je to pravac ka nekim novim normalnim klimatskim uslovima na našem području? Značaj poslednjih decenija prošlog veka, u odnosu na ceo protekli vek, se može jasno uvideti iz analize čiji su rezultati prikazani na Sl. 9. Hod vrednosti kombinovanog indeksa<sup>16</sup> koji efektivno razdvaja tople i suve godine od hladnih i vlažnih, ukazuje da su učestale toplije i suve godine u Srbiji.

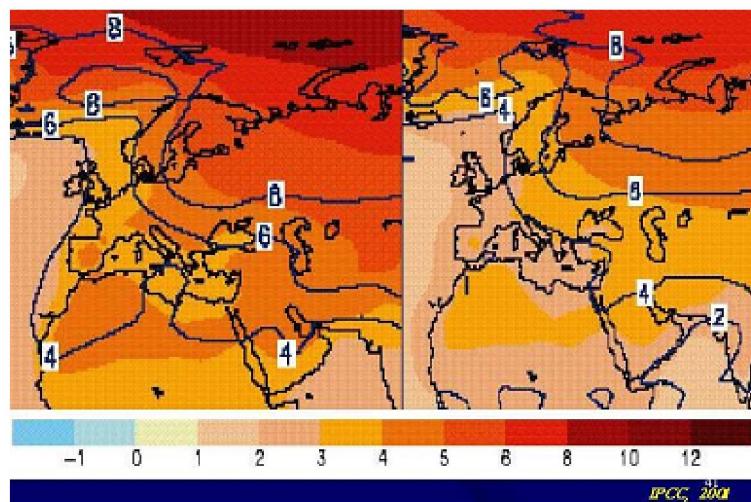
## Scenario u budućnosti

Iako smo početak klimatske budućnosti iskusili, njene zrele faze procenjujemo na osnovu rezultata numeričkog modeliranja. Tako ćemo raditi dok se ne shvati strateška važnost regionalnog klimatskog modeliranja i baziranja strategija na dobijenim rezultatima..

Procene<sup>17</sup> u blažoj varijanti, scenario SRES B2, za naše područje, do kraja ovog veka, daju povećanje godišnje temperature vazduha od čak  $4^{\circ}\text{C}$ . Zabrinuta Evropa je procenila vrednost "održivog" porasta godišnje temperature na  $2^{\circ}\text{C}$ . I sama se plaši da će ova vrednost biti prevaziđena sredinom veka *slika br 10*.

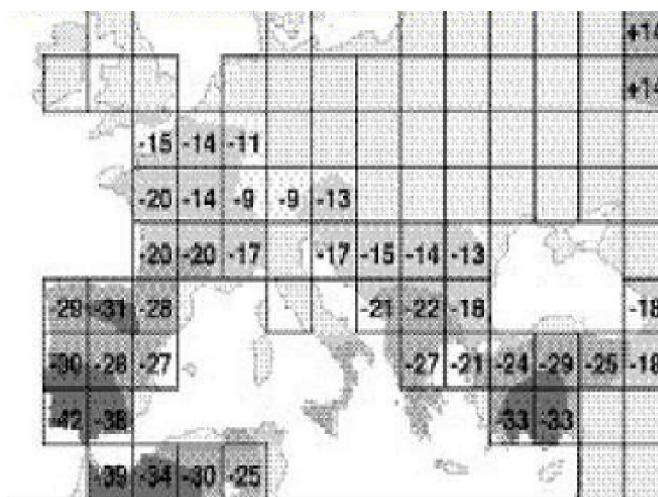
<sup>16</sup> WMO, "Drought and desertification", WMO/TD No. 605, 1994.

<sup>17</sup> IPCC, "CLIMATE CHANGE 2001", Synthesis Report; Cam. Uni. Press, 2001



Slika br 10 Procena porasta temperature do kraja veka u Evropi, IPCC 2001

Za razliku od temperature, čiji se rast očekuje u celoj Evropi, promene padavina su složenije. Ipak, postoji izražena saglasnost u procenama da će doći do smanjenja letnjih padavina u području Mediterana, [<sup>18</sup>], Sl. 11.

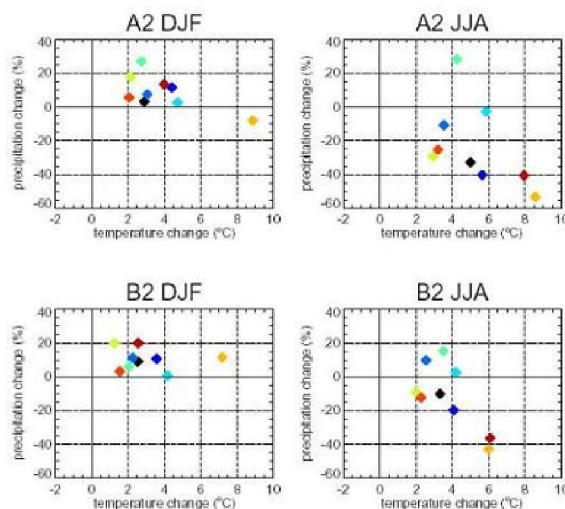


Slika br 11 Procena promena letnjih padavina u Evropi, EEA 2004

Po ovakvim procenama neka naša područja će tokom leta imati manje padavina i za 20%. Težinu ovog gubitka možemo sagledati kroz podsećanje da i sada mnoge poljoprivredne kulture puno zavise od raspodele padavina unutar vegetacione sezone. Procene promene temperature i padavina do kraja ovog veka za područje SCG, [<sup>19</sup>], po neekološkom scenariju SRES A2, ekološkom scenariju SRES B2, izvedene različitim modelima prikazane su na Sl. 12.

<sup>18</sup> EEA, "Impacts of Europe's changing climate", EEA Report No. 2/2004 , 2004.

<sup>19</sup> <http://www.tyndall.ac.uk/>



Slika br 12 Procene promene temperature i padavina do kraja ovog veka za prostor Srbije i Crne Gore

Procene su saglasne u proceni porasta temperature: tokom zime oko  $2^{\circ}\text{C}$ , tokom leta više od  $2^{\circ}\text{C}$ . Tokom zime se može očekivati blagi porast količina padavina, tokom leta smanjenje. Iznos smanjenja letnjih padavina, po najnepovoljnijoj opciji, premašuje 50% sadašnjih normala.

## **Veštačko delovanje na meteorološko vreme**

Naročito na maglu i oblake, sastoje se u primeni postupaka kojim se ubrzavaju prirodni procesi uvećavanja oblačnih kapljica ili ledenih kristala u njima do veličina kada će zbog svoje težine prestati da lebde u vazduhu i početi da se izlučuju (padaju) na zemlju u obliku kiše ili čvrstih padavina (sneg, krupa, sitan grad). Lišavanjem magle i oblaka njihovih sastavnih delova (vodenih kapljica, odnosno ledenih kristala), narušavaju se i same te tvorevine---magla i oblaci. Teorijski i eksperimentalni radovi u pronalaženju mogućnosti veštačkog uticaja na oblake započeli su pre oko sto godina. U SAD je 1871. postavljena teorijska osnova uticaja kratkotrajnog, ali snažnog zvuka na povećavanje kapljica u oblaku, koja je zatim praktički primenjivana u SAD, SSSR, Novom Zelandu i nekim drugim zemljama. U nekim zemljama ispitivano je dejstvo na oblake ubacivanjem peska u njih. Mislilo se da zrnca peska mogu poslužiti kao jezgro kondenzacije ili kristalizacije, ili da mogu ubrzati proces gravitacione koagulacije oblačnih kapljica. Vršeni su i pokušaji veštačkog uticaja na vreme lokalnim hlađenjem atmosfere. Ta hipoteza pretpostavljava da će tako hlađenje usloviti kondenzaciju vodene pare, obrazovanje oblaka i izlučivanje padavina iz njih. Suprotno tome, u V. Britaniji su za vreme Drugog svetskog rata činjeni pokušaji rasturanja magle na aerodromima lokalnim zagrevanjem atmosfere. U tu svrhu paljene su velike količine nafte. Posle II. SR istraživanje veštačkog uticaja na oblake počelo je istovremeno u nizu zemalja: SAD, SSSR, Francuskoj, Italiji, Australiji i dr. Ideja je da se u magli ili oblaku, koji se sastojao od prehlađenih vodenih kapljica, proizvedu ledeni kristali i izazove njihov porast, ili da se u oblak sa pozitivnom temperaturom ubace higroskopske čestice i time ubrza koagulacija i porast vodenih kapljica.

## **Dejstvo na prehlađene oblake i maglu**

Veštačko stvaranje ledenih kristala u prehlađenoj magli ili oblaku može se izvesti reagensima koji jako snižavaju temperaturu vazduha (ispod -400°C), ili reagensima koji izazivaju obrazovanje ledenih kristala, i to na taj način, što se i sami kristališu slično kao i čestice vodene pare, odnosno vode pri prelasku u čvrsto stanje. S obzirom na svoje osobine, prvi reagensi dobili su naziv rashlađujući a drugi kristališući. Od rashlađujućih reagensa najčešće se koristi ugljendioksid ( $\text{SO}_2$ ), a od kristališućih-srebrojodid ( $\text{AgI}$ ). Ti reagensi imaju svojstva da, izbačeni u oblak u veoma neznatnim količinama, stvaraju ogroman broj ledenih kristala. Tako se, u zavisnosti od temperature dela oblaka u koji se unosi reagens, pri isparavanju 1 grama čvrstog  $\text{SO}_2$  obrazuje  $5 \times 10^{11}$  do  $10^{14}$  ledenih kristala, a pri sagorevanju 1 grama  $\text{AgI}$  obrazuje se  $3,2 \times 10^{12}$  do  $10^{13}$  ledenih kristala. Po proračunima sovjetskih naučnika, unošenjem samo 200 grama  $\text{SO}_2$  u prehlađeni deo oblaka, oko 1000 tona vode prelazi iz tečnog u čvrsto stanje, pri čemu se oslobađa oko 1011 kalorija latentne toplove. Za raspršavanje reagensa u oblaku i magli radi stvaranja ledenih kristala, upotrebljavaju se razni uređaji, odnosno raspršivači. U zavisnosti od toga da li se raspršivanje reagensa vrši sa zemlje ili iz vazduha, upotrebljavaju se zemaljski ili avionski raspršivači, ili raspršivači ugrađeni u rakete zemlja-vazduh. Pri isparavanju  $\text{SO}_2$  ili nekog drugog rashlađujućeg reagensa, temperatura okolnog vazduha snižava se ispod -400S u radijusu od samo nekoliko desetina centimetara. To prouzrokuje stvaranje ledenih kristala iz kompleksa molekula vodene pare u okolnom vazduhu sublimacijom, prelaskom iz gasovitog neposredno u čvrsto stanje.

Jednom stvorenim ledenim kristalima povećavaju se na račun prehlađenih vodenih kapljica, jer je zasićenje iznad vode potrebno više vodene pare, nego za zasićenje iznad leda. Drugim rečima, vazduh iznad vode nije zasićen, dok je pri istoj temperaturi vazduh iznad leda zasićen. Zato vodene kapljice isparavaju, a vodena para se sublimiše na ledenim kristalima i

povećava ih, stvarajući time veće kristale leda, pahuljice snega ili zrna krupe.Pošto se padavine izluče na zemlju, magla ili oblak se rasturaju u odgovarajućoj meri.Takvim postupkom može se uspešno očistiti magla na aerodromima u sloju debljine 500-800 metara i niski slojasti oblaci na površini od nekoliko hiljada km<sup>2</sup>.

## Dejstvo na tople magle i oblake

Pri pozitivnim temperaturama jednom proizvedeni ledeni kristali tope se u neposrednoj blizini raspršivača čim napuste ekstremno rashlađenu oblast.Zato se za rasturanje magle i oblaka u kojima je temperatura pozitivna primenjuju metodi koji će usloviti povećavanje vodenih kapljica i njihovo izlučivanje na zemlju.Jedan od mogućih metoda povećavanja vodenih kapljica sastozi se u zasejavanju magle odnosno oblaka čvrstim aerosolom koji ima osobinu da upija vlagu (higroskopan).Takva je npr., kuhijska so (NaCl), koja se za tu svrhu priprema u obliku najfinijeg praška.Čestice tog praška su skoro iste težine ili neznatno teže od vodenih kapljica magle ili oblaka koje lebde u vazduhu.Pošto se česticama soli zaseje magla, one u svom laganom padu upijaju kapljice magle, sve više narastaju i padaju na zemlju kao kiša.Za zasejavanje magle i oblaka čvrstim aerosolima upotrebljavaju se specijalni raspršivači, najčešće ugrađeni u avion.Tanke radijacione magle i magle isparavanja, koje se sastoje od najsitnijih vodenih kapljica, mogu se rasturati i strujom rotora helikoptera.To se ostvaruje letenjem helikoptera neposredno iznad sloja magle, tako da struja njegovog rotora ubacuje okolni suvliji vazduh u maglu.Kao posledica njihovog mešanja smanjuje se vlažnost u sloju magle, što omogućava isparavanje kapljica magle i njeno rasturanje.Takvim načinom može se postići efikasno čišćenje magle, čija debljina iznosi najviše 100-500 metara.

## Dejstvo na oblake vertikalnog razvoja

Rasturanje oblaka vertikalnog razvoja (kumulusa-kongestusa ili kumulonimbusa) može se izvesti na više načina: zasejavanjem prehladenog dela oblaka kristališućim ili rashlađujućim reagensima,zasejavanjem higroskopnim aerosolima ili mehaničkim narušavanjem vertikalnih (uzlaznih) struja u oblaku reaktivnim motorima.Zasejavanje prehladenog dela oblaka vrši se najčešće ugljendioksidom iz aviona ili srebrojodidom.Ovaj drugi reagens ubacuje se u oblak raketama zemlja-vazduh ili zemaljskim generatorima.Pri rasturanju oblaka vertikalnog razvoja ubacivanjem određenih čvrstih aerosola se, u stvari, narušavaju vertikalna strujanja u njima.Čestice aerosola su reda veličine 50-80 mikrometara.Ubacivanje paketa s aerosolima koji se raspršuje dinamičkim udarom ili eksplozijom, vrši se neposredno iznad oblaka, u delu u kojem postoje i najmanje ulazne struje ili uslovi za njihovo stvaranje.Zbog prisustva ubaćenih čestica aerosola, javljaju se ili pojačavaju silazne struje, čime se narušavaju prirodne uzlazne struje tih oblaka.Pošto su čestice aerosola (najčešće se koristi cement) higroskopne, one upijaju kapljice vode iz oblaka i uslovljavaju koagulaciju, tako da se kao efekt javlja tzv.topljenje oblaka, njegovo smanjivanje, pa i iščezavanje.Narušavanje uzlaznih struja u oblaku, koje su od vitalnog značaja za njegovo razvijanje, može se ostvariti usmeravanjem jakog mlaza reaktivnog motora.U tom slučaju mlazni avion treba da proleti kroz oblak pod velikim uglom, neutrališući svojim mlazom uzlazne struje oblaka.Veštačko delovanje na oblake vertikalnog razvoja dobilo je najširu primenu u protivgradnoj odbrani radi zaštite poljoprivrednih kultura.Narušavanjem njihovog prirodnog razvoja sprečava se porast zrnaca grada u njima, tako da umesto krupnog, koji nanosi znatnu štetu pada bezopasan sitni grad ili kiša.

## **Stimulacija padavina iz oblaka**

Ponekad iz već formiranih oblačni masa ne dolazi do izlučivanja padavina, iako praktički postoje naizgled realni uslovi za to.Naime, u oblaku vrlo često nema dovoljan broj jezgara koji bi izazvali koagulaciju ili kristalizaciju, te se sićušne vodene kapljice ili kristalići zadržavaju duže vremena u takvom stanju.Stimulacija padavina sastoji se u njihovom prevremenom izlučivanju ubacivanjem odgovarajućih inicijatora.Ona se primenjuje onda kad iznad neke teritorije nastane potreba za povećanjem količina padavina za poljoprivredu i vodoprivredu, za gašenje velikih šumskih požara itd.Stimulacija padavina je mogućna iz prehlađenih, i iz oblaka sa pozitivnom temperaturom.Za stimulaciju padavina iz prehlađenih oblaka upotrebljavaju se rashlađujući SO<sub>2</sub> ili kristališući AgI reagensi, i to ili sa zemlje korišćenjem orografskih uzlaznih struja vazduha, ili iz aviona.Ako je oblak sa temperaturom iznad -30°C, upotrebljava se higroskopni aerosol.Procesi koji se pri tome odigravaju istovetni su s onima u magli i oblaku pri delovanju s odgovarajućim reagensima, jer je i tamo narušavanju oblaka ili magle prethodilo izlučivanje padavina.

## Zaključak

### Formiranje scenarija klime u narednih 20 do 50 godina.

Zbog značajnih očiglednih pokazatelja koji nagoveštavaju da će se značajno globalno otopljenje dogoditi baš u 21 veku, promene do sada koje su se desile su bile postepene, i budući da se smatra da će takve ostati i u narednom periodu, efekti zagrevanja jesu takvi da će njima morati da se pozabave gotovo svi narodi. Nedavna istraživanja, međutim, ukazuju na to da postoji mogućnost da to postepeno globalno zagrevanje može da dovede do relativnog naglog usporavanja termohalinske cirkulacije<sup>20</sup>, što bi moglo da izazove oštriju zimu, značajno smanjenje vlažnosti tla i mnogo jače vetrove u onim oblastima koje danas imaju značajnu ulogu u proizvodnji hrane u svetu. Uz neodgovarajuću pripremu moglo bi da dođe do strahovitog pada mogućnosti za preživljavanje u takvom okruženju.

Istraživanja poakazuju da kad temperatura prekorači izvesnu vrednost, nepovoljni vremenski uslovi mogu naglo da se razviju, uz trajne promene u atmosferskom krženju, prouzrokujući pad temperature između 3 - 5°C, tokom jedne decenije. Paleoklimatska svedočanstva ukazuju na to na izmenjene klimatske prilike mogu da potraju i više od 100 godina, kao što se dogodilo kada je pre 8200 godina došlo do prekida u strujanju okeana, ili, u najgorem slučaju, i više od hiljadu godina, kao što se dogodilo tokom rane trijade, koja je otpočela pre 12700 godina.

U ovom izveštaju, kao alternativa scenarijima postepenoga otopljavanja koji su već uobičajni, ističemo scenarijo naglih klimatskih promena, na osnovu stogodišnjih zbivanja koja su započela pre 8200 godina. Ovaj scenario naglih promena karakterišu sledeće prilike:

- prosečna godišnja temperatura pada, čak i do 2.7 °C u Aziji i S. Americi a do 3,3°C u Evropi
- prosečna godišnja temperatura raste do 2.2 °C u glavnim oblastim Australije, J Amerike i J.Afrike.
- u glavnim poljoprivrednim oblastima i oblastima važnim za sanabdevanje vodom u Evropi i S.Americi suša traje više od jedne decenije.
- zimske nepogode i vetrovi su u porastu, pojačavaći uticaj promena. U zapadnoj Evropi i severnom Pacifiku duvaju snažni vetrovi.

U izveštaju se razmatra na koji način ovakav scenario naglih klimatskih promena, može, možda da destabilizuje geo političke prilike, dovede do čarki, sukoba i čak ratova usled ograničenja u snabdevanju, kao što su:

1. oskudica hrane usled smanjenja globalne poljoprivredne proizvodnje;
2. smanjena dostupnost i kvalitet vode za piće u glavnim oblastima, usled promena u pogledu padavina, prouzrokujući mnogo češće poplave i suše;
3. poremećaj u snabdevanju energijom, usled prekomernog leđenja mora i zastrašujućih oluja.

Uz smanjenje globalnih i lokalnih mogućnosti za preživljavanje tenzije bi mogle da zahvate čitav svet, izazivajući uspostavljanje dve suštinske strategije: odbranu i napad.

<sup>20</sup> Termohalinska cirkulacija označava optok velikih masa morske vode u okeanima, što zavisi od gustine vode, tj od pisutnog udela soli u vodi.

## Zagrevanje do 2010

U skladu sa vekom u kojem je savremena civilizacija iskusila više nego naglo zagrevanje, prvih 10 godina 21. veka svedočiće o ubrzavanju zagrevanje atmosfere, kada će prosečna temperatura rasti za  $0.27^{\circ}\text{C}$  po deceniji u najteže pogodenim oblastima. Ovakve temperaturene promene variraće u zavisnosti od regionalnog i godišnjeg doba, uz to što će one tanane vrijajice biti veće ili manje od prosečne promene. Ono što je sasvim jasno jeste to da planeta nastavlja s trendom zagrevanja iz pozognog 20. veka.

Veći deo Severne Amerike, Evrope i delova Južne Amerike imaće 30% više dana s najvišom temperaturom iznad  $50^{\circ}\text{C}$ , nego što je bio slučaj 100 godina ranije, uz tek nekoliko dana s temperaturom ispod  $0^{\circ}\text{C}$ . Uz zagrevanje doći će i do nestabilnih vremenskih prilika; više poplava, naročito u planinskim krajevima, i dugotrajnih suša u žitorodnim i priobalnim poljoprivrednim oblastima. U opšte, klimatske promene predstavljaju ekonomski neprilike koje se na lokalnom nivou iskazuju kao oluje, suše i vrućine koje pogađaju poljoprivrednu i druge grane povezane sa vremenskim prilikama. Vremenske prilike, treba reći, još nisu toliko urove ili prisutni da bi zapretile globalnom društvu.

Naime, kako se površina zagrevala, ubrzalo se kruženje vode (isparavanje, padavine i oticanje) što je prouzrokovalo još veći porast temperature. Vodena para, najmoćniji prirodni gas sa efektom staklene bašte zarobila je još više toplove i dovela do većeg porasta temperature vazduha pri tlu. Dok se isparavanje povećava, povišene temperature vazduha pri tlu dovode do suše u šumovitim i travnatim predelima gde životinje odlaze na ispašu, a seljaci seju žito. Dok se drveće suši i gori, šuma apsorbuje manje ugljen-dioksida, ponovo dovodeći do povećanja temperature vazduha pri tlu, kao i do mnogo većih nekontrolisanih šumskih požara. Nadalje, veće temperature otapaju sneg koji prekriva planine, otvorene ravnicu, nepregledne tundre, kao i večiti led po šumama u hladnim predelima. Uz tlo koje upija više sunčeve svetlosti, a manje reflektuje, temperatura sve više raste.

Ubraće setopljenje na Himalajskim glečerima, prouzrokujući premešteaj jednog dela populacije na Tibetu. Ploveće sante leda u morima oko Severnog pola koji je, od 1970 – 2003 godine, i onako već izgubio 40% procenata svoje mase uglavnom će nestati do leta 2020 godine. Kako se otapa led s glečera nivo mora se povećava, dok u zimskom periodu drastično opada, tako da se talasi na otvorenom moru povećavaju i dobijaju na snazi, pustošeci obalske gradove.

Svaka od ovih lokalnih katastrofa prouzrokovana je strahovitim vremenskim prilikama iz okolnih oblasti, čiji su prirodni, ljudski i ekonomski resursi do te mere upropošćeni da im je neophodna pomoć za oporavak. Ova povratna sprga i ubrzavanje zagrevanja počinju da izazivaju prethodno nezamislive reakcije, kao što prirodne katastrofe i olujno vreme zahvataju razvijene i manje razvijene države. Njihovi uticaji su veći u nerazvijenim državama koje još nemaju sposobnost apsorbovanja promena, ugrađenu u društveni, ekonomski poljoprivredni sistem.

## Preporuke za dalji rad

Na osnovu svega ovog, izloženog, ostavio sam otvoreno pitanje rešavanja problema u slučaju nastanka sušnih perioda kod nas u Srbiji. Baza podataka je napravljena kako bi se u nju unosili podaci koji bi se koristili za predviđanje nastajanja ovakvih loših scenarija, tj kako bi se omogućilo formiranje takvog odbranbenog sistema koji bi svojim uticajem i faktorima smanjio negativne posledice po životnu sredinu i stanje života u njoj. Kao što sami primećujemo planeta Zemlja se jako brzo zagreva, mnogo brže nego u narednih desetina godina, time nam je jasno da se nešto pod hitno mora preduzeti, kako bi se život, koji je time jako ugrožen, vratio u normalno stanje koje je bilo nekoliko vekova pre. Jedino sami mi možemo odlučiti da li želimo da živimo bolje i lepše ako svojim pravilnim postupcima utičemo na okolinu, jer će nam ona dvostruko vratiti nazad. U pismu poglavice sijetla koji kaže „da je čovek prodao NebO“, i da nam se već odbrojava „zadnji čas“, jedino naša deca svog ovog sveta nam mogu pomoći u tome što će pružiti planeti, „majci“ svega živog na zemlji, da se oporavi od štetnih uticaja prouzrokovane nizom antropogenih faktora. Nastavimo li se ponašati pohlepno prema planeti, ostacé samo pustoš.

Za dalje u nastavku ovog pokretačkog programa bih htio da svaka država formira jedan centar koji će biti odgovoran za rešavanja ovakvih životnih problema koji bi svojim delovanjem u pravo vreme bio veliki osnov za smanjenje elementarnih nepogoda a i svih drugih štetnih faktora koji utiču na život. Sistem ranog upozoravanja je vrlo bitan kako bi se čovek mogao pripremiti na buduće scenarije i smanjiti negativne efekte.

Moj životni moto je da čovek ne sme da se boji malog, jedva vidljivog, napredovanja, nego samog stajanja u mestu, neprekidnog okretanja u zatvorenom životnom krugu i zadržavanja trenutnog stanja.

## Reference

### Publikacije

1. Klimatologija [N.Milosavljević 1962]
2. Klima Srbije [Dučić Vladan – Zavod za udžbenike i nastavna sredstva]
3. Suša i strategija navodnjavanja – [ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ 2009 – Mile Božić, dipl.inž.građ., Goran Nikolić, dipl.inž.građ. Dejan Milošev, dipl.inž.građ.]
4. Mere i postupci u prevladavanju kriznog stanja [Ministarstvo obrane R.H.; JVP Hrvatska Vodoprivreda]
5. Regional Aspect of Drought – [Hege Hisdal – Faculty of Mathematics and Natural sciences of University of Oslo 2002]
6. Droughts and climate change – [ANEX II- Henny A.J. van Lanen , Lena M. Tallaksen , Gwyn Rees]
7. Alley, W.M. 1984. The Palmer Drought Severity Index: Limitations and assumptions. Journal of Climate and Applied Meteorology 23:1100-1109
8. Gibbs, W.J.; and J.V. Maher. 1967. Rainfall deciles as drought indicators. Bureau of Meteorology Bulletin No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.
9. Palmer, W.C. 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new Crop Moisture Index. Weatherwise 21:156-161
10. Willeke, G.; J.R.M. Hosking; J.R. Wallis; and N.B. Guttman. 1994. The National Drought Atlas. Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers
11. S.Savić, A.Obuljen, "Klimatska klasifikacija Jugoslavije po Kepenu i Torntvajtu", Prilozi poznavanju vremena i klime SFRJ, SHMZ, 1979, Beograd
12. T.Popović, D.Spasova, O.Jovanović, "Prilog proučavanju padavina i suša", JKP-1, SHMZ, 1994, Beograd
13. T.Popović, O.Jovanović, "Procena klimatskih promena na području SR Jugoslavije do 2020.godine", 11. Savetovanje hidrauličara i hidrologa;str. 571 -578, JDHI i JDH, 1994, Beograd
14. T. Popović, "IS IT ALREADY WARM? -TEMPERATURE TREND ON THE TERRITORY OF FR YUGOSLAVIA"-, 18th International Conference on Carpathian Meteorology, CD, 2002, Belgrade

Janković Ivan – (Bechelor) rad

15. O.Jovanović, T.Popović, "Analysis of Total Annual Precipitation Trends in Belgrade (1888-1994)", 17th International Conference on Carpathian Meteorology, pp. 143-146, Visegrad, 1996, Hungary
16. T.Popović, O.Jovanović, B.Zivlak, "Trendovi temperature i padavina u SCG kao moguća posledica globalnog otopljavanja" KONFERENCIJA "SISTEMI UPRAVLJANJA ZAŠTITOM ŽIVOTNE SREDINE", NVO "ZORA XXI", CD, Novi Sad, 2004.
17. WMO,"Drought and desertification", WMO/TD No. 605, 1994.
18. IPCC, "CLIMATE CHANGE 2001", Synthesis Report; Cam. Uni. Press, 2001
19. EEA, "Impacts of Europe's changing climate", EEA Report No. 2/2004 , 2004.
20. Zakon o zaštiti o elementarnim nepogodama , [Narodne Novine ,1992 br.14/78]
21. Zakon o vodama, [br.53/90]
22. Zakon o zaštiti životne sredine, [<http://www.parlament.gov.rs/> , Beograd, 2004]
23. Skripta za nastavu inžinjera zaštite životne sredine , Acces, [predmetni profesor dr Ristić Sonja]

**Web izvori i stranice:**

1. A History of Drought in Europe – Factsheet [ <http://www.geo.uio.no/edc/> ]
2. European Drought Centre – something about of drought [ <http://www.geo.uio.no/edc/> ]
3. Living\_with\_drought\_in\_europe\_2009 - [ <http://www.geo.uio.no/edc/> ]
4. Hidrometeorološki zavod Srbije - [<http://www.hidmet.sr.gov.yu> ]
5. Vodni resursi evrope i upravljanje vodnim izvorima -[ <http://www.eraqua.net> ]
6. Prikaz monitoringa mesečnih mapa indexa suša – [<http://drought.unl.edu/monitor/spi.htm>; <http://www.wrcc.dri.edu/spi/spi.html> ]
7. Centar za predviđanje i prognoziranje klime - [[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis/monitoring/regional\\_monitoring/palmer.gif](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis/monitoring/regional_monitoring/palmer.gif)]
8. <http://www.tyndall.ac.uk/>